



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TELEINFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TELEINFORMÁTICA

**ANÁLISE DO CONTEXTO E DOS RESULTADOS DA
APRENDIZAGEM DA AVALIAÇÃO EDUCACIONAL
EM UM CURSO DE GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA**

TESE DE DOUTORADO

Autor:
Francisco Herbert Lima Vasconcelos

FORTALEZA-CEARÁ
MARÇO-2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TELEINFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TELEINFORMÁTICA

**ANÁLISE DO CONTEXTO E DOS RESULTADOS DA
APRENDIZAGEM DA AVALIAÇÃO EDUCACIONAL
EM UM CURSO DE GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA**

Autor:

Francisco Herbert Lima Vasconcelos

Orientador:

Prof. Dr. João Cesar Moura Mota

*Tese apresentada à Coordenação
do Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Teleinformática
da Universidade Federal do Ceará,
como parte dos requisitos exigidos
para a obtenção do grau de **Dou-
tor em Engenharia de Telein-
formática.***

FORTALEZA-CEARÁ

MARÇO-2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Pós-Graduação em Engenharia - BPGE

P168m	<p>Vasconcelos, Francisco Herbert Lima</p> <p>Análise do desempenho e dos resultados da aprendizagem da avaliação educacional em um curso de graduação em engenharia./Francisco Herbert Lima Vasconcelos - 2015</p> <p>243 f.: il. color., enc.; 30 cm.</p> <p>Tese (doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Teleinformática, Fortaleza, 2015.</p> <p>Área de concentração: Sinais e Sistemas.</p> <p>Orientação: Prof. Dr. João Cesar Moura Mota.</p> <p>1. Teleinformática. 2. Engenharia. 3. Ensino. I. Título.</p>
-------	---

CDD 621.65

FRANCISCO HERBERT LIMA VASCONCELOS

ANÁLISE DO CONTEXTO E DOS RESULTADOS DA APRENDIZAGEM DA AVALIAÇÃO EDUCACIONAL EM UM CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Teleinformática, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia de Teleinformática, área de concentração Sinais e Sistemas.

Aprovada em 20/03/2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Cesar Moura Mota (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Giovanni Cordeiro Barroso
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Wagner Bandeira Andriola
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Rui Seara
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Prof. Dr. Renato da Rocha Lopes
Universidade de Campinas – Unicamp

Prof. Dr. Alberto Sampaio Lima
Universidade Federal do Ceará - UFC

À minha família.

Agradecimentos

À Universidade Federal do Ceará (UFC), através do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Teleinformática (PPGETI) do Departamento de Engenharia de Teleinformática (DETI) do Centro de Tecnologia (CT). Agradeço também ao governo brasileiro, pelo apoio que este trabalho teve por meio da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), do Ministério da Educação (MEC), do BNB (Banco do Nordeste do Brasil) e do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

Aos meus familiares, pela convivência e acima de tudo compreensão pela constante ausência. Aos colegas, técnicos, docentes e discentes, do Departamento de Física, Instituto Universidade Virtual (Instituto UFC Virtual), Departamento de Engenharia de Teleinformática e dos demais setores da UFC. Aos membros desta banca que aceitaram participar do julgamento e da avaliação desta tese e que contribuíram de forma significativa para o aprimoramento e melhorias no texto.

Ao Prof. Dr. André Lima Férrer de Almeida, coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Teleinformática (PPGETI/DETI/UFC), pelos ensinamentos e contribuições como docente de disciplinas essenciais na área de análise multilinear realizadas neste curso e pela colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

Ao prof. Dr. Wagner Bandeira Andriola, professor da Faculdade de Educação (FACED/UFC), pela colaboração neste trabalho e pelas valiosas orientações e reflexões sobre a avaliação no contexto educacional e pelos ensinamentos passados

como docente da disciplina de avaliação educacional realizada durante este curso.

Ao Prof. Dr. João Cesar Moura Mota, professor titular (PPGETI/DETI/UFC) e orientador deste trabalho, pela respeitosa consideração, apoio e, sobretudo, pela atenção e motivação no desenvolvimento do tema. Ao Prof. João Cesar, expresso meus agradecimentos também pelas discussões e contribuições que foram essenciais para a construção, amadurecimento, evolução e concretização desta tese.

A todas as pessoas que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos. Agradeço acima de tudo a Deus.

“É no silêncio que se educa o talento, e na torrente do mundo o caráter”.
Johan Wolfgang Von Goethe

Abstract

Educational evaluation provides methods to obtain data that can be useful for evaluating groups of individuals (students, teachers, administrators, technicians and others), projects, products and materials, educational institutions and systems at different levels and skills. In engineering education, evaluation processes can help managers to make decisions and changes in undergraduate courses. This thesis investigates in unprecedented way a new approach to the analysis and interpretation of data in the field of engineering education with emphasis in the evaluation process, taking into account two aspects in an integrated manner: a) perception / opinion of students about the context / educational environment (Learning Context - LC) and b) the results / income earned by the same students (Learning outcomes - LO). For this research, we collected data related to undergraduate students in Teleinformatics Engineering (TEI), at Technology Center (CT) of the Federal University of Ceará (UFC). LC data were collected from the application of SEEQ (Student's Evaluation of Educational Quality) instrument of SETE (Student Teaching Evaluate Effectiveness) methodology. The LO data was collected from the information of the performance of the students' learning outcomes. Carrying out the information processing of the obtained tensor and matrix data, we have used two mathematical tools: the bilinear decomposition, called Principal Component Analysis - PCA decomposition and the multilinear tensor decomposition by Parallel Factor Analysis - PARAFAC. The results allow us to identify common features and similarities in curriculum components, both in terms of perception as the performance of students. The PCA and PARAFAC models also showed significant potential to extract data information related to latent variables in educational settings.

Keywords: Linear and Multilinear Analysis, Educational Assessment, Context

Learning, Learning Outcomes, PCA, PARAFAC, Matrix decomposition, Tensor decomposition.

Resumo

A avaliação educacional dispõe de métodos para a obtenção de dados que podem ser úteis para avaliar grupos de indivíduos (alunos, professores, administradores, técnicos e outros), projetos, produtos e materiais, instituições e sistemas educacionais, nos seus diversos níveis e competências. No campo da educação em engenharia, os processos avaliativos podem ajudar os gestores a tomarem decisões e a realizarem mudanças em cursos de graduação. Esta tese investiga de forma inédita uma nova abordagem para a análise e interpretação de dados no campo da educação em engenharia com ênfase no processo de avaliação, levando em consideração dois aspectos de modo integrado: a) a percepção/opinião dos estudantes sobre o contexto/ambiente educacional (*Learning Context - LC*) e b) os resultados/rendimentos obtidos pelos mesmos discentes (*Learning Outcomes - LO*). Para a realização desta pesquisa, foram coletados dados de estudantes do curso de graduação em Engenharia de Teleinformática (ETI) do Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal do Ceará (UFC). Os dados de LC foram coletados a partir da aplicação do instrumento SEEQ (*Student's Evaluation of Educational Quality*) da metodologia SETE (*Student Evaluate Teaching Effectiveness*). Os dados de LO foram coletados a partir das informações dos resultados de desempenho da aprendizagem dos mesmos discentes. Na realização do processamento da informação dos dados matriciais e tensoriais obtidos, foram utilizadas duas ferramentas matemáticas: a decomposição bilinear, por meio da Análise de Componentes Principais (*Principal Component Analysis - PCA*) e a decomposição multilinear tensorial por meio da Análise de Fatores Paralelos (*Parallel Factor Analysis - PARAFAC*). Os resultados obtidos permitem identificar características comuns e semelhanças em componentes curriculares, tanto em termos da percepção quanto do desempenho dos estudantes. Os modelos PCA e PARAFAC também demonstraram um

potencial significativo para extrair informações de dados relacionados com variáveis latentes em contextos educativos.

Palavras-Chave: Análise Linear e Multilinear, Avaliação Educacional, Contexto da Aprendizagem, Decomposição Matricial, Decomposição Tensorial, PARAFAC, PCA, Resultados da Aprendizagem.

Lista de Siglas

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
LC	<i>Learning Context</i>
LO	<i>Learning Outcomes</i>
PCA	<i>Principal Component Analysis</i>
PARAFAC	<i>Parallel Factor Analysis</i>
SETE	<i>Student Evaluate Teaching Effectiveness</i>
SEEQ	<i>Student's Evaluation of Educational Quality</i>
CANDECOMP	<i>Canonical Decomposition</i>
ALS	<i>Alternating Least Squares</i>
CORCONDIA	<i>Core Consistency Diagnostic</i>
IDEA	<i>Individual Development and Educational Assessment</i>
CPQ	<i>Course Perceptions Questionnaire</i>
CEQ	<i>Course Experience Questionnaire</i>
EE	Educação em Engenharia
AE	Avaliação Educacional
UFC	Universidade Federal do Ceará
CT	Centro de Tecnologia
DETI	Departamento de Engenharia de Teleinformática
ETI	Engenharia de Teleinformática
SIGAA	Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas

KMO	Teste Kaiser-Meyer-Olkin
AA	Avaliação da Aprendizagem
ACP	Análise de Componentes Principais
DVS	Decomposição em Valores Singulares
AS	Abordagem Superficial
AP	Abordagem Profunda
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais
ENADE	Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes
SINAES	Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior
CEPE	Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão
CONSUNI	Conselho Universitário
FF	Física Fundamental para Engenharia
FE	Física Experimental para Engenharia
QG	Química Geral para a Engenharia
DE	Desenho para Engenharia
CF	Cálculo Fundamental
IA	Introdução à Álgebra
TP	Técnicas de Programação para a Engenharia
LD	Projetos Lógicos Digitais
IRA - Individual	Índice de Rendimento Acadêmico Individual do Estudante
IRA - Geral	Índice de Rendimento Acadêmico Geral do Estudante
Freq	Frequência
Not	Nota
Sit	Situação
Mat	Matrícula
HE	Histórico Escolar

Lista de Notações

x	Escalar
\mathbf{x}	Vetor
\mathbf{X}	Matriz
$\underline{\mathbf{X}}$	Tensor
Cov	Covariância
ρ_{ij}	Correlação linear de Pearson
$\Sigma_{p \times p}$	Matriz de correlação
λ_r	Autovalor
$\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \dots, \mathbf{a}_n$	Vetores escores na direção dos objetivos do PCA
$\mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2, \dots, \mathbf{b}_n$	Vetores escores na direção das variáveis do PCA
$\mathbf{X}_{I \times JK}, \mathbf{X}_{J \times IK}, \mathbf{X}_{K \times IJ}$	Forma matriciada de \mathbf{X} com o modo 1, 2 e 3
$\mathbf{e}, \mathbf{E}, \underline{\mathbf{E}}$	Vetor, matriz ou ordenamento de resíduos de um tensor
i, j, k, l, \dots	Índices de execução
I, J, K, L, \dots	Máximo de índice i, j, k, l, \dots
I, J	Índices da dimensão de \mathbf{X}
I, J, K	Índices da dimensão de $\underline{\mathbf{X}}$
I, M	Índices da dimensão de \mathbf{Y}
I, M, N	Índices da dimensão de $\underline{\mathbf{Y}}$
p, q, r	Índices para o número de variáveis latentes nos diferentes modos
P, Q, R	Valores máximos de p, q, r
k_A, k_B, k_C	k -ranks

A, B, C	Matrizes obtidas na decomposição
D	Matriz diagonal
\underline{D}	Ordenamento superdiagonal de um tensor
I	Matriz identidade
\underline{I}	Ordenamento tridimensional com superdiagonal
G	Matriciação do tensor núcleo
\tilde{G}	Tensor núcleo estimado
\underline{G}	Tensor núcleo
$*$	Produto de Hadamard
\odot	Produto de Khatri-Rao
\otimes	Produto de Kronecker

Sumário

1	Introdução	2
1.1	Concepções Iniciais	3
1.2	Problematização	3
1.3	Contextualização	4
1.4	Motivação	5
1.5	Objetivo Geral	7
1.6	Objetivos Específicos	7
1.7	Estrutura da Tese	8
1.8	Produção Científica	9
2	Análise de Dados Linear e Multilinear	11
2.1	Análise de Dados Multivariados	12
2.1.1	O conceito intuitivo da PCA	13
2.1.2	Interpretação geométrica do PCA	14
2.1.3	Cálculo da PCA	15

2.1.3.1	Matriz de Covariância	15
2.1.3.2	Matriz de Correlação	16
2.1.3.3	Testes de dados para a Análise Fatorial	17
2.1.4	Abordagem Matricial da Decomposição PCA	18
2.2	Álgebra Tensorial	20
2.2.1	Contexto Histórico	20
2.2.2	Decomposições Tensoriais	21
2.2.3	Conceitos Básicos	21
2.2.3.1	Produtos Matriciais	22
2.2.3.2	Matriciação	23
2.2.3.3	Particionamentos em Fatias e Tubos	23
2.2.4	Modelo de Decomposição PARAFAC	25
2.2.4.1	Definição Matemática do Modelo PARAFAC	25
2.2.4.2	Algoritmo PARAFAC-ALS	27
2.2.4.3	Unicidade do Modelo PARAFAC	28
2.2.5	Modelo de Decomposição Tucker	29
2.2.5.1	Modelo Tucker3	29
2.2.5.2	Modelo Tucker2	31
2.2.5.3	Modelo Tucker1	32
2.2.6	Relação entre Modelos de Decomposição Tensorial	33
2.2.6.1	Relação entre o Modelo PARAFAC e Tucker3	34
2.2.6.2	Relação entre os Modelos Tucker	35
2.2.7	Seleção do Número de Componentes	36
2.2.7.1	Consistência Interna do Núcleo	37

3 Avaliação do Contexto da Aprendizagem

3.1	Considerações Iniciais da Avaliação da Percepção	40
3.2	Instrumentos de Avaliação e o seu <i>feedback</i>	42
3.3	Procedimentos e Recomendações para Avaliação	46
3.4	Avaliação da Efetividade do Ensino pelos Estudantes	49
3.4.1	Fatores do Instrumento SEEQ	51
3.4.2	Assertivas do Instrumento SEEQ	52
4	Resultados de Aprendizagem	55
4.1	A Aprendizagem e os Resultados das Avaliações	56
4.2	Os Resultados do Desempenho sobre a Aprendizagem	57
4.3	Abordagens de Aprendizagem	61
4.4	Distinções e Ferramentas dos Resultados de Aprendizagem	63
4.5	Características da Avaliação para os Resultados de Aprendizagem .	66
5	Metodologia da Pesquisa	68
5.1	Contexto da Pesquisa	69
5.1.1	Avaliação na Formação de Engenheiros	69
5.1.2	O Curso de Graduação de ETI	71
5.2	Caracterização do Tempo da Pesquisa	71
5.3	Caracterização dos Participantes	72
5.4	Áreas do Conhecimento Analisadas	74
5.5	Etapas de Realização da Pesquisa	74
5.5.1	Momento I: Avaliação do Contexto de Aprendizagem (LC) .	74
5.5.2	Momento II: Avaliação das Medidas de Aprendizagem (LO)	75
5.6	Organização dos Dados Coletados	75
5.6.1	Organização Tensorial do SEEQ e HE	76
5.6.2	Organização Matricial do Histórico Escolar	76

5.6.3	Organização Matricial do Questionário SEEQ	80
6	Análise e Discussão dos Resultados	81
6.1	Análise Descritiva dos Dados	82
6.1.1	Análise dos Dados de LC	82
6.1.2	Análise dos Dados de LO	86
6.1.2.1	Frequência	86
6.1.2.2	Matrícula	87
6.1.2.3	Nota	88
6.1.2.4	Situação	89
6.2	Análise Linear e Multilinear	91
6.2.1	Análise da Decomposição PCA	91
6.2.1.1	Validação dos Resultados	91
6.2.1.2	Análise da Matriz de Correlação	92
6.2.1.3	Seleção de Componentes Principais	93
6.2.1.4	Análise da Modelagem do LC	96
6.2.1.5	Análise da Modelagem do LO	98
6.2.1.6	Análise Comparativa LC e LO	100
6.2.2	Análise da Decomposição PARAFAC	101
6.2.2.1	Estimação do Número de Componentes	101
6.2.2.2	Análise da Modelagem do LC	102
6.2.2.3	Análise da Modelagem do LO	105
6.2.2.4	Análise Comparativa LC e LO	107
7	Conclusões e Considerações Finais	109
A	Ementas das Disciplinas	112

B	Estrutura Curricular do Curso de ETI	131
C	Questionário SEEQ	155
D	Histórico Escolar	157
E	Proposta de Criação do Curso	160
	Referências Bibliográficas	199

Lista de Figuras

2.1	Representação de um conjunto de dados por PCA	14
2.2	Representação geométrica da redução de dimensionalidade por meio da PCA	15
2.3	Representação esquemática de decomposição dos dados no PCA . .	19
2.4	Exemplo de matriciação de uma matriz de três dimensões (tensor) para uma outra $\mathbf{X}_{I \times JK}$ de duas dimensões	23
2.5	Organização de dados tridimensionais em particionamentos na forma de fatias (a) horizontais, (b) verticais e (c) frontais	24
2.6	Organização de dados tridimensionais em particionamentos na forma de (a) colunas, (b) linhas e (c) tubos	24
2.7	Decomposição de um arranjo de três dimensões	25
2.8	O modelo PARAFAC decomposto em R tríades ou tensores de $Rank-1$, e o tensor residual	27
2.9	Modelo PARAFAC decomposto em matrizes \mathbf{A} , \mathbf{B} e \mathbf{C}	27
2.10	Representação da decomposição do modelo Tucker3	30
2.11	Ilustração e decomposição do modelo Tucker2	31

2.12	Decomposição do modelo Tucker1 com apenas o primeiro modo reduzido	33
2.13	Modelo PARAFAC escrito como um modelo Tucker3	34
5.1	Tela Inicial do Sistema SIGAA/UFC	72
5.2	Turma I - Diurno	73
5.3	Turma II - Noturno	73
5.4	Turma III - Diurno	73
5.5	Turma IV - Noturno	73
5.6	Arranjo de dados em forma de tensor: a) Resultados de Aprendizagem (LO) e b) Contexto de Aprendizagem (LC)	76
5.7	Organização dos dados do LO de 3D para 2D	77
5.8	Representação pictórica da Matriz de Amostras (disciplinas) x Atributos (dos alunos)	77
5.9	Representação pictórica da Matriz de Amostras (disciplinas) x Atributos (de todas as disciplinas)	78
5.10	Representação pictórica da Matriz de Amostras (Disciplinas) x Atributos (Alunos x Disciplinas)	78
5.11	Representação pictórica da Matriz de Dados do HE - Amostras (Disciplinas - Componente Curricular) x Atributos (Dados do HE)	79
5.12	Organização dos dados dos LC de 3D para 2D	80
6.1	Gráfico <i>Scree</i> referente aos Dados do SEEQ	95
6.2	Gráfico <i>Scree</i> referente aos Dados do HE	95
6.3	Gráfico dos vetores dos escores (a1 e a2) da Matriz A	102
6.4	Gráfico dos vetores dos escores (b1 e b2) da Matriz B	103
6.5	Gráfico dos vetores dos escores (c1 e c2) da Matriz C	104
6.6	Gráfico dos vetores dos escores (a1 e a2) da Matriz A	105
6.7	Gráfico dos vetores dos escores (b1 e b2) da Matriz B	106

6.8	Gráfico dos vetores dos escores ($\mathbf{c1}$ e $\mathbf{c2}$) da Matriz \mathbf{C}	106
-----	--	-----

Lista de Tabelas

5.1	Exemplo da Matriz de Dados obtida do HE de um estudante de engenharia participante desta pesquisa - Amostras (Disciplinas - Componente Curricular) x Atributos (Dados do HE)	78
5.2	Tabela de categorias dos Atributos de Situação e Sexo	79
6.1	Valores de Média e Desvio Padrão da relação entre Disciplinas e Fatores SEEQ	83
6.2	Dados da distribuição das frequências dos alunos	87
6.3	Dados da distribuição do número de vezes em que o estudante se matriculou em uma das disciplinas	88
6.4	Dados da distribuição dos tipos de notas obtidos pelos estudantes	89
6.5	Dados da distribuição dos tipos de situações obtidas pelos estudantes	90
6.6	Testes de Validação do PCA	91
6.7	Matriz de Correlação dos Dados do SEEQ	92
6.8	Matriz de Correlação dos Dados do HE	93
6.9	Variância Explicada dos Dados do SEEQ	94

6.10 Variância Explicada dos Dados do HE	94
6.11 Seleção do Número de Componentes do Modelo PARAFAC	101

CAPÍTULO 1

Introdução

Neste capítulo realizaremos a introdução deste trabalho, destacando algumas concepções iniciais relacionadas à educação em engenharia e à avaliação educacional, tanto do ponto de vista da avaliação da aprendizagem na perspectiva do desempenho discente, como também sob a visão do próprio estudante em relação ao seu contexto de aprendizagem. Trataremos sobre a problematização deste estudo que aborda a visão restrita de se levar em conta não apenas a natureza e os atributos de dados da área da avaliação, mas também toda a complexidade multidimensional da composição da informação obtida que está presente no processo de ensino e aprendizagem. Essa complexidade, quando tratada por meio de ferramentas matemáticas e estatísticas triviais ou que não levam em consideração toda a estrutura da informação obtida, pode gerar resultados restritos ou que não retratam de forma real a informação contida intrinsecamente. Uma contextualização será dada à pesquisa, que ocorre no âmbito de um curso de graduação em engenharia na área de telecomunicações e informática da Universidade Federal do Ceará. As principais motivações, assim como os objetivos gerais e específicos serão abordados com o propósito de demonstrar a aplicação de técnicas de análise linear e multilinear em dados sobre desempenho e opinião dos estudantes. Por fim, neste capítulo apresentaremos a estrutura dos capítulos desta tese, assim como as principais produções científicas realizadas ao longo deste estudo.

1.1 Concepções Iniciais

Estudos apontam para a necessidade de atualização e melhoria dos currículos dos cursos de engenharia no que se refere ao processo de ensino [1], [2]. Uma das áreas que surgem com o objetivo de promover mudanças é a educação em engenharia (EE), que é uma área de pesquisa que tem tido um amplo desenvolvimento nos últimos anos. A formação de profissionais em cursos de engenharia muitas vezes é feita por meio apenas do ensino de conceitos técnicos, com métodos teóricos e com a abordagem para a solução de problemas prontos, quando na verdade deveria buscar oferecer métodos que integrem a formação pelo ensino, pela pesquisa e por projetos de forma a interagir com os setores produtivos e sociais, procurando criar uma rede que integre o conhecimento à sua aplicação [3], [4]. No contexto da EE, alguns trabalhos [5], [6] que abordem a descoberta, proposição, integração ou aplicação de recursos, técnicas ou métodos para melhoria da qualidade do ensino de engenharia possuem relação com o processo de avaliação educacional.

A engenharia e a educação estão fortemente relacionadas à medida que os avanços da ciência e da tecnologia ocorrem e exigem um maior aprofundamento de estudos nas áreas fundamentais de matemática, física, química, computação e outras ciências, a fim de projetar novas soluções tecnológicas e resolver problemas que posteriormente serão produtos para a sociedade.

Os métodos avaliativos do ensino e da aprendizagem acompanham os estudantes em geral desde a escola básica até o curso de graduação em nível superior na universidade. No processo de avaliação educacional, seus propósitos partem da premissa de que a avaliação precisa estar em estreita relação com os resultados esperados e deve promover uma revisão do currículo na construção de novas habilidades específicas [7].

1.2 Problematização

Independente da discussão sobre a eficácia dos métodos tradicionais ou contemporâneos de avaliação, a realização de exames, testes, trabalhos teóricos e práticos e atividades em geral, apresentam-se como um dos recursos para avaliar o desempenho dos estudantes. Por outro lado, a aplicação de instrumentos padronizados e categorizados por meio de questionários, enquetes, fichas e outros recursos visam à chamada avaliação docente ou institucional e fazem parte do processo de investigação e verificação da qualidade do ensino por meio da atuação direta do trabalho do professor e da avaliação do estabelecimento ou programa de ensino

didático e pedagógico.

Na avaliação educacional (AE), a exploração e a investigação de dados em educação pode se apresentar como um recurso útil para instituições e gestores tomarem decisões diante de dificuldades ou problemas existentes. Entretanto, apenas a existência de dados, ou mesmo a aplicação de alguma técnica estatística para análise de informações educacionais, não é garantia de que indicadores educacionais essenciais serão obtidos para promover uma mudança ou melhoria na qualidade de processos de ensino e aprendizagem. Nesse contexto, é necessário levar em consideração não apenas a origem, a natureza e a organização dos atributos e variáveis dos dados investigados, mas também a junção de uma ou mais metodologias de avaliação ou técnicas de análise que leve em consideração toda a complexidade da composição dos dados obtidos, o que nem sempre é possível em função das limitações de algumas ferramentas de coleta e análise de dados existentes quando são isoladamente utilizadas.

A AE do ponto de vista pedagógico não pode ser vista apenas com o objetivo de mensurar o desempenho do aluno; mas também pode [6]: a) promover-se através de uma avaliação institucional; b) realizar-se por meio de uma avaliação de programas e projetos educativos e c) ocorrer através de uma avaliação de sistemas educacionais ou uma avaliação sobre o currículo. No que se refere à avaliação do desempenho de aluno, ela visa ao processo de ensino e aprendizagem e busca diagnosticar a performance do aluno em um processo educacional, enquanto a avaliação institucional busca investigar aspectos da qualidade da instituição. Em relação à avaliação de programas e projetos, o objetivo é investigar as estratégias, metodologias e propósitos destes, ao passo que na avaliação de sistemas educacionais investiga-se e avalia-se os sistemas de ensino e suas intencionalidades e funcionalidades como políticas na área educacional. Por último, há a avaliação curricular, que busca avaliar o currículo levando em consideração seus conteúdos e objetivos, a fim de alterar sua composição.

1.3 Contextualização

Neste contexto, esta tese apresenta resultados de uma pesquisa na área de AE, realizada com estudantes da Universidade Federal do Ceará (UFC), do Centro de Tecnologia (CT), do curso de graduação em Engenharia de Teleinformática (ETI), levando em consideração dois aspectos importantes da avaliação educacional: a) a percepção/opinião dos estudantes sobre o contexto/ambiente educacional (do inglês *Learning Context - LC*) em que o curso está inserido e b) os resultados/rendimentos obtidos (do inglês *Learning Outcomes - LO*) por esses estudantes,

durante a realização de disciplinas básicas deste mesmo curso de graduação.

Este trabalho relata estudos sobre dados coletados e organizados durante dois anos. No primeiro ano foi realizada a aplicação de questionários de avaliação para coletar a opinião dos alunos sobre a efetividade do ensino [13], [32]. No segundo ano foram coletados dados do desempenho obtido pelos estudantes por meio da análise de informações coletadas no SIGAA (Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas), que é o sistema de informação acadêmica da UFC. Neste último caso, foram obtidas informações sobre nota, número de aprovações e reprovações, frequência, dentre outras informações.

1.4 Motivação

Existem algumas motivações primárias para a realização deste trabalho que levam em consideração duas medidas tão distintas, mas integradoras para promover um processo de avaliação educacional, tais como as citadas anteriormente. No que se refere à primeira medida, ou seja, à percepção por meio da opinião dos estudantes sobre o contexto da aprendizagem, muitas pesquisas indicam que os alunos são importantes avaliadores do processo e podem fornecer informações válidas sobre situações de aprendizagem, características do professor, tempo destinado aos estudos e outros elementos. Esse tipo de avaliação, muitas vezes, ocorre por meio da aplicação de questionários e pesquisas de opinião e são administrados por pesquisadores ou gestores de instituições a fim de selecionar variáveis multidimensionais [8] presentes no processo de ensino, podendo fornecer informações que implicam mudanças na postura do professor, na estrutura curricular do curso e favorecem a tomada de decisão dos gestores do ensino. Já em relação à segunda medida, ou seja, ao desempenho mediado pelo professor referente à performance obtida pelo estudante, estão expressos resultados de aprendizagem e aquisição de conhecimento e são observados no que o aluno vai ser capaz de fazer ou vai saber ao final de um processo avaliativo ou ao longo de uma disciplina presente na estrutura curricular da sua formação, seja ela semestral, anual ou ao longo de um período qualquer de tempo previamente estabelecido, além de indicar a forma como esse conhecimento ou habilidade será apresentado. Os resultados da aprendizagem [9], [10] podem abordar temas, habilidades, conteúdos, atitudes, assuntos e valores de longo prazo em que um estudante é capaz de adquirir como consequência de uma atividade de aprendizagem e abrangem uma ampla gama de atributos e habilidades dos alunos, tanto cognitivos como afetivos. Além disso, são consideradas medidas de como as suas experiências de aprendizagem têm apoiado o desenvolvimento dos alunos como indivíduos [11].

Deste modo, a Avaliação da Aprendizagem (AA) faz parte do processo de ensino e visa avaliar as competências e habilidades de um indivíduo ao longo de um processo previamente definido, ou seja, a avaliação para fins de seleção e a avaliação de atitudes [12]. Entretanto, as concepções e práticas de avaliação nem sempre consideram o contexto mais amplo nem suas interligações, quando é desejado levar em consideração a opinião dos alunos, ao mesmo tempo em que se avalia o seu desempenho no processo de aprendizagem. Nesse contexto, a avaliação deve considerar aspectos de uma abordagem qualitativa, a exemplo da opinião e das posições dos estudantes sobre o processo de aprendizagem em que eles estão submetidos. Porém, também devem ser considerados aspectos que levem em consideração a obtenção de dados quantitativos e classificatórios, que representem a multiplicidade de fatores que contribuem para proporcionar informações sobre os processos de aprendizagem dos estudantes.

O processo de avaliação pode determinar a efetividade dos objetivos que provocam mudanças desejáveis nos padrões de aprendizado do aluno, que são determinados pelo currículo e pelos conteúdos de um curso [7]. É relevante em uma pesquisa educacional a premissa teórica construída sobre a relação avaliação-professor/aluno-curriculo. Entende-se que o professor deve sempre deixar claro sobre os resultados a serem alcançados com seus alunos e expor seus objetivos através das diferentes práticas curriculares [7].

Alguns autores defendem que a avaliação deve ser multidimensional, englobando um número de variáveis suficientes para descrever todo o processo, possibilitando a sua melhoria a partir de uma tomada de decisão [90], [15]. Entretanto, pesquisas realizadas no campo educacional apresentam procedimentos em que dados de múltiplas dimensões são reduzidos para casos mais simples, unidimensionais ou bidimensionais [16], fazendo com que informações significativas sejam ignoradas [17], [18]. Pesquisas na área também demonstram que, em muitos casos, além de simplificação dos dados, muitos trabalhos limitam-se à aplicação de técnicas e ferramentas matemáticas simples da estatística descritiva univariada. Além disso, apesar de existirem trabalhos de pesquisa [28], [30], [31], [32] e [34] sobre avaliação da efetividade do ensino na opinião dos alunos e também sobre seus resultados da aprendizagem, não há investigação sobre a relação entre as duas formas de avaliação no contexto da avaliação educacional em um curso de graduação da área de engenharia.

1.5 Objetivo Geral

Nesta tese encontra-se uma pesquisa inédita que tem por objetivo investigar o desenvolvimento de uma metodologia de análise de dados educacionais comparativa entre dados de avaliação educacional no ensino de engenharia, relacionados ao LO e ao LC. Para a obtenção desses resultados foi realizada a junção de duas ferramentas matemáticas de análise de dados: a Análise de Componentes Principais (do inglês, *Principal Component Analysis - PCA*) e a Análise de Fatores Paralelos (do inglês, *Parallel Factor Analysis - PARAFAC*). O PCA é uma técnica matemática da estatística multivariada e dentre suas principais utilidades, destacam-se: a extração de características relevantes de uma base de dados, a redução da sobreposição de informação, diminuição da influência do erro em uma medida e a diminuição do posto de uma matriz de informação [19], [20]. Já o PARAFAC é um método de decomposição tensorial de dados multidimensionais que foi inicialmente desenvolvido e aprimorado na psicometria por meio de diversas pesquisas [21], [22], [23] e cujo objetivo principal é o de se valer de redundâncias presentes de informações desejadas através das observações sobre alguns enfoques do processo de ensino e aprendizagem, para extraí-los nas formas isoladas e relacioná-los.

1.6 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desta tese foram os seguintes:

1. Avaliar a influência da opinião dos estudantes sobre a efetividade do ensino ministrado pelos seus professores a partir de dados coletados por meio de um instrumento de avaliação baseado na metodologia do SETE/SEEQ (respectivamente do inglês, *Student Evaluation of Teaching Effectiveness/Student's Evaluation of Educational Quality*) em disciplinas básicas do 1º ano curricular de um curso de graduação em engenharia.
2. Analisar de forma comparativa os resultados dos desempenhos dos alunos obtidos durante os estudos realizados em conteúdos das áreas de Física, Computação, Cálculo, Eletrônica Digital, Química, Desenho e Álgebra, levando em consideração os mesmos professores que foram avaliados por meio do instrumento de avaliação da efetividade do ensino.
3. Realizar a aplicação das técnicas de álgebra linear e multilinear através dos modelos PCA e PARAFAC para análise de dados educacionais, identificando

o potencial conjunto dessas ferramentas para a avaliação educacional em geral, e em especial para a área das engenharias.

4. Comparar a relação intrínseca entre o contexto da aprendizagem, a partir dos dados coletados sobre a percepção dos estudantes com os resultados da medida de aprendizagem dos mesmos estudantes em um curso de graduação em engenharia em disciplinas básicas para a formação de um profissional da área. A comparação desses dois dados faz-se necessária, pois pesquisas indicam que as junções destas duas ou mais informações podem gerar uma avaliação mais coerente e com elementos que representem de forma mais precisa o processo de AE [24], [85], [26] e [27], podendo levar, dentre outros benefícios, o aperfeiçoamento dos currículos e dos cursos.

Deste modo, esta pesquisa relaciona dados de avaliação educacional distintos, por meio da análise linear e multilinear de dados, a fim de identificar indicadores educacionais obtidos por estudantes de um curso de graduação em engenharia, levando em conta as relações existentes entre as variáveis envolvidas no problema.

1.7 Estrutura da Tese

As contribuições diferentes desta tese estão organizadas e apresentadas em seis capítulos, além da introdução. A seguir descrevemos brevemente o conteúdo de cada capítulo.

No **Capítulo 2**, serão apresentadas as principais características das ferramentas matemáticas da Álgebra Linear e Multilinear, assim como os procedimentos para a decomposição matricial e tensorial, respectivamente, com o PCA e o PARAFAC.

O **Capítulo 3** apresentará uma revisão na literatura sobre a avaliação da efetividade do ensino na percepção dos estudantes acerca do ambiente de aprendizagem, assim como os principais instrumentos utilizados para coletar a opinião dos alunos.

O **Capítulo 4** trará os principais aspectos que caracterizam a avaliação dos resultados da aprendizagem obtida pelos estudantes, seus objetivos e sua importância para medir o desempenho dos estudantes.

No **Capítulo 5**, será apresentada a metodologia da pesquisa, a caracterização do curso, da instituição e dos estudantes participantes, assim como os dados educacionais obtidos.

No **Capítulo 6**, será apresentada a análise e discussão dos resultados obtidos

através da validação dos dados para a aplicação das ferramentas matemáticas propostas, assim como para a definição dos componentes dos modelos utilizados e os fatores e componentes obtidos após a decomposição e suas relações intrínsecas.

Por fim, após a apresentação dos resultados e discussão dos dados, apresentaremos algumas conclusões que representam contribuições para o entendimento do processo de avaliação do ensino/aprendizagem por meio da relação entre avaliação do contexto e dos resultados dos estudantes. Referiremos as contribuições e algumas limitações da investigação e discutiremos algumas implicações para trabalhos futuros.

1.8 Produção Científica

F. H. L. Vasconcelos, T. E. V. Silva and J. C. M. Mota. “The Context and Outcomes of Learning in Educational Evaluation An Engineering Course”. *IEEE Latin America Transactions*. (Accept). November, 2014.

F. H. L. Vasconcelos, T. E. V. Silva and J. C. M. Mota. “Multilinear Educational Data Analysis for Evaluation of Engineering Education”. *IEEE Latin America Transactions*. (Submitted). December, 2014.

G. O. Ribeiro, T. E. V. Silva, A. O. Nunes, F. A. P. Pinto, **F. H. L. Vasconcelos**. “Perspectivas para a Redução da Evasão em EaD a partir da Avaliação da Qualidade do Ensino Online”. In: *3º Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2014)*. *XX Workshop de Informática na Escola (WIE 2014)*. Dourados, pp. 428-438, 2014.

T. E. V. Silva, **F. H. L. Vasconcelos**, A. L. F. de Almeida, J. C. M. Mota and W. B. Andriola. “A new approach to analyze the curriculum structure using the Students’ Evaluation of Education Quality instrument”. *IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. USA, Oklahoma City, 2013.

T. E. V. Silva, **F. H. L. Vasconcelos**, J. C. M. Mota; A. L. F. de Almeida and W. B. Andriola. “Ferramentas de Processamento e Análise de Informação Aplicadas ao Ensino de Engenharia”. *XXXI Simpósio Brasileiro de Telecomunicações (SBrT)*. Fortaleza, 2013.

F. H. L. Vasconcelos, T. E. V. Silva, W. M. dos Santos, A. L. F. de Almeida, W. B. Andriola and J. C. M. Mota. “Multilinear Decomposition Application into Students’ Evaluation of Teaching Effectiveness”. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. Berlin, Germany, 2013.

A. O. R. Franco, T. E. V. Silva, **F. H. L. Vasconcelos** and I. R. Paiva. “Evaluating the Students’ Perception of the Teaching Effectiveness in a Teleinformatics Engineering”. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. Berlin, Germany, 2013.

G. O. Ribeiro, T. E. V. Silva, A. O. Nunes, F. A. P. Pinto, **F. H. L. Vasconcelos**. “Avaliação da Efetividade do Ensino em um Curso de Formação Continuada Semipresencial”. In: *II Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2013)*. *XIX Workshop de Informática na Escola*. Campinas, 2013.

T. I. A. Souza, A. O. R. Franco, T. E. V. Silva, **F. H. L. Vasconcelos**. “Avaliando o Desempenho Discente em um AVA: Um Estudo de Caso Utilizando Estatística Multivariada”. In: *II Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2013)*. *Workshop sobre Avaliação e Acompanhamento da Aprendizagem em Ambientes Virtuais*. Campinas, 2013.

A. O. R. Franco, T. I. A. Souza, T. V. E. Silva, **F. H. L. Vasconcelos**. “Uma ferramenta de análise e processamento de dados relacionados à avaliação da qualidade do ensino em AVEs”. In: *II Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2013)*. *Workshop sobre Avaliação e Acompanhamento da Aprendizagem em Ambientes Virtuais*. Campinas, 2013.

T. E. V. Silva, **F. H. L. Vasconcelos**, A. L. F. de Almeida, J. C. M. Mota and W. B. Andriola. “Multivariate Analysis for Students’ Evaluation of Teaching Effectiveness in Teleinformatics Engineering”. *International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)*. Hong Kong, China, 2012.

T. E. V. Silva, T. I. A. Souza, F. F. Santos Filho, F. J. dos Santos, P. R. B. Gomes, G. O. Ribeiro, A. O. Nunes and **F. H. L. Vasconcelos**. “Análise de Componentes Principais Aplicadas a Avaliação Discente: Um Estudo de Caso em Ambientes Virtuais de Aprendizagem”. *Computer on the Beach*. Florianópolis, Brazil, pp. 71-80, 2012.

F. H. L. Vasconcelos, T. E. V. Silva, P. R. B. Gomes, A. O. Nunes, W. B. Andriola, A. L. F. de Almeida and J. C. M. Mota. “Análise do Desempenho Discente em um Ambiente Virtual de Aprendizagem Através de Decomposições Tensoriais Multilineares”. *XXII Brazilian Symposium on Education Informatics*. Sergipe, Brasil, pp. 2282-2292, 2011.

Análise de Dados Linear e Multilinear

Neste capítulo serão apresentadas as duas principais técnicas de análise de dados que serão utilizados neste trabalho. A primeira trata-se de uma ferramenta matemática da estatística multivariada denominada análise de componentes principais. Será realizada uma descrição conceitual sobre essa técnica, além de sua interpretação geométrica e o processo do cálculo para se obter as chamadas componentes principais, além da apresentação de conceitos básicos, tais como o de matriz de covariância, correlação e o processo de extração e de seleção do número de componentes do modelo. Uma abordagem matricial será realizada a fim de se ilustrar a decomposição dos dados. A segunda técnica é oriunda da álgebra multilinear de dados. Serão descritas as principais características dos modelos matemáticos da decomposição de dados multidimensionais amplamente utilizados no processamento de informações em diferentes áreas do conhecimento. Descreveremos o seu contexto histórico e alguns conceitos básicos da álgebra multilinear, tais como o de tensor, produtos matriciais, matriciação e particionamento em fatias e tubos de uma estrutura de dados de múltiplas dimensões. Serão definidos matematicamente os modelos de decomposição de dados tensoriais PARAFAC e TUCKER. Será explorada ainda a relação entre o modelo PARAFAC e o TUCKER, assim como a relação existente entre os próprios modelos de TUCKER. Por fim, trataremos da importância da seleção do número de componentes de um modelo e apresentaremos a análise de seleção por meio da consistência interna do núcleo.

2.1 Análise de Dados Multivariados

O desenvolvimento e a aplicação dos métodos multivariados para a análise de dados têm tido expressivos e encontrados em amplos contextos de aplicação, relacionados a diferentes áreas do conhecimento. Outro elemento importante que corrobora para a popularização desses métodos se deve aos avanços das tecnologias de informação e comunicação e dos recursos computacionais, que têm permitido um maior armazenamento, processamento e coleta de dados, potencializando assim o uso de modelos matemáticos e estatísticos na forma de eficientes e robustos algoritmos de computadores que contribuem em investigações científicas.

A álgebra linear por meio da estatística multivariada, bem como o seu delineamento matemático, está diretamente relacionada ao estudo da associação entre conjuntos de medidas. Dessa forma, os métodos multivariados consistem em um conjunto de procedimentos que analisam a associação entre dois ou mais conjuntos de medidas que foram feitas em cada objeto (entidades das quais são tomadas as medidas) em uma ou mais amostras [37].

Para a utilização dos métodos da estatística multivariada uma distinção deve ser feita, onde devemos considerar o propósito da análise e a natureza dos dados multivariados. Assim, três características devem ser apreciadas:

- (i) se a técnica é usada para a análise da interdependência ou para a análise de dependência dos dados;
- (ii) se a técnica é usada com o objetivo de exploração ou confirmação e teste da consistência dos dados;
- (iii) se a técnica é projetada para ser usada com dados métricos ou dados não métricos.

Das características evidenciadas acima, a que apreciamos para esta pesquisa foi o desenvolvimento da análise da interdependência dos dados (i). Neste sentido, trabalharemos especificamente com um método de interdependência, a Análise de Componentes Principais (do inglês, *Principal Component Analysis - PCA*).

A Análise de Componentes Principais, que neste trabalho trataremos pela sigla em inglês de PCA, é um método estatístico multivariado bem conhecido por permitir obter, a partir de um conjunto de variáveis correlacionadas, um conjunto de vetores linearmente independentes chamados de componentes principais, em que o primeiro componente principal explica a variação máxima dos dados, o segundo

componente principal explica o desvio máximo que os dados possuem, mas que não foi explicado pelo primeiro componente principal e assim por diante [36]. A redução de dimensionalidade através da utilização da técnica PCA é usada principalmente para [16]:

- (i) a visualização de dados multivariados por gráficos de dispersão (em um espaço dimensional inferior);
- (ii) transformação das variáveis altamente correlacionadas em um conjunto menor de variáveis independentes;
- (iii) a combinação de diversas variáveis caracterizando um determinado processo ou fenômeno por uma única ou por uma quantidade pequena de variáveis.

Nas seções que se seguem, descreveremos alguns conceitos importantes para uma melhor compreensão acerca do entendimento da técnica PCA, bem como para o processo do seu cálculo.

2.1.1 O conceito intuitivo da PCA

PCA é um método estatístico multivariado que procura identificar relações das características extraídas de um conjunto de dados através da relação das covariâncias das variáveis analisadas [38]. Essa técnica surgiu por volta do ano de 1901 e tem como precursor Karl Pearson e posteriormente foi fundamentada em [35] que buscou explicar a estrutura de variância e covariância de um vetor aleatório, composto por p variáveis aleatórias, construído através de combinações lineares das variáveis originais. Essas combinações lineares, por sua vez, passaram a ser chamadas de componentes principais. Neste contexto, segundo [16], para se descrever e analisar um conjunto de dados é preciso ter p variáveis, a fim de se obter r componentes e assim buscar interpretar um conjunto de dados. Com o uso da PCA tem-se uma redução do número de variáveis a serem avaliadas e pode-se tentar compreender a informação a partir das combinações lineares construídas. Logo a informação contida nas p variáveis originais será substituída pela informação contida em r , onde ($r < p$), que são os componentes principais não correlacionadas.

A qualidade da aproximação depende do número de componentes mantido no sistema e pode ser medida através da avaliação da proporção de variância total explicada por essas. Um dos indícios que o uso da PCA é necessário é quando a distribuição de probabilidades do vetor aleatório em estudo é normal, conforme é discutido em [39]. Os componentes principais, além de não serem correlacionadas,

são independentes e têm distribuição normal, porém a suposição de normalidade não é requisito necessário para que a técnica PCA possa ser utilizada. Portanto, para se obter os componentes principais pode-se realizar a decomposição da matriz de covariância ou correlação do vetor aleatório de interesse.

2.1.2 Interpretação geométrica do PCA

A PCA procura encontrar as principais direções no espaço vetorial onde os dados variam. Como exemplo, a Figura 2.1, representa a relação entre duas variáveis x e y por meio de um plano cartesiano. A principal direção na qual os dados variam está representado pelo eixo u e a segunda direção mais importante é a relacionada ao eixo v , sendo ainda importante observar a ortogonalidade entre os eixos u e v . A partir de um novo sistema de coordenadas, seus eixos determinam a principal direção das variâncias dos dados; as direções de u e v são então chamadas de componentes principais.

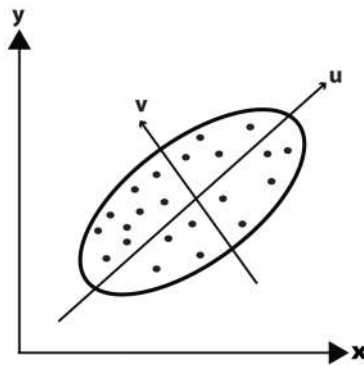


Figura 2.1: Representação de um conjunto de dados por PCA

A PCA tem como característica principal a redução do posto de uma matriz [37], eliminando a redundância e o erro de informações (Figura 2.2). O objetivo dessa técnica matemática é encontrar um meio de condensar a informação contida em um número de variáveis originais em um conjunto menor de fatores com uma perda mínima de informação. Em termos matemáticos, os componentes principais são calculadas a partir dos autovalores e autovetores da matriz de covariância dos dados originais [36].

Esta decomposição encontra um sistema de coordenadas no qual a matriz de covariância é decomposta em fatores nos quais se encontra a matriz diagonal cujos componentes principais são os autovalores da matriz de covariância [40]. O autovalor com maior magnitude indica a maior variância dos dados associados a esse

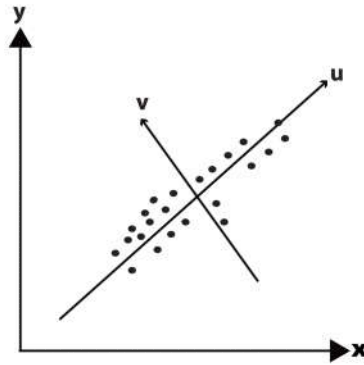


Figura 2.2: Representação geométrica da redução de dimensionalidade por meio da PCA

autovalor, implicando a direção em que os dados, segundo [52], guardam maiores riquezas de informação do sistema.

2.1.3 Cálculo da PCA

2.1.3.1 Matriz de Covariância

As matrizes de covariância são ferramentas necessárias na análise multivariada de dados. Se uma observação multivariada é tomada, um total de n observações podem criar uma nuvem de dados nesse espaço. O objetivo da análise multivariada de dados é encontrar e descrever a estrutura da nuvem desses dados. Dessa forma, os arranjos da matriz de covariância são um requisito básico para a análise da confiabilidade, dispersão ou associação desse conjunto de dados [37].

A medida retornada pelo cálculo da covariância entre duas variáveis aleatórias nos informa quantitativamente o grau de relacionamento linear entre as mesmas variáveis. Contudo, na medida de covariância não existem valores de referência de máximos e mínimos que indiquem a força da relação de associação entre as variáveis em investigação. A expressão matemática (2.1) que define o cálculo da covariância entre os valores da i -ésima e j -ésima variáveis de um vetor aleatório \mathbf{x} é

$$Cov(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j), \forall k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.1)$$

É importante destacar ainda que, quando se tem muitas variáveis para analisar é

interessante armazená-las em uma matriz, a fim de se poder vislumbrar todas as associações de covariâncias possíveis entre as variáveis. A essa matriz de valores chamamos matriz de covariância. Representamos a seguir em forma de matriz, as covariâncias do vetor aleatório \mathbf{x} , em que $\mathbf{X} = \mathbf{x} \cdot \mathbf{x}^t$

$$Cov(\mathbf{X}) = V(\mathbf{X}) = \Sigma_{p \times p} = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1p} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{p1} & \sigma_{p2} & \dots & \sigma_{pp} \end{bmatrix}$$

A matriz de covariância é simétrica, ou seja, o elemento $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$, $i, j = 1, \dots, p$.

2.1.3.2 Matriz de Correlação

Frequentemente é comum, em pesquisas que analisam dados, que surjam problemas que envolvem uma série de variáveis. Dessa forma, torna-se de grande utilidade para a solução dos mesmos a determinação de uma relação entre essas variáveis. Logo, deve-se procurar a melhor compreensão para essa relação. Essa melhor relação pode, em alguns casos, ser alcançada através da utilização de uma estrutura de correlação. Segundo [37], existe uma correlação entre duas variáveis quando uma delas está, de alguma forma, relacionada à outra.

A correlação cuja expressão matemática apresenta-se de modo mais comum para se trabalhar com dados em pesquisas quantitativas é a correlação linear (2.2). Para se obter tal correlação, usa-se o coeficiente de correlação linear de Pearson (ρ_{ij}), o qual recebe tal denominação em homenagem ao seu desenvolvedor, Karl Pearson (1857-1936), dado por [37]

$$\rho_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)^2} \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{jk} - \bar{x}_j)^2}} \quad (2.2)$$

É importante destacar também que, assim como é possível nas estruturas de covariância organizar uma série de dados em uma matriz, nas estruturas de correlações isso também é possível. A esse arranjo de valores chamamos de matriz de correlação. Representamos a seguir, em forma de matriz, as correlações do vetor

aleatório \mathbf{x} [37]:

$$\Sigma_{p \times p} = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12} & \rho_{13} & \dots & \rho_{1p} \\ \rho_{21} & 1 & \rho_{23} & \dots & \rho_{2p} \\ \rho_{31} & \rho_{32} & 1 & \dots & \rho_{3p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{p1} & \rho_{p2} & \rho_{p3} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

A matriz de correlação é uma ferramenta estatística extremamente necessária para o tratamento de dados de medição dos mais variados processos. Sua técnica fornece uma visão em medições do processo e produz saídas úteis que podem ser usadas em outras análises de dados, tais como em outros métodos de análises de processos, como é o caso da análise de componentes principais. Nas seções a seguir veremos como se dá o cálculo da extração de componentes principais para um conjunto de dados qualquer.

Porém, ainda sobre o coeficiente de correlação linear de Pearson, verifica-se que ele pode ser uma ferramenta importante para estabelecer as relações entre as variáveis avaliadas em um conjunto de dados, o qual é caracterizado por [37] pelos seguintes níveis de correlação:

- i) $|\rho| \geq 0,70$ - Correlação Forte;
- ii) $0,30 \geq |\rho| \geq 0,70$ - Correlação Moderada;
- iii) $0 \geq |\rho| \geq 0,30$ - Correlação Fraca.

O coeficiente de correlação Pearson varia de -1 a 1. O sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Uma correlação perfeita (-1 ou 1) indica que o escore de uma variável pode ser determinado exatamente ao se saber o escore da outra [37].

A matriz de correlação pode ser analisada por decomposição em fatores ou parcelas, buscando a extração de características fundamentais dos conjuntos cujos dados estão sob análise. Estes assuntos, bem como a qualidade dos dados, estão tratados nas seções seguintes deste capítulo.

2.1.3.3 Testes de dados para a Análise Fatorial

A qualidade dos dados é importante no sucesso da análise da matriz de dados. Para isso, é necessário, antes de se iniciar a sua decomposição para uma análise fatorial,

que seja feito alguns testes na matriz do conjunto de dados, a fim de se investigar a eficácia e a viabilidade da utilização do método. Dois testes possíveis se destacam na literatura, são eles, o de Esfericidade de Bartlett e a Medida de Adequação da Amostra de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) para analisar a estrutura de correlação dos dados quanto à sua adequação ou não à aplicação da análise por fatores ou parcelas [37]. De acordo com [39] e [36] esses testes, por conseguinte, também validam a aplicação da análise de componentes principais, indicando dessa forma o grau de correlação entre os dados estudados. De acordo com [37], o objetivo desses dois testes são:

- i) Teste Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) - indica a proporção da variância dos dados que pode ser considerada comum a todas as variáveis, ou seja, que pode ser atribuída a um fator comum, então: quanto mais próximo de 1 (unidade) melhor o resultado, ou seja, mais adequada é a amostra à aplicação da análise fatorial.
- ii) Teste de esfericidade de Bartlett - testa se a matriz de correlação é uma matriz identidade, o que indicaria que não há correlação entre os dados. Dessa forma, procura-se para um nível de significância assumido em 5% rejeitar a hipótese nula de matriz de correlação ser uma matriz identidade.

2.1.4 Abordagem Matricial da Decomposição PCA

A partir de [37], escrevemos mais uma vez, um conjunto de dados matriciais formado a partir de objetos (amostras) e variáveis (atributos), com a seguinte notação: $\mathbf{X} = \{x_{ij}\}$. Considere agora que a matriz \mathbf{X} , de acordo com a decomposição PCA, possa ser descrita na forma [52]

$$\mathbf{X} = \mathbf{A}\mathbf{\Lambda}\mathbf{B}^t + \mathbf{E} \quad (2.3)$$

onde $\mathbf{\Lambda} = \{\lambda_r\}$ é a matriz diagonal com R autovalores de maior importância.

Seja $\mathbf{A} = \{a_{ir}\}$ uma matriz que contém R vetores-coluna ortogonais entre si com I componentes ou fatores de carregamento (ou simplesmente fatores) e $\mathbf{B} = \{b_{jr}\}$, uma matriz que contém R vetores-colunas ortogonais com J componentes ou fatores. As R colunas de \mathbf{A} e \mathbf{B} são chamadas de componentes canônicas, que têm fatores de carregamento que indicam os relativos pesos das variáveis originais da matriz \mathbf{X} para os R -componentes selecionados, em que $R \leq \min(I, J)$. A matriz $\mathbf{E} = \{e_{ij}\}$ contém a informação que não tem significado para o processo, ou seja, representa a informação indesejada na análise dos dados, considerada ainda como erro não relevante do modelo. Considera-se ainda que a nova matriz de dados

gerados pela transformação linear é posto-coluna completo [37]. Desse modo, de acordo com [52], a matriz \mathbf{X} tem como entrada x_{ij} e pode ser representada pela forma descrita em (2.4). Assim,

$$x_{ij} = \sum_{r=1}^R \lambda_r a_{ir} b_{jr} + e_{ij} \quad (2.4)$$

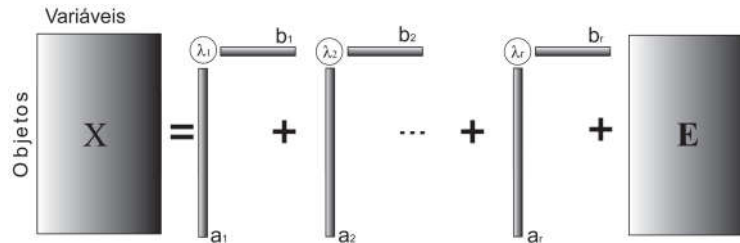


Figura 2.3: Representação esquemática de decomposição dos dados no PCA

Desse modo, observa-se na Figura 2.3 que os dados na matriz \mathbf{X} são decompostos em uma soma de produtos externos associados a um autovalor λ_r que indica o grau de relevância dos autovetores associados a ele na representação de dados originais. Os seus autovalores desprezíveis e suas direções estão contidos na matriz \mathbf{E} .

Segundo [52], a informação contida no autovalor se associa a um critério de seleção de componentes, que será apresentado em seções mais a frente deste trabalho, considerando que podemos ter também uma variância explicada [37] pelo modelo de acordo com a quantidade de autovalores utilizados. Vale a pena destacar que os vetores na direção dos objetos são chamados escores ($\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \dots, \mathbf{a}_n$) e os vetores na direção das variáveis ($\mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2, \dots, \mathbf{b}_n$) são denominados carregamentos. Essa relação será explorada nas sessões de análise e discussão dos resultados desta pesquisa.

Um ponto importante ainda para a utilização da PCA é a seleção do número de componentes do modelo. Um método amplamente utilizado é o teste do *scree plot* ou teste de Cattell [20]. Tal procedimento consiste na observação do gráfico dos autovalores, no qual é apresentado o número de dimensões e seus autovalores correspondentes. Por meio da análise do gráfico, é possível observar quais fatores apresentam maiores autovalores, sendo, portanto, responsáveis por uma maior variância explicada. O objetivo é encontrar o ponto onde os autovalores apresentam uma tendência decrescente linear [41]. Mesmo que o *scree plot* funcione relativamente bem para fatores bem definidos, em casos mais complexos, onde não há um ponto de corte evidente, a escolha do número de fatores a ser retido passa a ser subjetiva e empírica [42] e [43].

2.2 Álgebra Tensorial

2.2.1 Contexto Histórico

Todo o desenvolvimento histórico de aplicação da álgebra multilinear vem da psicometria e, posteriormente, da quimiometria. Além de diversas outras aplicações em áreas de pesquisa tais como indicadas em [23], [44], [45], [46], [47] e [48].

Os primeiros trabalhos sobre o tema foram realizados por [49], [50]. Baseado no princípio de Thurstone que argumentava que uma estrutura simples poderia ser encontrada para descrever uma matriz de dados ou a sua matriz de correlação com a ajuda de fatores [51], Cattell propôs para a análise simultânea de várias matrizes o uso do princípio de “perfis paralelos proporcionais” [49]. O princípio do perfil paralelo proporcional diz que um conjunto comum de fatores pode ser encontrado, podendo ser ajustado com diferentes dimensões ponderadas para vários dados matriciais no mesmo momento. Isto é o mesmo que encontrar um conjunto comum de fatores para um amontoado de matrizes, ou seja, um arranjo de três entradas. Para [52], o artigo mais importante de Cattell é o trabalho [50], no qual o autor define arranjo multidimensional. Ele definiu objetos, circunstâncias/tempo, atributo, escala e observador como as cinco entradas para um arranjo multidimensional idealizado e por razões práticas, reduziu-as a um arranjo de três entradas com pessoas, atributos e circunstâncias.

A decomposição de um arranjo de três entradas foi apresentada primeiramente por [53], [54] e [55]. Essa decomposição consiste em encontrar matrizes de cargas \mathbf{A} , \mathbf{B} e \mathbf{C} e um arranjo núcleo \mathbf{G} de três entradas, que foram introduzidos com um exemplo hipotético de 12 indivíduos, 9 tratamentos e 5 observadores. Em outro trabalho independente foi mostrado uma similaridade entre o arranjo núcleo do modelo proposto por [53], [54] e [55] e a matriz de autovalores na decomposição em valores singulares [76].

Outros modelos de três entradas foram introduzidos independentemente em diversos artigos, tais como em [56], [57], [21] e [22], por Carroll e Chang em 1970, que chamaram seu modelo de CANDECOMP (Canonical Decomposition) e Harshman em 1970, que usou o nome de PARAFAC (Parallel Factor Analysis). Entretanto, a ideia de modelagem que está por trás desses dois modelos é a mesma e sua proposta básica é usar o mesmo fator para descrever a variação em diversas matrizes simultaneamente, embora com diferentes ponderações para cada uma. Isso é exatamente a ideia definida no perfil paralelo proporcional proposta por [49].

2.2.2 Decomposições Tensoriais

Antes de apresentarmos os principais conceitos, definições e características da álgebra multilinear e da análise de dados multidimensionais, faz-se necessário compreender e justificar o porque do uso das decomposições tensoriais.

De acordo com [45], as fatorações matriciais como a Análise de Componentes Principais e a Decomposição em Valores Singulares (DVS) são ferramentas importantes para a redução de dimensionalidade, redução de ruído e mineração de dados. No entanto, essas fatorações possuem apenas representação em duas dimensões, como por exemplo, espaço e tempo, tornando sua utilização limitada em estruturas de dados demandem consideração mais do que duas dimensões [45].

Diversos trabalhos [23], [44], [45] e [46] fazem uso de estruturas de dados que possuem na maioria das vezes ordem superior a dois, como por exemplo, através de variáveis tais como ensaios, condições de trabalho, indivíduos e grupos, dimensões intrínsecas de espaço, tempo e frequência. Nesse contexto, há estudos em que por simplicidade consideramos apenas duas dimensões e se forem utilizadas apenas as fatorações matriciais bidimensionais convencionais, podemos obter resultados inadequados ou restritos para um determinado fenômeno analisado. Esses procedimentos podem provocar incoerência, incongruência ou degenerescência dos resultados obtidos e deve-se, portanto, utilizar técnicas adequadas de decomposição tensorial que levem em consideração toda a complexidade dos dados na forma de uma amostra e de todas as variáveis envolvidas em um determinado problema. As decomposições tensoriais fundamentais da álgebra multilinear que são os modelos de Tucker e o modelo PARAFAC, levam em consideração essas características e serão apresentados neste capítulo, após uma breve revisão dos conceitos básicos de álgebra tensorial.

2.2.3 Conceitos Básicos

Um dos elementos mais fundamentais para a compreensão e utilização da álgebra multilinear é o tensor. A expressão “tensor” tem significados distintos e depende do contexto científico no qual ele será aplicada ou está inserida. O tensor pode ser definido em um sistema de coordenadas generalizado, no qual os eixos de coordenadas são curvas e não necessariamente ortogonais. Um tensor de N -ésima ordem é interpretado aqui como uma matriz que possui uma dependência linear com respeito a N -espaços vetoriais. Tensores são também usados como um sinônimo de matrizes multidimensionais, conhecido com um arranjo de múltiplos modos ou múltiplas dimensões. Segundo [46], podemos considerar que um tensor de ordem

2 é uma matriz; um tensor de ordem 1 é um vetor e um tensor de ordem 0 é um escalar.

Considerando que um tensor é uma forma multilinear e tem o seu próprio espaço linear associado, operações lineares comuns que são válidas para matrizes, podem ou não ser estendidas para estruturas de organização de dados de altas ordens. Nas seções a seguir iremos descrever as principais propriedades e características dos tensores, assim como suas principais técnicas de decomposição e o pseudocódigo do algoritmo que será usado neste trabalho. Esses modelos multilineares consideram que os dados possuem estruturas latentes, das quais podem ser extraídas informações relevantes e identificar padrões de comportamento nas variáveis analisadas.

2.2.3.1 Produtos Matriciais

Para a análise e decomposição de dados multidimensionais os produtos matriciais comumente conhecidos da álgebra linear não são suficientes para alguns cálculos e algoritmos que surgem da complexidade das operações algébricas relacionais, e outros tipos de produtos de matrizes são necessários, tais como os produtos de Kronecker (\otimes), Hadamard ($*$) e Khatri-Rao (\odot) [59], [58].

O produto de Kronecker de duas matrizes $\mathbf{A}(I \times J)$ e $\mathbf{B}(K \times M)$ é definido como

$$(\mathbf{A} \otimes \mathbf{B})_{IK \times JM} = \begin{bmatrix} a_{11}\mathbf{B} & \dots & a_{1J}\mathbf{B} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{I1}\mathbf{B} & \dots & a_{IJ}\mathbf{B} \end{bmatrix}$$

do qual resulta que a dimensão de $\mathbf{A} \otimes \mathbf{B}$ é $(IK \times JM)$. Assim, o produto de Kronecker entre matrizes é válido para o caso em que $J \neq K$, diferentemente do produto convencional entre duas matrizes, que não é possível se $J \neq K$.

Outro produto que pode ser útil na análise multidimensional é o de Hadamard, que é definido para matrizes \mathbf{A} e \mathbf{B} de dimensões iguais $(I \times J)$, isto é,

$$(\mathbf{A} * \mathbf{B})_{I \times J} = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} & \dots & a_{1J}b_{1J} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{I1}b_{I1} & \dots & a_{IJ}b_{IJ} \end{bmatrix}$$

onde a_{ij} e b_{ij} são os elementos de \mathbf{A} e \mathbf{B} , respectivamente.

E por fim, o terceiro e último produto, que é útil na análise de múltiplas dimensões,

é o produto Khatri-Rao [59], [58] definido como

$$\mathbf{A} = [\mathbf{A}_1 \dots \mathbf{A}_K] \text{ e } \mathbf{B} = [\mathbf{B}_1 \dots \mathbf{B}_K]$$

$$\mathbf{A} \odot \mathbf{B} = [\mathbf{A}_1 \otimes \mathbf{B}_1 \dots \mathbf{A}_K \otimes \mathbf{B}_K]$$

onde \mathbf{A} e \mathbf{B} são matrizes particionadas com igual número de partições.

2.2.3.2 Matriciação

De acordo com [52], o processo de matriciação, que também pode ser denominado desdobramento, justaposição, concatenação ou desfolhamento, além de receber outros nomes, corresponde em transformar um tensor em uma matriz concatenada de duas dimensões. Desse modo, a matriciação transforma um tensor de qualquer dimensão em uma matriz, por exemplo, dado um tensor $\underline{\mathbf{X}}(I \times J \times K)$, a nova matriz $\mathbf{X}(I \times JK)$ é a forma matriciada do tensor no modo 1. A matriciação de um tensor $\underline{\mathbf{X}}$ é ilustrada na Figura 2.4 em que nas colunas da nova matriz $\mathbf{X}_{(I \times JK)}$, o índice original j varia e k é fixo. Há também uma configuração possível em que k varia e o j é fixo, sendo este último dado por $\mathbf{X}_{(I \times KJ)}$. Outras formas de matriciação do tensor $\underline{\mathbf{X}}$ por meio de concatenação de matrizes podem ser obtidas com dimensões variadas e iguais a $(J \times IK)$, $(J \times KI)$, $(K \times IJ)$ e $(K \times JI)$. Esse processo é importante na implementação de algoritmos e soluções computacionais para o cálculo matemático das decomposições.

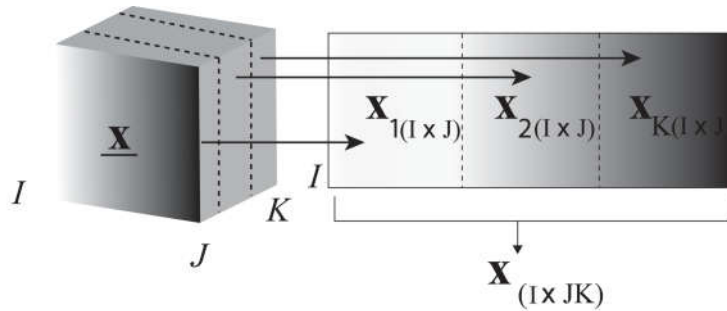


Figura 2.4: Exemplo de matriciação de uma matriz de três dimensões (tensor) para uma outra $\mathbf{X}_{I \times JK}$ de duas dimensões

2.2.3.3 Particionamentos em Fatias e Tubos

Nas estruturas de dados bidimensionais na forma de matrizes, é útil fazer uma distinção entre as partes desse arranjo, como linhas e colunas.

Esse mesmo procedimento pode também ser feito em dados de três dimensões através das chamadas fatias frontais, horizontais e verticais. Portanto, existem três tipos diferentes de se organizar uma estrutura tensorial de dados de três dimensões $\underline{\mathbf{X}}(I \times J \times K)$. Inicialmente temos as chamadas fatias horizontais: $\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_i, \dots, \mathbf{X}_I$, todos de tamanho $(J \times K)$. Há ainda as denominadas fatias verticais: $\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_j, \dots, \mathbf{X}_J$, todos de tamanho $(I \times K)$ e, por último, os cortes frontais: $\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_k, \dots, \mathbf{X}_K$, todos de tamanho $(I \times J)$, conforme pode ser observado na Figura 2.5.

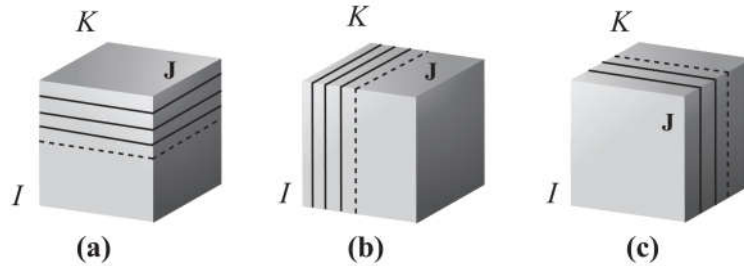


Figura 2.5: Organização de dados tridimensionais em particionamentos na forma de fatias (a) horizontais, (b) verticais e (c) frontais

De modo análogo, podemos organizar a estrutura tridimensional na forma de colunas, linhas e tubos. Desse modo, conforme pode ser ilustrado na Figura 2.6, em uma estrutura tensorial de três dimensões do tipo $\underline{\mathbf{X}}(I \times J \times K)$, existem $J \times K$ vetores colunas $\mathbf{x}_{jk}(I \times 1)$, assim como $I \times K$ vetores linhas $\mathbf{x}_{ik}(J \times 1)$ e também $I \times J$ vetores tubos $\mathbf{x}_{ij}(K \times 1)$.

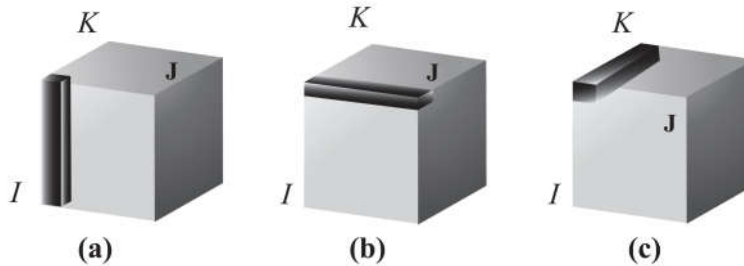


Figura 2.6: Organização de dados tridimensionais em particionamentos na forma de (a) colunas, (b) linhas e (c) tubos

2.2.4 Modelo de Decomposição PARAFAC

O modelo PARAFAC é também conhecido sob o nome de decomposição trilinear [60] ou modelo CANDECOMP e, neste trabalho, trataremos apenas como PARAFAC. Nesta seção o modelo PARAFAC é tratado tanto por meio de notações através de somatórios e componentes simultâneos, como por meio de notações matriciais, em que será utilizado o produto de Kronecker [59], [58] e [62].

O modelo PARAFAC com três entradas consiste em determinar matrizes de cargas \mathbf{A} , \mathbf{B} e \mathbf{C} com o mesmo número de fatores, conforme ilustrado na Figura 2.7. Esse modelo usualmente produz eixos de coordenadas únicos e, de acordo com [52], não existe liberdade para rotacionar a orientação dos vetores de cargas, enquanto um modelo de Tucker fornece subespaços únicos conforme discutido em detalhes em [53], [54] e [55].

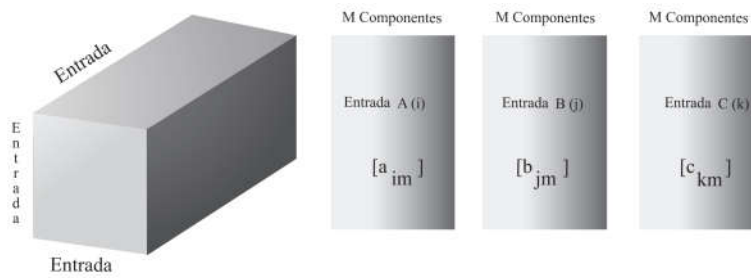


Figura 2.7: Decomposição de um arranjo de três dimensões

Outras pesquisas, tais como [63], [64] e [65], desenvolveram o método de aniquilação do rank (*rank annihilation*), que é próximo à ideia de uma decomposição PARAFAC.

2.2.4.1 Definição Matemática do Modelo PARAFAC

De acordo com [52], o modelo PARAFAC generaliza a decomposição em valores singulares. Podemos considerar que um modelo de duas dimensões de uma matriz $\mathbf{X}(I \times J)$, com elementos típicos x_{ij} , com base em uma decomposição singular de valor truncado [75] e [76] para R componentes pode ser dado a partir da seguinte equação:

$$x_{ij} = \sum_{r=1}^R a_{ir} g_{rr} b_{jr} + e_{ij}, \quad \forall i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J \quad (2.5)$$

Portanto, temos que $\mathbf{A}(I \times R)$, com a_{ir} elementos e $\mathbf{B}(J \times R)$, com b_{jr} elementos,

são matrizes e $\mathbf{G} = \text{diag}(g_{11}, \dots, g_{RR})$ é uma matriz diagonal chamada de matriz de valores singulares (ou matriz núcleo) contendo os maiores valores singulares de R e \mathbf{X} em ordem decrescente e e_{ij} são os resíduos. Em termos de notação matricial, (2.5) pode ser escrita como

$$\mathbf{X} = \mathbf{A}\mathbf{G}\mathbf{B}^t + \mathbf{E} \quad (2.6)$$

sendo que \mathbf{E} contém os elementos e_{ij} . Os valores de g_{rr} podem ser absorvidos por a_{ir} , b_{jr} ou em ambos os casos. Isso leva ao modelo de (2.7)

$$\mathbf{X} = \mathbf{A}\mathbf{B}^t + \mathbf{E} \quad (2.7)$$

onde os nomes foram mantidos, embora \mathbf{A} e \mathbf{B} e (2.6) e (2.7) não sejam as mesmas. Este modelo também pode ser escrito conforme a equação (2.8) abaixo. Assim,

$$x_{ij} = \sum_{r=1}^R a_{ir}b_{jr} + e_{ij} \quad (2.8)$$

Para um tensor $\underline{\mathbf{X}}$ de dimensões $(I \times J \times K)$, com elementos x_{ijk} , (2.9) generaliza o modelo PARAFAC, isto é,

$$x_{ijk} = \sum_{r=1}^R a_{ir}b_{jr}c_{kr} + e_{ijk} \quad (2.9)$$

onde R : é o número de componentes usado no modelo PARAFAC, a_{ir} é o elemento que está na i -ésima linha e na r -ésima coluna da matriz de componentes \mathbf{A} , b_{jr} é o elemento que está na j -ésima linha e na r -ésima coluna da matriz de componentes \mathbf{B} , c_{kr} é o elemento que está na k -ésima linha e na r -ésima coluna da matriz de componentes \mathbf{C} , e e_{ijk} é o elemento que está na i -ésima linha, na j -ésima coluna e no k -ésimo tubo do arranjo residual, que contém a variação não explicada pelo modelo com R componentes.

Uma representação esquemática deste modelo é dada na Figura 2.8. O modelo de (2.9) é um modelo trilinear sendo que x_{ijk} é expresso como uma função linear dos demais parâmetros. O modelo de (2.9) também pode ser re-expresso de acordo com (2.5), com a introdução de um parâmetro de escala g_{rrr} . Assim,

$$x_{ijk} = \sum_{r=1}^R g_{rrr}a_{ir}b_{jr}c_{kr} + e_{ijk} \quad (2.10)$$

Vale ressaltar que no modelo PARAFAC os parâmetros \mathbf{A} , \mathbf{B} e \mathbf{C} podem ser esti-

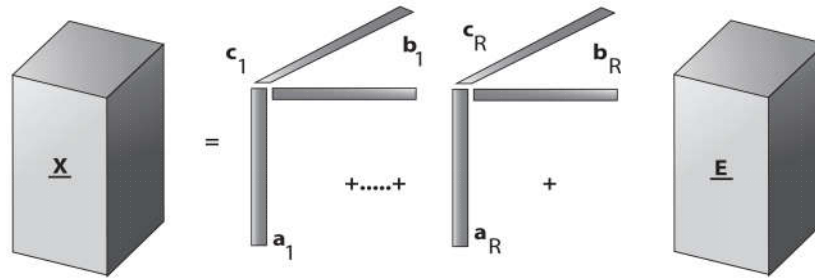


Figura 2.8: O modelo PARAFAC decomposto em R triádes ou tensores de $Rank$ -1, e o tensor residual

mados com diferentes algoritmos, conforme Figura (2.9). Os fatores são estimados simultaneamente, ao contrário da análise de componentes principais, em que os componentes podem ser estimados um de cada vez. Isso ocorre porque os componentes no modelo PARAFAC não são ortogonais e, portanto, dependem um do outro. Na próxima seção iremos tratar com mais detalhes a unicidade e as estimativas dos componentes do modelo.

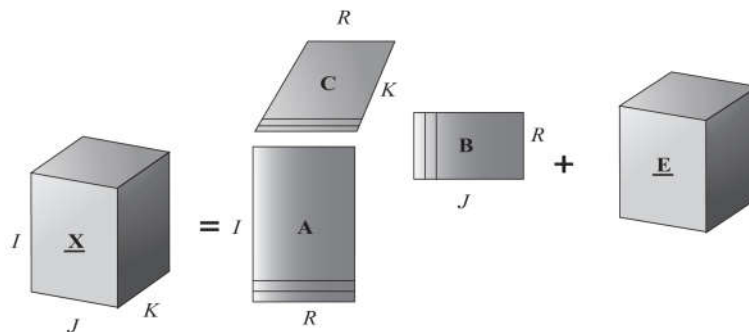


Figura 2.9: Modelo PARAFAC decomposto em matrizes \mathbf{A} , \mathbf{B} e \mathbf{C}

2.2.4.2 Algoritmo PARAFAC-ALS

O modelo PARAFAC pode ser entendido ainda como uma extensão restrita do modelo PCA, cuja base estrutural é dada pelas matrizes de pesos $\mathbf{A} = \{a_{ir}\}$, $\mathbf{B} = \{b_{ir}\}$ e $\mathbf{C} = \{c_{ir}\}$, que contêm os elementos das três dimensões dos dados. Esse modelo é ajustado para minimizar a soma dos quadrados dos resíduos e_{ijk} , em conformidade com (2.10). Para a resolução do PARAFAC e a estimação das matrizes \mathbf{A} , \mathbf{B} e \mathbf{C} , utiliza-se o algoritmo dos mínimos quadrados alternados (*Alternating Least Squares - ALS*), que sucessivamente estima os valores de uma das

matrizes de pesos a partir dos valores conhecidos ou estimados das outras matrizes [77], [78]. Esse procedimento é vantajoso porque o algoritmo é simples para implementar e incorporar restrições, e porque garante convergência [52], apesar de nem sempre apresentar erro mínimo global. Entretanto, é também algumas vezes lento e outros tipos alternativos de algoritmos baseado em um problema de autovalor (generalizado) e outras soluções fornecem respostas aproximadas e pode ser visto como adequada alternativa em artigos como os de [23], [45] e [46].

O algoritmo 1 corresponde ao PARAFAC-ALS que converge iterativamente até atingir um critério estabelecido ou um número de iterações previamente configuradas [46]. Os passos do algoritmo na forma genérica para um modelo PARAFAC podem ser verificados a seguir na forma de pseudocódigo, embora outros detalhes estejam em [23], [52] e [46].

Algoritmo 1 PARAFAC-ALS

- 1: Define-se o número de fatores, R ;
 - 2: **Passo 1.** Inicie \mathbf{B} e \mathbf{C} ;
 - 3: **Passo 2.** Calcule \mathbf{A} por um ajuste de mínimos quadrados a partir de $\underline{\mathbf{X}}$, \mathbf{B} e $\mathbf{C} \Rightarrow \mathbf{A} = \mathbf{XZ}^t(\mathbf{ZZ}^t)^{-1}$, onde $\mathbf{Z} = (\mathbf{C} \otimes \mathbf{B})^t$;
 - 4: **Passo 3.** Calcule \mathbf{B} de maneira análoga;
 - 5: **Passo 4.** Calcule \mathbf{C} de maneira análoga;
 - 6: **Passo 5.** Retorne ao **Passo 2** até a convergência.
-

2.2.4.3 Unicidade do Modelo PARAFAC

O modelo PARAFAC apresenta como uma de suas características de grande potencial de uso a propriedade da unicidade. Diversas aplicações desse modelo são baseadas nessa propriedade [66], [67] e [68].

Vamos considerar que $\underline{\mathbf{X}}$ seja um tensor com R componentes do modelo PARAFAC, com componentes matriciais \mathbf{A} , \mathbf{B} , \mathbf{C} , com elementos a_{ir} , b_{jr} e c_{kr} , respectivamente. Agora, assume-se que há componentes matriciais $\tilde{\mathbf{A}}$, $\tilde{\mathbf{B}}$, $\tilde{\mathbf{C}}$ com elementos \tilde{a}_{ir} , \tilde{b}_{jr} , \tilde{c}_{kr} , respectivamente, tais que

$$x_{ijk} = \sum_{r=1}^R \lambda_r \tilde{a}_{ir} \tilde{b}_{jr} \tilde{c}_{kr} + e_{ijk} \quad (2.11)$$

no qual x_{ijk} e e_{ijk} são idênticos aos valores correspondentes em (2.9). Em seguida, a propriedade da singularidade/unicidade declara que \mathbf{A} , \mathbf{B} , \mathbf{C} são iguais a $\tilde{\mathbf{A}}$,

$\tilde{\mathbf{B}}$, $\tilde{\mathbf{C}}$, respectivamente, sujeito a permutações em suas colunas e a fatores de escalas. A propriedade de singularidade é em termos do modelo paramétrico estimado, pois não há qualquer garantia de que o modelo PARAFAC obtenha a “verdadeira” solução [71]. No entanto, se o modelo é especificado corretamente com o número adequado de componentes e a estrutura trilinear PARAFAC é aproximadamente válida, a solução proporcionará satisfatórias estimativas dos parâmetros subjacentes.

Uma condição suficiente para o modelo PARAFAC dá estimativas dos parâmetros originais é dada por [69] e depois estendida por [70]. Essa condição é dada por

$$k_A + k_B + k_C \geq 2R + 2 \quad (2.12)$$

na qual, de acordo com [52], k_A , k_B e k_C são de k -ranks de componentes matriciais \mathbf{A} , \mathbf{B} e \mathbf{C} , respectivamente, e R é o número de componentes do modelo PARAFAC. As condições de Kruskal não são condições necessárias exceto para um R menor do que quatro [71]. A condição necessária para singularidade do modelo PARAFAC com mais de três componentes podem ser vistas em [68] e [67]. Em muitas das situações encontradas em diversas áreas da quimiometria, psicometria e telecomunicações, a condição de Kruskal acima é satisfeita e aplicável [61]. Desse modo, o modelo PARAFAC fornece estimativas dos parâmetros originais e também fornece estimativas dos parâmetros físicos subjacentes gerando dados decompostos importantes para a interpretação e a compreensão de um fenômeno escondido na complexidade de um conjunto de dados [74], [70].

2.2.5 Modelo de Decomposição Tucker

Uma sequência de trabalhos pioneiros [53], [54] e [55] na álgebra multidimensional deram origem a uma série de modelos chamados de modelos Tucker. Nas seções que se seguem iremos explorar esses modelos, que são considerados seminais na área da álgebra tensorial.

2.2.5.1 Modelo Tucker3

A partir de (2.5) é possível obter uma generalização considerando a matriz principal $\tilde{\mathbf{G}}$ não diagonal, resultando em (2.13). A matriz núcleo $\tilde{\mathbf{G}}$ não diagonal significa explicitamente que no modelo existe interações entre os fatores. Essa é uma propriedade importante dos modelos de Tucker em geral. No PCA tradicional, vetores de cargas interagem aos pares. Por exemplo, o segundo vetor de

escores interage com o segundo vetor de cargas pela magnitude definida pelo segundo valor singular. No modelo dado em (2.13), todos vetores interagem entre si.

$$x_{ij} = \sum_{p=1}^P \sum_{q=1}^Q a_{ip} \tilde{g}_{pq} b_{iq} + e_{ij} \quad (2.13)$$

ou, em notação matricial,

$$\mathbf{X} = \mathbf{A} \tilde{\mathbf{G}} \mathbf{B}^t + \mathbf{E} \quad (2.14)$$

onde o ‘ \sim ’ sobre \mathbf{G} é usado para indicar a diferença das matrizes núcleo de (2.6) e (2.14), e \tilde{g}_{pq} é um elemento de $\tilde{\mathbf{G}}$. Ao contrário do modelo da equação (2.5), não há exigência para o modelo (2.13) ter o mesmo número de componentes em \mathbf{A} e \mathbf{B} . Ao considerar os valores de p e q determinados a partir de diferentes valores de \mathbf{P} e \mathbf{Q} e ao deixar $\tilde{\mathbf{G}}$ determinar a dimensão $P \times Q$, o número de componentes pode ser diferente nos dois modos.

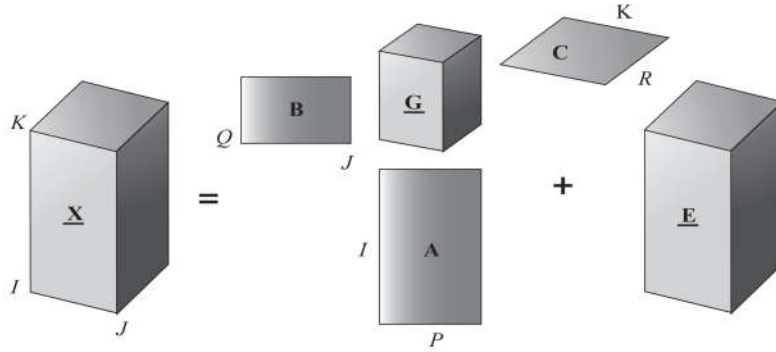


Figura 2.10: Representação da decomposição do modelo Tucker3

A equação (2.13) pode ser generalizada para um tensor de três dimensões $\underline{\mathbf{X}}$, com elementos x_{ijk}

$$x_{ijk} = \sum_{p=1}^P \sum_{q=1}^Q \sum_{r=1}^R a_{ip} b_{jq} c_{kr} g_{pqr} + e_{ijk} \quad (2.15)$$

onde e_{ijk} é um elemento de $\underline{\mathbf{E}}(I \times J \times K)$, a_{ip} , b_{jq} e c_{kr} são os elementos típicos do carregamento das matrizes $\mathbf{A}(I \times P)$, $\mathbf{B}(J \times Q)$ e $\mathbf{C}(K \times R)$ e g_{pqr} é o elemento típico do núcleo da tensor núcleo $\underline{\mathbf{G}}(P \times Q \times R)$. A representação gráfica do modelo Tucker3 é dada na Figura 2.10. Esse é o modelo Tucker3 do tensor $\underline{\mathbf{X}}$, no qual a notação (P, Q, R) é usado para indicar que P , Q e R são fatores dos três diferentes modos das matrizes \mathbf{A} , \mathbf{B} e \mathbf{C} .

2.2.5.2 Modelo Tucker2

Podemos considerar ainda o modelo Tucker3 (P, Q, R) de um determinado tensor $\underline{\mathbf{X}}(I \times J \times K)$ em que todos os três modos são reduzidos, isso é, $P < I$, $Q < J$ e $R < K$. Existem modelos nos quais ocorre a redução para dois modos, tal modelo é chamado Tucker2. Isto dá origem a três modelos especiais, dependendo do modo que não seja reduzido. Suponha que um modelo Tucker3 é dado para o tensor $\underline{\mathbf{X}}(I \times J \times K)$, mas \mathbf{C} é escolhido para ser uma matriz identidade \mathbf{I} , com dimensão $K \times K$. Portanto, não houve redução de perda no terceiro modo. Então o modelo Tucker2 pode ser escrito matricialmente como

$$\underline{\mathbf{X}}_{(K \times IJ)} = \mathbf{I} \mathbf{G}_{(K \times PQ)} (\mathbf{B} \otimes \mathbf{A})^t + \mathbf{E} = \mathbf{G}_{(K \times PQ)} (\mathbf{B} \otimes \mathbf{A})^t + \mathbf{E} \quad (2.16)$$

onde $\mathbf{G}_{(K \times PQ)}$ é agora uma matriz ($K \times PQ$) e esta última é a versão correta da matriz estendida $\underline{\mathbf{G}}$. ($P \times Q \times K$), $\underline{\mathbf{X}}_{(K \times IJ)}$ é a versão correta do tensor $\underline{\mathbf{X}}$. Na notação de somatório o modelo Tucker2 é apresentado em (2.17). Assim,

$$x_{ijk} = \sum_{p=1}^P \sum_{q=1}^Q a_{ip} b_{jq} g_{pqk} + e_{ijk} \quad (2.17)$$

onde x_{ijk} , a_{ip} , b_{jq} são elementos de $\underline{\mathbf{X}}(I \times J \times K)$, $\mathbf{A}(I \times P)$ e $\mathbf{B}(J \times Q)$, respectivamente.

Além disso, em (2.17) g_{pqk} é um elemento das três dimensões do tensor $\underline{\mathbf{G}}(P \times Q \times K)$. Comparando (2.17) com (2.15) observa-se que um somatório em (2.17) está ausente. Essa é uma consequência de não se reduzir um dos modos. A Figura 2.11 ilustra o modelo Tucker2 que também tem liberdade de rotação de acordo com [23], [52] e [46].

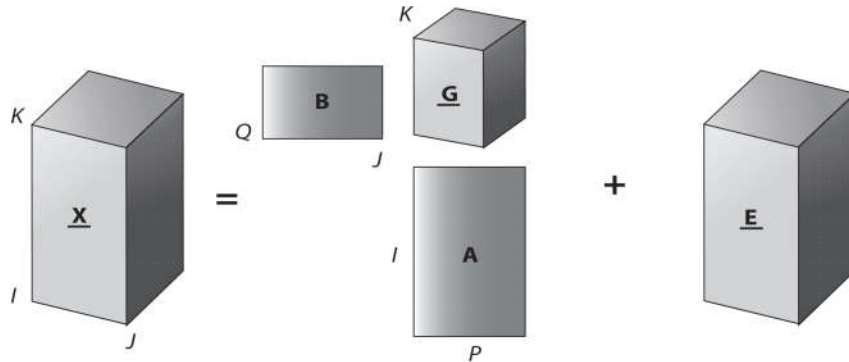


Figura 2.11: Ilustração e decomposição do modelo Tucker2

2.2.5.3 Modelo Tucker1

Seguindo a mesma análise apresentada anteriormente, podemos considerar que o modelo Tucker1 pode ser definido reduzindo apenas um dos seus modos. Nesse contexto, três diferentes modelos Tucker1 existem para um dado tensor $\underline{\mathbf{X}}(I \times J \times K)$, dependendo do modo em que ele está sendo reduzido. Ao determinarem o modelo Tucker2 anteriormente, o terceiro modo foi reduzido através da definição de \mathbf{C} para \mathbf{I} . Se \mathbf{B} também é definido como \mathbf{I} , o segundo e o terceiro modo também não serão reduzidos. O resultado do modelo Tucker1 pode ser representado matricialmente por

$$\mathbf{X}_{(K \times IJ)} = \mathbf{I}\mathbf{G}_{(K \times JP)}(\mathbf{I} \otimes \mathbf{A})^t + \mathbf{E} \quad (2.18)$$

em que $\mathbf{G}_{(K \times JP)}$ tem agora a dimensão $(K \times JP)$ e apenas o terceiro modo é reduzido. A equação (2.18) se torna mais legível se $\underline{\mathbf{X}}$ (e, conseqüentemente, $\underline{\mathbf{G}}$) são matriciados de forma diferente. Assim,

$$\mathbf{X}_{(I \times JK)} = \mathbf{A}\mathbf{G}_{(P \times JK)} + \mathbf{E} \quad (2.19)$$

na qual a matriz $\mathbf{X}(I \times JK)$ é o tensor $\underline{\mathbf{X}}(I \times J \times K)$ devidamente matriciado; $\mathbf{G}(P \times JK)$ é a matriz devidamente matriciada do tensor $\underline{\mathbf{G}}$. Se $\mathbf{X}(I \times JK)$ é substituído por \mathbf{X} , \mathbf{A} por \mathbf{T} e $\mathbf{G}(P \times JK)$ por \mathbf{P}^t , então a solução PCA normal de \mathbf{X} é obtido: $\mathbf{X} = \mathbf{TP}^t + \mathbf{E}$. Este resultado apresenta o modelo Tucker1 que é uma decomposição PCA (duas dimensões) de um tensor $\underline{\mathbf{X}}$ corretamente matriciado. Algoritmos para encontrar \mathbf{A} e \mathbf{G} estão amplamente disponíveis, geralmente oriundos da decomposição em valores singulares.

O componente escalar para o modelo Tucker1 é dada por (2.20), isto é,

$$x_{ijk} = \sum_{p=1}^P a_{ip}g_{pjk} + e_{ijk} \quad (2.20)$$

em que x_{ijk} , e e_{ijk} , a_{ip} , g_{pjk} são, respectivamente, elementos do tensor $\underline{\mathbf{X}}$, do tensor $\underline{\mathbf{E}}$, componente da matriz $\mathbf{A}(I \times P)$ e o núcleo Tucker1 do tensor $\underline{\mathbf{G}}(P \times J \times K)$. Comparado com (2.15), dois somatórios foram reduzidos. Isso é devido ao fato de que dois dos modos não foram decompostos.

A equação (2.20) denota o modelo Tucker1 e a sua ilustração gráfica de decomposição é dada na Figura 2.12. Desse modo, podemos observar que existem vários modelos diferentes do modelo Tucker em um determinado conjunto de dados, dependendo de quantos e quais modos serão ou não reduzidos. Há uma clara diferença entre os modelos de Tucker se levarmos em consideração o número de parâmetros estimados e os arranjos possíveis das diferentes formas de sua organização [52].

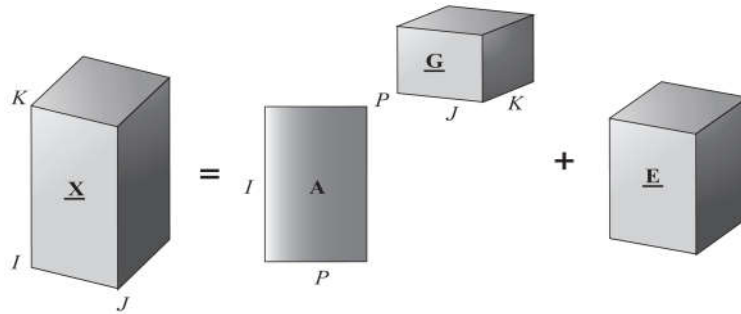


Figura 2.12: Decomposição do modelo Tucker1 com apenas o primeiro modo reduzido

2.2.6 Relação entre Modelos de Decomposição Tensorial

Existem muitos modelos de decomposição de dados multilineares que podem ser escolhidos ou selecionados para se estudar ou investigar um problema a partir de um conjunto de dados multidimensionais. A maior parte desses modelos surge originalmente dos modelos seminais, PARAFAC e TUCKER. A escolha de um modelo parte primeiro da compreensão clara de suas características em termos de diferenças e semelhanças com os demais, sendo, portanto, necessário conhecer e compreender a hierarquia entre eles por se tratar de um procedimento de fundamental importância.

Neste contexto, uma questão importante é como o PARAFAC e os modelos Tucker estão relacionados. Segundo [52], o PARAFAC fornece eixos únicos, enquanto os modelos Tucker3 não, sendo este último um modelo que pode ser transformado (rotacionado) e simplificado para parecer mais com um modelo PARAFAC. Esse procedimento, em muitos casos, pode ser feito com pouca ou nenhuma perda de ajuste ou ruído. Outro elemento claro e de destaque é a presença da hierarquia, como, por exemplo, dentro do próprio modelo de Tucker (Tucker2, Tucker3 e Tucker1). O PARAFAC pode ser difícil ou impossível para determinado conjunto de dados devido a situações de degenerescências [23], [52] e [46], caso em que um modelo Tucker3 é normalmente a melhor escolha, embora aumente consideravelmente a complexidade da sua análise, além do que se deve levar em consideração parâmetros estatísticos, tais como ruído e erros de sistemática antes da escolha do modelo. Nesse sentido, um modelo multidimensional adequado nem sempre é fácil de ser obtido e sua escolha pode ser alcançada após diversos testes de adequação do modelo que levem em consideração precisão, convergência e velocidade do algoritmo.

2.2.6.1 Relação entre o Modelo PARAFAC e Tucker3

Iremos considerar novamente que o modelo PARAFAC para R componentes de um ordenamento tridimensional $\underline{\mathbf{X}}(I \times J \times K)$ é dada por

$$x_{ijk} = \sum_{r=1}^R a_{ir} b_{jr} c_{kr} + e_{ijk} \quad (2.21)$$

na qual x_{ijk} , a_{ir} , b_{jr} , c_{kr} ($i = 1, \dots, I$; $j = 1, \dots, J$; $k = 1, \dots, K$) e e_{ijk} são, respectivamente, os elementos típicos de $\underline{\mathbf{X}}$, $\mathbf{A}(I \times R)$, $\mathbf{B}(J \times R)$, $\mathbf{C}(K \times R)$ e $\underline{\mathbf{E}}(I \times J \times K)$.

Considerando agora o termo g_{pqr} no sinal de somatório com sendo $g_{pqr} = 1$, se e somente se $p = q = r$, e 0, caso contrário, (2.21) pode ser reescrita como

$$x_{ijk} = \sum_{p=1}^P \sum_{q=1}^Q \sum_{r=1}^R a_{ip} b_{jq} c_{kr} g_{pqr} + e_{ijk} \quad (2.22)$$

com $P = Q = R$, em que todos os elementos típicos são definidos como anteriormente. A equação (2.22) é similar ao modelo Tucker3 de $\underline{\mathbf{X}}$. Desse modo, o modelo PARAFAC pode ser compreendido como um modelo restrito Tucker3, conforme ilustrado na Figura 2.13. Portanto, existe uma relação hierárquica entre o modelo PARAFAC e o modelo Tucker3. Esse fato tem implicações para o ajuste do modelo PARAFAC e do modelo Tucker3. Um modelo PARAFAC com R componentes se ajusta pior ou igual a um modelo Tucker3 (R, R, R) . No entanto, de acordo com [23] e [52], isso não significa necessariamente que o modelo Tucker3 (R, R, R) seja o preferido, pois há mais a se considerar do que simplesmente o seu ajuste.

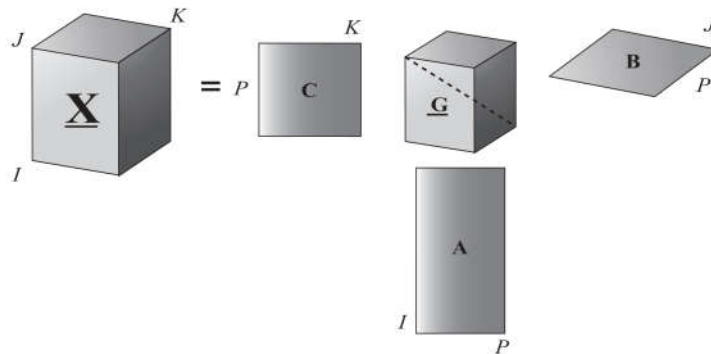


Figura 2.13: Modelo PARAFAC escrito como um modelo Tucker3

2.2.6.2 Relação entre os Modelos Tucker

Tomemos mais uma vez um ordenamento tridimensional de dados $\underline{\mathbf{X}}(I \times J \times K)$ e vamos considerar os diversos modelos de Tucker para esse ordenamento. Um modelo Tucker3 para tal ordenamento é

$$x_{ijk} = \sum_{p=1}^P \sum_{q=1}^Q \sum_{r=1}^R a_{ip} b_{jq} c_{kr} g_{pqr} + e_{ijk} \quad (2.23)$$

na qual x_{ijk} , a_{ip} , b_{jq} , c_{kr} , g_{pqr} e e_{ijk} são os elementos típicos de $\underline{\mathbf{X}}$, $\mathbf{A}(I \times P)$, $\mathbf{B}(J \times Q)$, $\mathbf{C}(K \times R)$, $\underline{\mathbf{G}}(P \times Q \times R)$ e $\underline{\mathbf{E}}(I \times J \times K)$, respectivamente. As matrizes \mathbf{A} , \mathbf{B} e \mathbf{C} são matrizes de carga, $\underline{\mathbf{G}}$ é o tensor-núcleo e $\underline{\mathbf{E}}$ é o tensor de resíduos ou de ruído da informação.

Podemos obter um modelo Tucker2 a partir de um modelo Tucker3, definindo o número de componentes em um modo para a dimensão desse modo. É possível definir o número de componentes no modo três para K e o modelo Tucker3 pode ser dado por

$$x_{ijk} = \sum_{p=1}^P \sum_{q=1}^Q \sum_{r=1}^R a_{ip} b_{jq} c_{kr} g_{pqr} + e_{ijk} \quad (2.24)$$

De acordo com [23], [52], a liberdade de rotação do modelo Tucker3 permite que a matriz de carga $\mathbf{C}(K \times K)$ possa ser rotacionada para a matriz identidade $\mathbf{I}(K \times K)$. Então c_{kr} é um elemento para $k = r$ e zero nas duas demais posições. Reescrevendo (2.24), usando os mesmos símbolos para a formação rotacionada para simplificar, tem-se que

$$x_{ijk} = \sum_{p=1}^P \sum_{q=1}^Q \sum_{r=1}^R a_{ip} b_{jq} c_{kk} g_{pqr} + e_{ijk} = \sum_{p=1}^P \sum_{q=1}^Q a_{ip} b_{jq} f_{pqk} + e_{ijk} \quad (2.25)$$

na qual o termo f_{pqk} é definido implicitamente. Na forma de notação matricial, temos que:

$$\begin{aligned} \mathbf{X}_{(K \times IJ)} &= \mathbf{C}\mathbf{G}_{(K \times PQ)}(\mathbf{B} \otimes \mathbf{A})^t + \mathbf{E} \\ &= \mathbf{F}_{(K \times PQ)}(\mathbf{B} \otimes \mathbf{A})^t + \mathbf{E} \end{aligned} \quad (2.26)$$

na qual $\mathbf{F}_{(K \times PQ)} = \mathbf{C}\mathbf{G}_{(K \times PQ)} = \mathbf{I}\mathbf{G}_{(K \times PQ)}$, e ambos tensores \mathbf{F} e \mathbf{G} são de dimensões $P \times Q \times K$. Não há cargas no modo três, como também o modo três não é comprimido. Novamente, \mathbf{A} e \mathbf{B} são matrizes de carga e $\underline{\mathbf{E}}$ é o ordenamento tridimensional de resíduos, contudo esses são diferentes do correspondente modelo

Tucker3. O ordenamento tridimensional $\underline{\mathbf{F}}$ é chamado *tensor-núcleo estendido* no modelo Tucker2. Existem dois tipos adicionais de modelos Tucker2, ou seja, um em que o primeiro modo não é comprimido e um em que o segundo modo não é comprimido.

A compreensão da hierarquia de modelos Tucker3 e Tucker2 parte do pressuposto que assumimos um modelo Tucker3 $\mathbf{X} = \mathbf{A}\mathbf{G}(\mathbf{C} \otimes \mathbf{B})^t + \mathbf{E}$ e, em seguida, um modelo semelhante Tucker2 em que o modo um não é reduzido $\mathbf{X} = \mathbf{F}(\mathbf{C} \otimes \mathbf{B})^t + \mathbf{E}$, no qual $\underline{\mathbf{F}}$ é o tensor núcleo Tucker2. Os parâmetros em \mathbf{B} e \mathbf{C} são diferentes entre os dois modelos, mas o importante que temos de observar aqui é que o modelo Tucker2 será mais flexível do que o modelo Tucker3, visto que no Tucker3 a parte correspondente a \mathbf{F} é especificamente parametrizada como $\mathbf{A}\mathbf{G}$. Conforme afirma [52], o modelo Tucker2 vai se ajustar melhor do que o modelo Tucker3 e o modelo Tucker3 pode ser visto como um modelo Tucker2 limitado, em grande parte da mesma forma que os modelos lineares.

O modelo Tucker2 pode até ser menos restritivo, por exemplo, por não comprimir o modo dois. Isso pode ser feito através da formulação do modelo Tucker1 que está representado em (2.27). Assim,

$$x_{ijk} = \sum_{p=1}^P a_{ip} h_{pjk} + e_{ijk} \quad (2.27)$$

no qual x_{ijk} , a_{ip} e e_{ijk} são os elementos de $\underline{\mathbf{X}}$, $\mathbf{A}(I \times P)$ e $\underline{\mathbf{E}}(I \times J \times K)$, respectivamente. Os valores de h_{pjk} são os elementos do ordenamento $\underline{\mathbf{H}}(P \times J \times K)$. O modo dois e três de $\underline{\mathbf{X}}$ não são comprimidos, porque as cargas não são previstas nesses modos. Esse modelo é muito menos restrito do que o modelo Tucker2 e, portanto, se ajusta melhor.

De forma conclusiva temos que, um modelo Tucker3 compacta todos os três modos, enquanto um modelo Tucker2 comprime apenas dois dos três modos e, por fim, um modelo Tucker1 comprime apenas um dos três modos [72].

2.2.7 Seleção do Número de Componentes

A escolha dos R fatores/componentes é uma etapa importante da análise, não existindo para ela um critério absoluto [73] e [70]. A escolha pode ser feita baseada em diversos métodos existentes [23], [44], [45], [46], [47] e [48], dentre os quais se destaca o CORCONDIA (*Core Consistency Diagnostic*). De acordo com [52], esse método é baseado na interpretação do PARAFAC como um modelo oriundo do

modelo mais geral Tucker3. O teste CORCONDIA indica, além do número correto de componentes R a serem consideradas, se o conjunto de dados é adequado para a utilização do modelo PARAFAC.

2.2.7.1 Consistência Interna do Núcleo

O modelo CORCONDIA corresponde a um método de aproximação para selecionar o número de componentes do modelo PARAFAC. De acordo com [23], esse método permite avaliar quantos componentes no modelo PARAFAC são necessários para descrever os dados por meio de um diagnóstico de consistência do núcleo. O método consiste em avaliar quão distante está a ordem do núcleo derivada do ajuste de um modelo PARAFAC para um modelo ideal, ou seja, de um tensor núcleo superdiagonal $\underline{\mathbf{G}}$.

O tensor núcleo do modelo PARAFAC é um arranjo calculado a partir dos componentes do modelo PARAFAC e consiste em uma superdiagonal que para um modelo de três entradas somente $g_{111}, g_{222}, g_{333}, \dots$ tem valores consideráveis e todos os outros elementos de arranjo são próximos a zero. Na aproximação usada em [23], o arranjo núcleo é padronizado de tal forma que os elementos da superdiagonal são iguais a 1 (tensor superidentidade). Para um modelo de três entradas PARAFAC, (2.28) é um arranjo ideal, dado por

$$CORCONDIA = 1 - \frac{\sum_{p=1}^R \sum_{q=1}^R \sum_{r=1}^R (g_{pqr} - i_{pqr})^2}{\sum_{p=1}^R \sum_{q=1}^R \sum_{r=1}^R i_{pqr}^2} \quad (2.28)$$

em que i_{pqr} é um elemento de um tensor superidentidade, de modo que $i_{pqr} = 1$ se $p = q = r$ e $i_{pqr} = 0$, caso contrário.

O diagnóstico de consistência de núcleo tornará um valor muito baixo (negativo) quando os componentes dentro de uma entrada forem altamente correlacionados. Se isso não é desejável, os elementos i_{pqr} podem ser substituídos por g_{pqr} no denominador, essa medida é chamada consistência do núcleo normalizada. Segundo [52], é duvidoso se isso fizer qualquer diferença em relação à decisão sobre o número de componentes a reter no modelo, mas em relação à consistência do núcleo, para valores próximos de 1, significa que o modelo é informativo. O grau de superdiagonalidade também pode ser usado para o mesmo propósito. Essa medida é igual à soma de quadrados dos elementos da superdiagonal dividida pela soma total de quadrados dos elementos de núcleo. Todas as três medidas serão iguais a 1 no caso de um arranjo superdiagonal.

As inferências do CORCONDIA também podem ser feitas a partir do cálculo

da consistência do tensor núcleo do modelo em termos percentuais. O modelo CORCONDIA pode ser calculado a partir da seguinte relação expressa em (2.29)

$$CORCONDIA = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sum_{p=1}^R \sum_{q=1}^R \sum_{r=1}^R (g_{pqr} - i_{pqr})^2}{\sum_{p=1}^R \sum_{q=1}^R \sum_{r=1}^R i_{pqr}^2} \right) \quad (2.29)$$

na qual g_{pqr} é o elemento do tensor núcleo calculado com o Tucker3 a partir dos pesos do PARAFAC e i_{pqr} é o elemento de um tensor superdiagonal, no qual apresenta valores unitários em sua diagonal principal e zero nas demais posições e R é o número de fatores do modelo. Quando o valor obtido na equação for superior a 90% indica a adequação do modelo, já um valor em torno de 50% indica deficiência de multilinearidade e, finalmente, valores próximos de zero ou negativos indicam inconsistência multilinear.

Neste capítulo, foram apresentadas as principais características e definições matemáticas das ferramentas que serão utilizadas para analisar a interpretação dos dados coletados nesta pesquisa. Neste estudo, foram escolhidos os modelos PCA e PARAFAC, pois esses guardam entre si uma relação na medida em que são decomposições aplicadas para dados bidimensionais e multidimensionais, respectivamente. Além disso, tais modelos satisfazem o intuito desta tese que visa explorar tais ferramentas de modo inovador na área de avaliação educacional em engenharia. Porém, antes da aplicação dessas técnicas nos dados desta pesquisa, faz-se necessário compreender o que é a avaliação do contexto da aprendizagem e a avaliação do desempenho da aprendizagem. Desse modo, os capítulos que se seguem nesta tese, tratarão destes assuntos.

Avaliação do Contexto da Aprendizagem

O ensino é uma atividade complexa e que envolve múltiplas dimensões, tais como: organização de ideias, entusiasmo ao repassar o conteúdo, testes coerentes, dentre outras, e as avaliações devem levar em consideração essa multidimensionalidade [90]. Nesse contexto, a opinião dos estudantes torna-se fundamental para a extração de informações relevantes sobre o ambiente educacional no qual ele está inserido e sobre a qualidade do processo de ensino que está sendo realizado pelo professor [98]. O feedback fornecido pelo aluno em relação ao professor e o modo como ele está sendo ensinado, podem promover uma melhoria do curso ou disciplina que está sendo oferecida e mudanças relevantes no currículo do curso, na postura do professor e na tomada de decisão dos gestores de ensino [90]. Neste capítulo, será apresentada uma revisão da literatura científica sobre a avaliação da aprendizagem do contexto na percepção dos estudantes, assim como recomendações, instrumentos e procedimentos de como deve ocorrer esse processo avaliativo. Por fim, iremos tratar da metodologia do Student Evaluate Teaching Effectiveness (SETE) e do instrumento de Avaliações dos Estudantes sobre a Qualidade Educacional (SEQ) em que serão apresentadas suas principais características e fatores.

3.1 Considerações Iniciais da Avaliação da Percepção

Um dos campos científicos que reúne teoria e técnica de medição de aspectos psicológicos e que inclui a medida de características, tais como conhecimentos, capacidades intelectuais, cognitivas, atitudes, traços de personalidade e avaliação educacional é a psicometria. Em geral, a obtenção de tais medidas se dá por meio da construção e validação de instrumentos de coleta de informações, tais como questionários, enquetes, testes, avaliações de personalidade, dentre muitos outros.

Além do campo da psicologia, a psicometria tem também atuado de forma ampla no âmbito da avaliação educacional por meio da obtenção, análise e interpretação de medidas e indicadores educacionais com o uso de ferramentas matemáticas. Entretanto, nos anos sessenta surge a chamada Educamétrie, que segundo [81], propõe o uso de modelos matemáticos e estatísticos para a área da educação, com base em processamento de informações na área do desenvolvimento cognitivo, tornando ela uma peça fundamental para a análise e interpretação de dados coletados em situações relacionadas ao contexto educacional. Desse modo, será nesta perspectiva que esse trabalho de pesquisa fundamentará seu princípio de concepção. Entretanto, vale ressaltar o aspecto inédito deste estudo que faz a junção das ferramentas matemáticas da estatística multivariada com outras da análise multilinear de dados no campo da educação em engenharia, analisando parâmetros do contexto e do desempenho da aprendizagem de estudantes de graduação.

No contexto histórico, destacadamente nas últimas décadas, a pesquisa no campo da educação e da avaliação com foco para a melhoria da qualidade do ensino tem ganhado destaque. Nos anos setenta, a avaliação da qualidade, especialmente na educação primária e secundária, ganhou espaço e no ensino superior, docentes passaram a ser avaliados por suas instituições, a fim de se tomar decisões sobre contratação e promoções, bem como avaliar a sua capacidade de relacionamento profissional. Já nos anos oitenta uma das preocupações eram as pressões no campo financeiro, de prestação de contas e mudanças no financiamento público para as universidades que passam a ter uma maior atenção à avaliação do seu ensino [79], [80]. Desse modo, a avaliação de professores passa a ser vista como um indicador da chamada qualidade institucional. Por fim, nas décadas mais recentes, há uma crescente preocupação com o uso das avaliações dos professores com base na percepção dos alunos para ajudar a tomada de decisão no âmbito institucional, como também o surgimento de exames, testes e avaliações do desempenho discente no âmbito dos governos, instituições e até no contexto internacional. Destacadamente, a utilização da avaliação com base na opinião dos alunos elevou a preocupação com

o mau uso dos resultados destas avaliações, pois consequências podem surgir a partir de eventuais empregos equivocados dessas informações, tais como a diminuição da qualidade do ensino ou a violação da liberdade dos professores no emprego de metodologias e formas de trabalho em sala de aula.

Independente do momento histórico, os instrumentos mais comuns para se realizar uma avaliação do ensino, tipicamente incluem enquetes, questionários, pesquisa de opiniões com alunos, avaliações em sala de aula, materiais e recursos didáticos, textos, provas de estratégias e práticas inovadoras. Cada uma dessas medidas traz consigo suas próprias restrições e limitações e a maioria das instituições precisam contar com mais de uma forma de avaliação para desenvolver uma compreensão completa das contribuições de ensino realizadas pelos professores. No entanto, as avaliações do contexto ou do ambiente de ensino ou a avaliação da efetividade do ensino na opinião dos estudantes é uma das ferramentas mais comuns utilizadas para avaliar o ensino em sala de aula [92], [93], [94] e alguns acreditam que ela tem influência sobre algumas decisões no campo educacional [95]. Porém, as avaliações feitas dos alunos são também uma das medidas mais controvertidas e altamente debatidas, embora sejam amplamente utilizados. Muitas vezes essas avaliações sobre o ambiente do curso são usadas no conteúdo da avaliação somativa, em oposição à formativa, como um meio para tomar decisões pessoais (por exemplo, a contratação, a progressão de carreira ou a demissão de profissionais da educação), ou seja, como meio de classificação da eficácia do ensino na opinião do aluno que é realizada sobre o seu professor. Os dados coletados, sejam eles respostas quantitativas ou qualitativas, também são utilizados por professores para melhorar o processo de ensino ou o desenvolvimento de um curso ou de disciplina para fornecer *feedback* formativo. Entretanto, é importante observar que, segundo [92], é preciso ter cuidado com o uso de instrumentos que não foram projetados e validados especificamente para fornecer *feedback* formativo.

Destaca-se ainda que, o *feedback* dos alunos possa ser obtido através da administração de outros recursos ou procedimentos que não sejam apenas por meio de questionários formais. Observações casuais feitas dentro ou fora da sala de aula em uma sessão ou atividade de ensino, reuniões com grupos ou comitês de estudantes ou com representações estudantis de órgãos institucionais, entrevistas, observações por meio de filmagens e outros recursos, são práticas com importante potencial para buscar uma melhor compreensão e para se pensar em estratégias que visem a melhoria da qualidade de ensino e da aprendizagem na educação superior. Por outro lado, de acordo com [82], pesquisas que utilizam instrumentos formais, possuem outras vantagens mais relevantes, pois oferecem uma oportunidade para se obter um *feedback* de toda a população de estudantes e documentam as experiências e práticas dos discentes de forma mais sistemática.

Diversas pesquisas sobre a avaliação da opinião dos alunos a respeito do ambiente e da eficácia do processo de ensino indicam que seus resultados oferecem medidas úteis do comportamento da aprendizagem e podem contribuir para a melhoria do ensino [96], [109], [97], [98]. Porém verifica-se que existe preconceito, já identificado quanto à sua viabilidade estatística e questionamentos sobre sua capacidade de medir com precisão a eficácia na qualidade do ensino, além de argumentos que indicam que o *feedback* fornecido das avaliações do curso não promovem na prática uma mudança de comportamento do corpo docente.

Nas sessões que se seguem iremos tratar com mais detalhes sobre a importância dos instrumentos de avaliação da percepção do ensino pelo estudante, seu principal *feedback*. Citaremos alguns dos principais tipo de instrumentos presentes na literatura, destacando a metodologia SETE com o instrumento SEEQ que foi utilizado nesta pesquisa.

3.2 Instrumentos de Avaliação e o seu *feedback*

Estudos [99], [100] indicam que as avaliações realizadas de um curso, disciplina, componente curricular ou sessão de ensino pelos estudantes são fontes de preocupação para o corpo docente e podem gerar descontentamentos [101]. Tais atitudes ocorrem porque os professores acreditam, ao mesmo tempo em que as atividades estão em andamento, que as avaliações podem ser tendenciosas [102], [103], e que os alunos não são avaliadores competentes e maduros [104], [100], e que na maioria das vezes, suas opiniões são influenciadas por expectativas em relação aos seus desempenhos e dos seus resultados obtidos ao final de um processo de ensino [105]. Essas questões levam os professores e os gestores a questionar a validade geral de avaliações dos alunos e sua utilização, assim como sua viabilidade [96], [106] para influenciar na tomada de decisão [104], [107], [100]. No entanto, de acordo com [95], o desconforto dos docentes com avaliações e classificações estão relacionadas com a baixa qualidade de suas práticas pedagógicas em sala de aula. Essas percepções negativas das avaliações podem levar professores a desconsiderar sua importância podendo prejudicar o ensino e o desenvolvimento de esforços para a melhoria de uma atividade ou disciplina e ainda, de acordo com [108] e [106], induz docentes e gestores a terem percepções equivocadas sobre as avaliações do curso. Diversos autores apontam que o corpo docente em geral não considera a avaliação realizada pelos estudantes e não aprovam os instrumentos de avaliação utilizados [104], [109], [110], [112], [113], porém outras pesquisas [96], [114] descobriram que há professores que acreditam que dados de avaliação podem ser utilizados adequadamente pelos gestores acadêmicos.

Já em relação aos gestores, a maioria tem uma atitude positiva em relação aos dados de avaliação e acha que é uma fonte útil de informação para tomada de decisões [115], [114]. Porém, há outros que apresentam preocupações de validade desses resultados e instrumentos, e segundo [95], [109], isso ocorre devido ao desconhecimento e falta de familiaridade sobre as ferramentas de classificação e dos fundamentos da pesquisa em avaliação.

No que se refere à opinião dos estudantes, há poucas pesquisas neste sentido e limitam-se a estudos de casos em instituições [115], [114] que indicam que os alunos percebem o processo de coleta de suas opiniões como um *feedback* válido e útil. Além disso, eles também acreditam que os alunos podem ser avaliadores eficazes do ensino. Porém, outros autores indicam que os alunos nem sempre estão cientes de como as instituições utilizam os dados coletados [115], [114], [112], e não entendem o impacto que as avaliações geram para mudanças e tomadas de decisões e também não acreditam que a sua opinião seja utilizada e avaliada [112], fazendo assim a instituição pouco ou nenhum uso dos dados coletados.

Diante destas percepções e trabalhos que indicam a posição de docentes, gestores e estudantes, podemos ainda considerar que esses instrumentos de avaliação trazem características comuns, tais como afirma [116]. Esses instrumentos de avaliação em educação em geral fornecem o *feedback* do aluno sobre a eficácia do ensino usando alguma escala de classificação e possuem uma série de características comuns, tais como perguntas abertas e fechadas sobre o conteúdo do curso e a eficácia do processo de ensino, pelo menos um item sobre a eficácia global, comentários escritos sobre o conteúdo do curso e da eficácia do professor em geral também são solicitados. Outra característica é que o anonimato das respostas é garantida e assegurada; as respostas e os questionários são aplicados e obtidos no final do prazo, quando os estudantes já têm terminado as atividades, e na ausência do professor. Além disso, as respostas aos itens e escalas podem ser úteis para professores, gestores, departamentos e faculdades avaliarem a eficácia do processo educacional realizado e podem ser utilizadas para a tomadas de várias decisões de desenvolvimento profissional e no âmbito da administração e gestão educacional.

Outras considerações presentes nestes instrumentos associados aos vários itens incluídos nestes formulários de avaliação sobre a atividade ou disciplina levam em conta aspectos diferentes e separáveis de comportamentos do ensino de um professor ou do ambiente do curso ou sessão de ensino e normalmente os alunos avaliam cada um deles individualmente [96]. Embora se perceba diferenças nesses instrumentos, alguns elementos e procedimentos são comuns, tais como os formulários de avaliação serem comumente distribuídos na conclusão de uma determinada unidade de ensino de forma anônima, além disso incorporam respostas qualitativas e quantitativas e pedem aos alunos para responder itens de uma escala de *Likert*

ou em outras escalas de avaliação, com geralmente cinco ou sete pontos. Em algumas instituições essas avaliações são realizadas de forma padronizada para uso comum em todos os cursos, enquanto em outras, são desenvolvidos instrumentos específicos para cada área, departamento ou setor. Em geral, os professores não participam do processo de coleta de dados da avaliação do curso. Tradicionalmente, as avaliações do contexto da aprendizagem de um curso são administradas em sala de aula através de questionários de papel, embora recentemente uma série de instituições moveram-se para a implementação de ferramentas on-line.

Normalmente os itens em avaliações de uma atividade ou disciplina buscam informações sobre o projeto do curso, postura e comportamento do professor. De acordo com [117], existem elementos que comumente aparecem nestes tipos de avaliações, são eles: questões sobre atividades ou disciplina e o conteúdo; perguntas sobre as habilidades de comunicação do professor; perguntas sobre a interação professor-aluno; questões sobre a dificuldade do curso e da carga de trabalho; questões sobre as práticas de avaliação em curso e, por fim, questões de auto-avaliação dos alunos.

Pesquisas apontam ainda que a avaliação da eficácia e o contexto do ensino é multidimensional e que alguns elementos de ensino podem ser destacados, categorizados e identificados [116], [123], [98]. O instrumento de Avaliação da Qualidade da Educação pelo Estudante (SEEQ) proposto por [98] apresenta categorias de perguntas sobre comportamentos de ensino e se aplicado corretamente garante a avaliação da eficácia do ensino. Esse instrumento é formado pelas seguintes categorias: a aprendizagem/valor; entusiasmo do professor; organização; relacionamento individual; interação do grupo; amplitude de cobertura; os exames/classificação; leituras; e a carga de trabalho/dificuldade. Nas próximas seções deste capítulo iremos apresentar com maiores detalhes esse instrumento.

Em outro trabalho proposta por [118] e [113], medidas semelhantes da eficácia do ensino foram identificadas no sistema de avaliação chamado de Avaliação Educacional e Desenvolvimento Individual (do inglês, *Individual Development and Educational Assessment - IDEA*), que inclui categorias, tais como organização do curso e planejamento, clareza/habilidades de comunicação, interação aluno e professor e seus relacionamentos, dificuldade/carga de trabalho, classificação e exames do estudante e autoavaliação.

Outro instrumento de investigação sobre a qualidade do ensino superior é o Questionário de Percepções do Curso [152] (do inglês, *Course Perceptions Questionnaire - CPQ*) que foi usado para medir as experiências de estudantes britânicos. Esse instrumento continha 40 itens em oito escalas e foi usado por [152] em uma pesquisa com 2.208 estudantes em um total de 66 departamentos acadêmicos de

engenharia, física, economia, psicologia, história e Inglês. Uma análise fatorial desses questionários permitiu identificar oito escalas de características e destacou duas dimensões, sendo a primeira referente à avaliação positiva do ensino e de programas, e a segunda referente ao uso de métodos formais de ensino com ênfase na formação com relevância profissional. Segundo [83], a CPQ poderia ser usado para avaliação do ensino e avaliação de cursos, embora as correlações obtidas em [152] entre as percepções dos alunos e as suas abordagens para o estudo foram relativamente fracas. Resultados semelhantes foram encontrados por outros pesquisadores [84] e isso levantou dúvidas sobre a adequação e validação do CPQ como ferramenta de pesquisa [85].

A partir do CPQ, foi proposto também em [87] um novo instrumento revisado, denominado Questionário de Experiência do Curso (do inglês, *Course Experience Questionnaire - CEQ*) que visava obter indicadores para monitorar o desempenho da qualidade do ensino em programas acadêmicos e que foi utilizado em instituições na Austrália [89], [88]. O instrumento tinha 30 itens em cinco escalas e visava identificar diferentes percepções das dimensões da qualidade do ensino.

Um elemento comum e presente em todas essas avaliações é o *feedback* gerado, ou seja, os resultados obtidos. Porém, de acordo com o trabalho de [96], embora as instituições acreditem em suas avaliações de ensino, raramente na prática elas adotam de fato os resultados de suas próprias avaliações em curso ou para uma tomada de decisão. Estudos apontam que a falta de recursos financeiros e a ausência de ferramentas matemáticas e estatísticas robustas para a interpretação, identificação de estratégias de ensino e a interpretação dos resultados, geram problemas que surgem no momento de se compreender os resultados [114], [119]. Isso pode limitar a capacidade das avaliações para melhorar o ensino. De acordo com [106] e [123], a avaliação pode levar a uma melhoria do ensino, apenas se seus resultados forem discutidos com os docentes avaliados. No entanto, [123] e [120] observaram que os dados de avaliação do curso por si só raramente trazem mudanças para comportamentos de ensino, já que muitos professores não são preparados para analisar esses dados e, portanto, são menos propensos a ter habilidades necessárias para interpretá-los. Além disso, muitos professores não têm a oportunidade de debater seus resultados e simplesmente realizam uma análise superficial dos dados coletados e raramente tentam mudar posturas específicas de ensinar com base no *feedback* dos alunos. Porém, de acordo com [121], quando são oferecidos treinamentos e discussões sobre os resultados dos instrumentos de avaliação, os professores fazem mudanças em seus comportamentos de ensino. Para incentivar essa mudança e influenciar positivamente os comportamentos de ensino, [109] aposta, na necessidade de uma interpretação e comunicação mais clara e aberta em relação aos dados coletados e a interpretação dos resultados. Outros autores como [96] sugerem que

as avaliações devem ser fontes de informações para todos os grupos ligados a área da educação, incluindo os gestores, professores e alunos.

3.3 Procedimentos e Recomendações para Avaliação

Em ensino de qualidade e eficácia, deve-se garantir e assegurar que as questões de avaliação coincidam com as prioridades institucionais e forneçam informações que se adequam com os tipos de instrumentos de avaliação que devem ser administrados de forma coerente. A identificação de medidas ou indicadores de ensino que serão avaliados e o desenvolvimento de questões ou itens em avaliações devem ser vistos como uma oportunidade para incentivar uma discussão de toda a instituição sobre o seu ensino e seus objetivos. Para garantir que as perguntas possam fornecer um *feedback* significativo para os docentes, as perguntas ou afirmativas que são elaboradas, devem medir aspectos do ensino que reflitam conclusões importantes para a instituição ou curso.

A elaboração de um instrumento de avaliação deve ser um procedimento sério e com padrões rigorosos de validação, de teste e com o envolvimento de muitos membros da comunidade institucional. As perguntas devem ser selecionadas cuidadosamente de acordo com construções teóricas e baseadas em investigações bem desenvolvidas do contexto local. As escalas devem ser lógicas, simples e claramente explicadas, além de serem de fácil preenchimento. Os instrumentos devem ser aprovados por uma comissão competente através de um processo transparente, público, democrático e consultivo com a comunidade acadêmica e recomenda-se que todos os instrumentos aprovados devam ser avaliados por especialistas externos.

Os instrumentos de avaliação devem garantir o anonimato para proteger os estudantes. Em [92], foi argumentado que as avaliações anônimas preservam os estudantes de responsabilidades por suas declarações e opiniões e que os alunos não precisam pensar nas consequências da sua opinião ou decisão ao avaliar um docente. Em nossa concepção, essa postura é mais natural quando a avaliação realizada pelos discentes é feita após o término da atividade e conhecidos os desempenhos finais dos alunos. As avaliações anônimas destinam-se a garantir que os alunos não serão repreendidos por professores por comentários negativos. No entanto, embora as intenções por trás da proteção do anonimato do estudante possa ser positiva, tal procedimento dá mais confiança em alunos do que em professores, pois os estudantes podem usar as avaliações para desabafar alguma decepção em

relação a notas baixas atribuídas pelos docentes em alguma avaliação de desempenho realizada (prova) e isso pode influenciar de forma prejudicial ao processo de avaliação. Por outro lado, trabalhos apontam que os alunos podem se sentir desconfortáveis fornecendo os dados de forma não anônimas e que as respostas dos alunos não-anônimos podem render avaliações com índices de desempenho mais elevados para os docentes [112]. Conseqüentemente, proteger o anonimato deve ser algo realizado de forma consistente e uniforme, além disso se deve conquistar a confiança do aluno e concientizá-lo da importância, responsabilidade e da seriedade que eles devem ter ao responder um instrumento de avaliação.

Todos os sujeitos envolvidos no processo de avaliação, sejam gestores, professores e estudantes, devem receber e interagir de forma distinta com os dados obtidos. Segundo [112], os alunos merecem ver o resultado da avaliação do ensino de uma instituição antes de ingressarem na mesma, preferencialmente disponibilizado publicamente. Algumas instituições fazem parte dos resultados das avaliações saírem publicamente e destacam um pequeno número de informações para ajudar na seleção de um curso por parte de um aluno. De outro modo, os gestores devem receber dados individuais, apropriados e comparativos de tal forma que eles possam compreender e utilizar para realizar planejamentos pedagógicos e administrativos. Por fim, os professores devem receber resultados que podem ser utilizados para fins de formação. Os dados devem ser acompanhados de análises estatísticas claras e com informações objetivas. Os resultados da avaliação devem ser acompanhados de todas as informações adicionais necessárias para contextualizar adequadamente os dados. Todos os outros membros do corpo docente, avaliados ou não, devem ter acesso a todos os dados de avaliação sobre o ensino do curso, incluindo comentários de estudantes. Aos professores também devem ser fornecidos resumos e explicações sobre a natureza dos dados e resultados obtidos e que ajudem na contextualização e interpretação das informações. Vale ressaltar que as instituições devem manter todos os registros das avaliações de ensino centralizados e, preferencialmente, por um período limitado de tempo, mas o tempo suficiente para qualquer um dos seus membros consultar os resultados. Os dados processados devem ser mantidos confidencialmente por departamentos, ou instituições ou em um banco de dados centralizado para que possam ser usados por professores da instituição. Outro ponto importante nesse contexto é garantir a utilidade dos resultados alcançados no processo de avaliação do ensino. Para tanto, é necessário considerar também a perspectiva dos estudantes, professores, gestores e da própria instituição.

No que se refere aos estudantes, devem ser fornecidas informações completas sobre o uso das avaliações e o seu papel na progressão das carreiras, contratação e no processo de seleção dos professores. Autores afirmam [112] que os alunos tendo contribuído para o processo de avaliação do ensino, merecem ver os resultados de

sua participação. No entanto, vários estudos [112] sugerem que a reputação de um professor, que pode ser derivada de resultados de avaliação anteriores, podem influenciar respostas dos alunos sobre as futuras avaliações. Nenhum desses efeitos, no entanto, indicam que a validade das avaliações dos alunos estão comprometidas por terem sido compartilhadas publicamente por meio dos seus resultados. Em vez disso, eles simplesmente indicam que os resultados das avaliações devem ser compartilhados de forma consistente, de modo que qualquer influência sobre tais resultados sejam coerentes, quando comparados com resultados anteriores de avaliação de cursos ou professores.

Em relação aos professores, pesquisas apontam que a maioria das avaliações realizadas pelos alunos são vistas de forma negativa ou mesmo com hostilidade por eles [104], [109], [110], [113]. No entanto, [114] constatou que o corpo docente pode compreender a classificação obtida por uma avaliação de forma positiva, mas que poucos professores realmente usam os resultados para fazerem alterações em suas componentes curriculares ou mesmo em sua postura em sala de aula. Isso é suportado pelos resultados de outras pesquisas cujos estudos indicam que resultados de avaliações muitas vezes têm pouco impacto sobre mudança da eficácia ou eficiência do ensino [115], [98], [113], especialmente quando eles são fornecidos sem o benefício da consulta. Ainda de acordo com os trabalhos de [109], [122], orientando professores sobre os resultados das avaliações de um curso, podemos ajudar a desmistificar mitos e equívocos sobre como esses dados podem ser utilizados pelos gestores. Além disso, os professores que têm uma melhor compreensão das expectativas institucionais são mais propensos a procurar informação e melhorar a sua eficácia de ensino.

Já em relação aos gestores educacionais, embora eles possam usar dados de avaliação estudantil para diversos fins, os mesmos não estão familiarizados com a investigação sobre a validade de avaliação e como transformar estes resultados em melhores práticas. Em [109], [110], [96], [114] é indicado que aos gestores muitas vezes lhes faltam compreensão geral de como melhor interpretar e aplicar os dados obtidos nas avaliações. Esse é um motivo de preocupação, uma vez que os dados das avaliações orientam atitudes e decisões. Embora seja razoável esperar que os gestores alcancem uma compreensão completa dessa área da educação, eles se beneficiam de um conhecimento básico das questões fundamentais que dizem respeito às formas específicas em que se usam esses dados. Isso não implica necessariamente um conhecimento detalhado de análise estatística, mas requer um conhecimento básico de como essas ferramentas funcionam. Compreender as limitações de um determinado instrumento é fundamental. Entender as possíveis influências externas sobre os resultados da avaliação e os meios eficazes de gestão e interpretação de dados, incluindo medidas comparativas adequadas, ajudam aos

gestores educacionais a assegurar que, quando os dados forem utilizados para fins educativos, as decisões serão justas e equitativas.

Por fim, no que se refere às instituições, seus instrumentos de avaliação devem ser regularmente testados e revisados. As instituições devem assegurar que o instrumento é efetivamente útil para medir os itens específicos que são de interesse para ela, seus corpos docente e discente. Avaliadores e especialistas não recomendam revisões anuais para avaliações formais, ou mesmo pequenas revisões anuais para a ferramenta. Isso pode afetar negativamente a capacidade do instrumento e pode não contribuir para avaliações longitudinais no nível institucional. Além disso, os instrumentos de avaliação devem ser revistos e incluir mudanças nas práticas pedagógicas e demográficas de estudante ou mudanças nas necessidades de avaliação de um membro do corpo docente, ou em medidas de responsabilização institucional, na tecnologia, nas práticas de desenvolvimento do corpo docente ou na pesquisa em avaliação [110].

3.4 Avaliação da Efetividade do Ensino pelos Estudantes

A avaliação do ensino na opinião dos alunos tem sido assumida como um indicador válido do desempenho dos docentes, constituindo-se também como uma medida de satisfação frente à qualidade do ensino ministrado [127], [98], [128], [129]. Autores apontam ainda que a avaliação do ensino pelos alunos legitima-se pelo fato de serem os primeiros agentes da aprendizagem e por isso teriam o direito de participar, em certa medida, da avaliação do ensino [130]. Diversas pesquisas [131], [132], [117], [113], [133], [134], [135], [136], [137], [138], [139], [98], [140], [141], [123], [142] apontam para a aplicação de questionários aos alunos para que os mesmos possam inferir as suas percepções sobre a qualidade do ensino ministrado e a do próprio docente.

Um dos questionários que se destacam neste contexto é o SEEQ [98], [13], [140] e tem sido objeto de vários estudos ao longo de mais de duas décadas e em contextos acadêmicos distintos, tendo-se revelado viável, válido e com uma capacidade significativa de generalização dos resultados obtidos [123]. Evidência teórica e empírica acumulada em torno desse instrumento revela que ele apresenta qualidades métricas satisfatórias, quer no que se refere à sua dimensionalidade por meio de numerosas análises fatoriais, em particular a utilização da análise fatorial confirmatória [103], [13], quer por valores de consistência interna.

Esse instrumento foi criado a partir da metodologia SETE criada e desenvolvida por [144] e que fornece um questionário em escala do tipo *Likert* com uma média de quarenta assertivas para serem respondidas pelos discentes. Tais assertivas procuram obter a opinião do aluno a respeito do entusiasmo do professor, se as avaliações são condizentes com o conteúdo, se o professor tem uma adequada relação com os alunos e se o mesmo se dispõe em horas extras durante as aulas a esclarecer dúvidas dentre outras questões relativas ao docente na opinião dos alunos. Além dessas questões, há ainda outros itens que mostram a relação do aluno e à disciplina, ao conteúdo e ao próprio professor. Tal metodologia foi desenvolvida de tal forma que permite uma análise não constrangedora ao discente e ao docente, porque são objetivas e simples e podem ser realizadas para manter o anonimato do professor e do aluno caso a instituição deseje apenas uma análise geral.

De acordo com [98], [13], [140], o SETE possui as seguintes características: (a) multidimensional, (b) seguro e estável, (c) principalmente em função do instrutor que ensina em um curso diferente da sua formação, (d) é relativamente válido comparado à variedade de indicadores de qualidade de ensino, (e) não é relativamente afetado por variedades de variáveis hipotéticas e, (f) mostrou ser muito útil para faculdades e instituições de nível superior, como ferramenta de avaliação do ensino, através de estudantes e nas decisões dos gestores, administradores de cursos e pesquisadores. Baseado em sua revisão, Marsh argumenta que o SETE provavelmente é instruído de todas as formas de avaliação pessoal e acaba sendo um dos melhores termos para ser apoiado por uma pesquisa empírica. O SETE, no contexto do ensino, é uma construção multidimensional, que agrega informações como, por exemplo, a de um professor pode ser organizado, mas, no entanto, pode não ter entusiasmo. Essa alegação é baseada por senso comum e é considerado um corpo de pesquisa empírica. A literatura SETE contém muitos exemplos de instrumentos bem construídos com definição clara dos fatores de estruturas que são providos de medições de distintas escalas.

De acordo com [144], a abordagem sistemática usada no desenvolvimento deste instrumento e a similaridade nos fatores identificados por cada um deles serve para construir uma validade. As avaliações dos estudantes sobre a qualidade educacional (SEEQ) são instrumentos no qual o foco desta investigação apresenta uma medição amplamente representada por um conjunto de escala e tem o fator de maior apoio analítico desses instrumentos [98], [13], [140].

3.4.1 Fatores do Instrumento SEEQ

O instrumento SEEQ permite a obtenção de fatores subjetivos, mas de forma quantitativa, ao invés de apenas qualitativa. Tais fatores são obtidos pelas médias entre questões específicas na forma de assertivas que apresentam um alto grau de relação entre si e que foram comprovadas estatisticamente em [98], [13], [140]. Este instrumento foi desenvolvido e utilizado por especialistas em psicometria e avaliação em todo o mundo, permitindo a avaliação de fatores subjetivos obtidos por uma aplicação direta da média entre assertivas altamente correlacionadas. Neste trabalho, o instrumento foi adaptado para ser utilizado em uma avaliação que envolveu um conjunto de disciplinas do primeiro ano de um curso de engenharia, diferentemente do seu contexto de uso, que normalmente ocorre para avaliar todo um curso, levando em consideração toda a sua estrutura curricular. Os fatores subjetivos são:

- Fator 1 (F1): **Aprendizado** é visto como uma visão do conteúdo, de sua importância e quanto o aluno aprendeu do mesmo.
- Fator 2 (F2): **Entusiasmo** é o fator que indica o grau de engajamento do professor em ministrar a disciplina. Esse fator não infere diretamente o conhecimento do professor, mas sim no quanto de vontade este se comporta, sendo influenciado fortemente pelo seu carisma. Infelizmente esse fator quando alto pode ser visto de forma enganosa devido a efeitos apontados em [123].
- Fator 3 (F3): **Organização** refere-se à preparação do professor antes da aula. Observada pelos alunos no seu domínio do conteúdo e clareza da aula, bem como no material que o professor produz e apresenta.
- Fator 4 (F4): **Interação com o grupo** determina o quanto o professor estimula a participação em sala de aula dos alunos.
- Fator 5 (F5): **Desenvolvimento individual**, diferentemente do fator anterior “Interação com o grupo”, esse fator aborda a adequada relação individual o estímulo e a comunicação fora da classe.
- Fator 6 (F6): **Abordagem do conteúdo** poderia ser visto como uma análise da abrangência da abordagem. Ou seja, uma análise do quanto o conteúdo foi abrangente, o quanto o professor foi capaz de explorar e se aprofundar em um conteúdo demonstrando não somente a sua opinião, mas também a de trabalhos e publicações ligados ao conteúdo abordado.
- Fator 7 (F7): **Exames/avaliações** demonstra a opinião do aluno em relação à competência do professor em avaliar. Além da capacidade do professor

em rever sua própria avaliação com o aluno, reconsiderando questões que estariam erradas ou que estariam aquém das habilidades aprendidas no componente curricular. Logo, seria natural que esse fator também considerasse se as provas estão ou não de acordo com o nível das aulas.

- Fator 8 (F8): **Atividades** que corresponde ao grau de utilização de materiais e atividades extraclases, este associada ao componente curricular sob o foco e a adequação dos mesmos em relação ao que foi ensinado nele pelo professor.
- Fator 9 (F9): **Disciplina no geral** é o fator que compara diretamente a opinião do aluno em relação à qualidade da disciplina, curso ou componente curricular em comparação aos outros que ele fez. Nesse contexto, o termo curso ou disciplina se referem a mesma ideia, pois na realidade deve-se avaliar um grupo de estudo pelo seu conteúdo, independente de ser um curso, uma disciplina, ou uma “matéria”.
- Fator 10 (F10): **Professor no geral** é a comparação do professor em relação a outros sendo por isso análogo ao F9. Note que isso culmina que a opinião do aluno em relação ao F9 indica que sua avaliação em relação ao curso tenta estar desvinculada ao do professor em específico.
- Fator 11 (F11): **Outras características dos próprios estudantes** não podem ser consideradas como um fator específico porque suas questões não costumam estar correlacionadas. Logo, esse conjunto serve apenas para definir como outros, podendo inclusive receber mais ou retirar questões do seu cálculo, caso haja correlação entre as questões.
- **Outros fatores:** diversos autores adotam ou criam seus próprios fatores, outros apenas reduzem o número de fatores na análise. Esse procedimento deve ser tomado com cuidado procurando ter sempre a opinião de um especialista em pedagogia para auxiliar na elaboração de tais fatores e deve-se confrontar tal opinião com os resultados obtidos de outros métodos de análise para garantir a confiabilidade dos resultados da análise como a matriz de correlação [124].

3.4.2 Assertivas do Instrumento SEEQ

Todos estes fatores estão relacionados a uma lista de assertivas presentes no questionário aplicado ao SETE conforme apresentado por [144] e [31]. Todos esses fatores são citados a seguir cada um em um parágrafo indicando o resultado obtido pelas médias das assertivas elucidadas. As assertivas e seus respectivos fatores são apresentados a seguir.

Aprendizado: 1ª assertiva: “Você achou o curso desafiador e estimulante”; 2ª assertiva: “Você aprendeu algo que você considera pertinente”; 3ª assertiva: “Seu interesse sobre a disciplina cresceu como consequência da disciplina”; 4ª assertiva: “Você aprendeu e compreendeu os conteúdos da disciplina do curso”.

Entusiasmo: 5ª assertiva: “O professor mostra entusiasmo ao ministrar a disciplina”; 6ª assertiva: “O professor foi dinâmico e energético na condução da disciplina”; 7ª assertiva: “O professor melhora a apresentação do conteúdo com senso de humor”; 8ª assertiva: “O estilo de apresentação do professor ajuda o interesse durante a aula”.

Organização: 9ª assertiva: “A explicação do professor é clara”; 10ª assertiva: “Os materiais da disciplina foram bem preparados e cuidadosamente transmitidos”; 11ª assertiva: “Os objetivos propostos estão de acordo com o que foi ensinado durante a disciplina”; 12ª assertiva: “O professor deu leituras que facilitaram a obtenção de notas de aula”.

Interação com o grupo: 13ª assertiva: “Os estudantes são encorajados a participarem das discussões em sala de aula”; 14ª assertiva: “Os estudantes são convidados a compartilhar suas ideias e conhecimento”; 15ª assertiva: “Os estudantes são encorajados a perguntar e dar respostas-chave a questionamentos”; 16ª assertiva: “Os estudantes são encorajados a expor suas próprias ideias/questionamentos ao professor”.

Desenvolvimento individual: 17ª assertiva: “O professor foi amigável na relação com cada estudante”; 18ª assertiva: “O professor faz com que o aluno se sinta confortável em procurar sua ajuda extraclasse”; 19ª assertiva: “O professor tem interesse genuíno em relação a cada estudante”; 20ª assertiva: “O professor se mostra disponível no horário da aula e após a aula”.

Abordagem do conteúdo: 21ª assertiva: “O professor relaciona as implicações do conteúdo com várias teorias”; 22ª assertiva: “O professor apresenta um *background* ou ideias/concepções originais desenvolvidas em classe”; 23ª assertiva: “O professor apresenta seu ponto de vista quando julga adequado”; 24ª assertiva: “O professor comenta adequadamente as pesquisas atuais desenvolvidas na área de estudo”.

Exames: 25ª assertiva: “Há disponibilidade das correções das avaliações/trabalhos de forma adequada”; 26ª assertiva: “Os métodos de avaliação do estudante são justos e apropriados para a disciplina”; 27ª assertiva: “As avaliações/materiais para os testes são trabalhados pelo professor”.

Atividades: 28ª assertiva: “Requer a leitura de textos que estão disponíveis”;

29ª assertiva: “Leituras, trabalhos de casa, etc, contribuem para a apreciação e compreensão do conteúdo”.

Curso no geral: 30ª assertiva: “Comparado com outras disciplinas do curso, esta disciplina é...?”.

Instrutor no geral: 31ª assertiva: “Comparado com outros professores do curso, este professor é...?”.

Outras características dos estudantes e dos alunos: 32ª assertiva: “Dificuldade da disciplina, comparada as demais disciplinas, é...?”; 33ª assertiva: “Trabalho de casa da disciplina, comparado as outras disciplinas, é...?”; 34ª assertiva: “O ritmo da disciplina é...?”; 35ª assertiva: “Tempo disponibilizado, por semana, a disciplina extraclasse...?”; 36ª assertiva: “Nível de interesse sobre o assunto antes da disciplina...?”; 37ª assertiva: “Motivo para fazer a disciplina...?”; 38ª assertiva: “Quantidade de tempo na instituição.?”; 39ª assertiva: “Nota esperada atingida na disciplina?”.

Neste capítulo, tratamos dos fundamentos conceituais da avaliação da aprendizagem na opinião e percepção dos estudantes. Foram apresentadas algumas características tipicamente presentes em instrumentos de avaliação da aprendizagem, assim como a importância do *feedback*. Destacamos a metodologia SETE por meio do instrumento SEEQ que foi utilizado nesta pesquisa. No capítulo que se segue, iremos apresentar os conceitos do segundo tipo de avaliação que foi utilizado neste trabalho, ou seja, a avaliação dos resultados de desempenho dos alunos. A apresentação e a compreensão desses dois tipos de avaliação será fundamental para nortear os princípios e resultados que fundamentam este trabalho.

Resultados de Aprendizagem

A avaliação é um processo sistemático e contínuo de coleta, interpretação e tomada de decisão a partir de informações relativas às metas e resultados estabelecidos. Nesse contexto, os resultados do desempenho da aprendizagem obtidos pelos estudantes são as intenções específicas de um processo de ensino e aprendizagem, seja ele um curso, uma disciplina, uma aula ou apenas uma sessão de ensino. Essa abordagem é centrada no aluno e visa o desempenho, isto é, o que ele é capaz de aprender quando da conclusão bem sucedida de um programa ou curso [6]. Os resultados do desempenho da aprendizagem ou simplesmente resultados da aprendizagem (do inglês, Learning Outcomes - LO) não são apenas os objetivos descritos de um curso e nem somente o rendimento discente, mas possuem um amplo potencial de ajudar o estudante a escolher seus cursos, programas ou áreas de interesse, além de orientá-los sobre o que é esperado deles e podem ser úteis para a construção de estratégias eficazes de aprendizagens personalizadas [176]. Já para o professor pode ser útil para que ele foque exatamente no que ele quer que o aluno alcance em termos de conhecimentos e habilidades, além de permitir que ele desenvolva e aplique métodos de ensino mais eficazes e eficientes. Porém os docentes, especialmente no ensino superior, precisam ficar atentos sobre a influência que as avaliações de desempenho promovem nas abordagens, tipos e estilos de aprendizagem dos discentes. Neste capítulo, serão apresentadas algumas relações entre avaliação e abordagem de aprendizagens, assim como a influência da avaliação nos estilos de aprendizagem. Trataremos ainda de conceitos relacionados aos resultados da aprendizagem, suas diferenciações e seu uso como ferramenta de avaliação, destacando suas principais características e como ele está inserido no contexto da avaliação educacional.

4.1 A Aprendizagem e os Resultados das Avaliações

As atividades de avaliação do conhecimento que expressam os resultados do desempenho dos estudantes muitas vezes exercem uma importante influência na aprendizagem. O modo como a avaliação é desenvolvida e aplicada pelo professor e os resultados ou expectativas dos alunos, podem gerar estilos de aprendizagens distintas [147]. Trabalhos como [148] argumentam que o modo como a avaliação é realizada no ensino superior exerce importante influência sobre a aprendizagem dos estudantes. Nesse contexto, toda a expectativa de um aluno em relação às metodologias ou procedimentos de avaliação que serão utilizados pelos professores em uma disciplina, estabelecem uma relação direta de como os estudantes lidam com as tarefas acadêmicas e se preparam para exames, trabalhos, provas e outras atividades em que eles serão avaliados. De modo equivalente, estratégias e procedimentos em relação a como estudar e a própria aprendizagem por parte dos alunos, são em geral fortemente influenciadas por experiências de avaliação proporcionadas anteriormente a eles.

As experiências de avaliação além de serem elementos importantes no currículo, influenciam de maneira formativa os discentes, pois podem ser determinantes no seu desenvolvimento acadêmico em como os estudantes planejam e utilizam o tempo de estudos, atribuindo inclusive prioridade e significado às diversas tarefas acadêmicas. Pesquisas indicam [149], [150] que a forma como o aluno observa a aula, assiste e até realiza suas anotações está ligada às expectativas quanto às formas de avaliação que serão utilizadas pelos professores. Desse modo, sobrecarga de atividades e tarefas acadêmicas em uma disciplina ou até mesmo métodos de avaliação dissociados do nível em que o conteúdo é abordado, podem provocar aprendizagens superficiais sobre determinados conteúdos [151], [152].

Tanto os professores quanto seus modos de avaliação e o conseqüente desempenho dos alunos influenciam às abordagens de aprendizagem; porém, dependendo do contexto de aprendizagem elas podem ser modificáveis [148]. Nesse âmbito, caso uma instituição queira desenvolver um pensamento crítico e criativo para seus estudantes e aumentar a sua capacidade de resolução de problemas deve conceber uma mudança estrutural. Essa mudança deve levar em consideração não apenas um novo desenho de sua estrutura curricular, conteúdos de disciplinas, ou mesmo as competências e habilidades da área em estudo ou da proposta pedagógica do curso, mas aspectos amplos, que envolvem metodologias em sala de aula e o desenvolvimento de habilidades científicas e tecnológicas e principalmente práticas avaliativas de excelência que reflitam não só sobre a aprendizagem dos alunos, mas

também a efetividade do ensino realizada pelos docentes na opinião dos discentes. Especialmente no contexto do ensino da engenharia, que corresponde ao escopo deste trabalho, as avaliações não podem ser realizadas apenas para classificar os estudantes em relação às suas capacidades de reter ou memorizar um conjunto de informações e sim desenvolver habilidades lógicas e tecnológicas fundamentadas em uma base científica sólida. Nesse sentido, promover mudança curricular, realizar processos avaliativos consistentes, implementar metodologias e práticas inovadoras e ao mesmo tempo conciliar esses elementos com as diretrizes curriculares de um curso, são segundo [168], escolhas complexas e até mesmo subjetivas, que envolvem muito mais que instrumentos e métodos, pois mobilizam valores e solicitam uma visão bastante ampla sobre a educação. É nessa direção também que este trabalho se fundamenta, pois articula uma pesquisa científica por meio do uso de técnicas matemáticas de análise e processamento de informação acerca da efetividade do ensino na opinião dos estudantes, como também analisa resultados de aprendizagem desses mesmos estudantes, sendo este último tratado nas seções que se seguem neste capítulo.

4.2 Os Resultados do Desempenho sobre a Aprendizagem

Os resultados do desempenho de aprendizagem (LO) dos estudantes abrangem uma ampla gama de atributos e habilidades, tanto cognitivos quanto afetivos, que na prática representam uma medida de como suas experiências de aprendizagem têm apoiado o desenvolvimento deles como indivíduos. Os LO podem ser vistos como o que os alunos sabem ou são capazes de fazer após uma disciplina, aula, sessão de ensino ou componente curricular para melhorar suas vidas e contribuir eficazmente para sua formação acadêmica. Por outro lado, os professores devem se concentrar em uma ampla síntese de habilidades que combinam informações, aprendizagem e valores que refletem “como os estudantes realmente usam o conhecimento”.

Os resultados cognitivos de um estudante incluem a aquisição demonstrável de conhecimentos e habilidades específicas adquiridas em uma disciplina. De acordo com [177], algumas questões podem nortear a identificação dos resultados da aprendizagem, tais como: O que os alunos sabem e o que não sabiam antes? O que podem fazer os alunos e o que eles não podiam fazer antes? Os resultados afetivos da aprendizagem também são importantes para suscitar perguntas em outro contexto, tais como: Como a experiência de aprendizagem dos alunos com um professor impactou sobre conhecimentos, valores, objetivos, atitudes, auto-conceitos, visões de mundo e comportamentos? e Como tem desenvolvido o potencial dos

estudantes? Como tem reforçado o seu valor para si e seus amigos, família e suas comunidades?

Os resultados de aprendizagem portanto são declarações que descrevem os conhecimentos ou habilidades que os alunos devem adquirir ao final de uma determinada tarefa, classe, curso ou programa. Eles permitem ajudar os alunos a entenderem por que o conhecimento e suas habilidades serão úteis para eles. Eles se concentram no contexto de potenciais aplicações de conhecimentos e competências, ajudando os alunos a se conectarem na aprendizagem em várias situações. Os bons resultados de aprendizagem enfatizam a aplicação e integração de conhecimento. Em vez de se concentrar em uma abordagem empírica e abstrata, articulando como os alunos serão capazes de empregar na prática suas habilidades, tanto no contexto da sala de aula, quanto de forma mais ampla fora dela.

Um dos objetivos da maioria dos docentes no ensino superior é que seus alunos alcancem resultados de aprendizagem de alta qualidade. Idealmente, espera-se que os alunos se envolvam com profundidade, em oposição à superficialidade na aprendizagem e à aquisição por meio da memorização de informação. Como afirma [178], a aprendizagem profunda é o tipo de aprendizagem que é procurada porque é o aprendizado que permanece após o aprendizado de menor qualidade que são em geral esquecidos. Essa é a aprendizagem que pode ser utilizada em outros e novos contextos ou situações diversas na resolução de problemas, no desenvolvimento do raciocínio e em situações do dia a dia.

Os resultados de aprendizagem podem ser compreendidos como as intenções específicas, descritas e quantificáveis de um programa, disciplina, curso ou sessão de ensino. Eles descrevem ou podem representar o que um estudante deve conhecer, compreender, ou ser capaz de fazer ao final de um processo de aprendizagem. Em outras palavras, eles dão declarações dos elementos e características que os estudantes poderão esperar para saber ou ser capaz de fazer até o final de uma disciplina, componente curricular ou curso.

Muitos programas, cursos e sessões de ensino, utilizam os LO, pois visam uma abordagem de educação mais centrada no aluno, pois pode-se promover uma mudança de ênfase a partir do conteúdo (no que os membros da equipe ensinam) no sentido de resultados de aprendizagem (no que o aluno é capaz de fazer quanto à conclusão bem sucedida do programa ou curso).

Desta forma, os LO podem ajudar os alunos a escolherem os programas e cursos que eles querem, orientar na aprendizagem na medida em que são esclarecidos tudo o que é esperado deles, ajudando assim a construir uma estratégia eficaz de aprendizagem personalizada e contribuindo para focar exatamente o que os alunos querem alcançar em termos de conhecimentos e habilidades. Além disso,

para os docentes, permite aplicar os métodos de ensino de modo mais eficaz para atingir sucesso nos processos de sala de aula, fornecendo um guia prático com as potencialidades dos estudantes, revelando sua compreensão e as suas habilidades que um graduado possuirá ao final de sua formação.

É fundamental que os resultados de aprendizagem estejam claramente postos para que eles sejam compreendidos pelos alunos, examinadores externos e outros interessados. Porém, antes de sistematizá-los para que especificamente os estudantes sejam capazes de avaliar seu aprendizado quando tiverem completando um programa, curso ou sessão de ensino, algumas indagações podem ser feitas, tais como: Como se pode medir ou avaliar se os alunos alcançaram os resultados da aprendizagem? Considerando os conhecimentos e habilidades pré-existentes dos alunos, quais são os resultados de aprendizagem possíveis de serem obtidos dentro do prazo de realização de um programa, curso ou sessão de ensino? Quais atividades ajudarão os estudantes a alcançar esses resultados ao final de um processo de aprendizagem? Esses questionamentos ajudam a criar uma conexão clara entre os resultados da aprendizagem, as atividades de aprendizagem e as atividades de avaliação.

Considerando que programas, módulos de ensino, disciplinas, componentes curriculares ou cursos foram concebidos em função dos resultados de aprendizagem, é fundamental que os alunos alcancem os resultados de aprendizagem pretendidos. Há, conseqüentemente, a necessidade de garantir que as atividades de avaliação sejam projetadas para cumprir os resultados de um processo de aprendizagem. Isso pode ser feito através da ligação de critérios de avaliação para os resultados da aprendizagem, que podem envolver uma simples relação entre um resultado ou nota ou entre vários outros critérios. Isso deve fazer com que o processo de avaliação seja ainda mais transparente para os alunos, e que lhes permita identificar mais facilmente os objetivos das avaliações.

Uma abordagem baseada em resultados de desempenho para a educação específica claramente o que os alunos devem aprender e organiza o currículo de modo que esses resultados pretendidos sejam alcançados [179]. Os resultados da aprendizagem são a base para um currículo efetivamente alinhado e integrado, em que as atividades e as estratégias de avaliação instrucional são explicitamente ligadas a resultados de aprendizagem específicas de um curso em qualquer nível. Segundo [181] e [180], os LO fornecem uma poderosa estrutura sobre os currículos e podem:

- Ajudar a fornecer clareza, integração e alinhamento dentro e entre uma sequência de cursos ou disciplinas em um currículo.
- Promover uma abordagem centrada no aluno para o planejamento curricular.

- Incentivar uma abordagem auto-dirigida e autônoma para a aprendizagem, permitindo aos alunos assumirem a responsabilidade por seus estudos e sendo capazes de medir ativamente seu progresso.
- Promover uma abordagem colegial para o planejamento curricular com os professores para identificar lacunas.
- Assegurar que as decisões relativas ao contexto educacional, currículo e aprendizagem serão simplificadas e melhoradas.
- Promover uma filosofia e cultura de contínua monitorização, avaliação e ajudar a garantir a responsabilidade e a qualidade dos programas de educação.

De acordo com [182] e [179], um currículo alinhado organiza estruturas e sequências de disciplinas em torno dos resultados de aprendizagem pretendidos. Por isso, é “essencial que todas as disciplinas dentro do currículo definam claramente os resultados da aprendizagem”. Para que essa medida tenha êxito, os resultados da aprendizagem devem ser: 1) claramente articulados de uma forma contextualizada dentro da disciplina; 2) comunicados amplamente; 3) usados para informar e influenciar as decisões para a dinâmica do currículo; e, 4) monitorado regularmente para garantir que eles permaneçam atuais e reflitam com precisão os objetivos de um curso de graduação.

Avaliar e demonstrar efetivos resultados de aprendizagem é uma tarefa inerentemente complexa que é melhor abordada através de um processo abrangente, envolvendo vários métodos e as partes interessadas [37]. Quando implementado de forma eficaz, a avaliação de resultados de aprendizagem pode fornecer provas da aprendizagem e progressão do aluno, e priorizar as recomendações para a melhoria contínua do currículo [183].

No âmbito da avaliação educacional, os resultados da aprendizagem tornam-se integrados ao projeto de uma disciplina ou um curso. Eles se concentram sobre a aplicação e a integração dos conhecimentos e habilidades aprendidas, de modo a ter uma avaliação adequada e assegurando que a avaliação incida sobre os conhecimentos essenciais ou as habilidades do curso. Atribuições e exames devem coincidir com os conhecimentos e as habilidades descritas sobre os resultados da aprendizagem de um processo de ensino. Um adequado resultado de aprendizagem pode ser facilmente traduzido em uma questão, problema, prova, atividade, trabalho, exame ou a nota final que represente a média do desempenho de um aluno.

Os resultados de aprendizagem também podem apontar para modos não convencionais de avaliação, pois podem se conectar a aprendizagem do aluno com a sua

aplicação tanto dentro como fora de um contexto acadêmico e, desse modo, eles podem apontar para os modos de avaliação paralelos do tipo de trabalho que os alunos produzem com o conhecimento e as habilidades apreendidas em sua carreira ou mais tarde na vida. Eles podem ser planejados e implementados no programa de um curso ou plano institucional para avaliar a aprendizagem do aluno ao longo de várias disciplinas e para monitorar se os alunos adquiriram o conhecimento e as habilidades necessárias em um estágio para ser capaz de passar para o próximo nível ou requisito.

A avaliação e seus resultados do desempenho de aprendizagem, segundo [145] e [146], possuem influência na forma como os estudantes aprendem um conteúdo, seja de modo apenas memorizada, sem uma retenção efetiva ao longo do tempo ou por meio de uma compreensão precisa do conteúdo como um todo. Essas abordagens são denominadas na literatura abordagem profunda e abordagem superficial e serão importantes para fundamentar o presente trabalho. Na sessão que se segue iremos tratar desses tipos de aprendizagem.

4.3 Abordagens de Aprendizagem

As primeiras pesquisas sobre abordagens de aprendizagem, desenvolvidas por [145] e [146] propuseram, como citado anteriormente, as chamadas Abordagem Superficial (AS) e Abordagem Profunda (AP). Enquanto a AS envolve a articulação entre uma motivação e estratégias passivas de aprendizagem, e conduz a uma retenção de detalhes de um conteúdo, por meio da memorização para a reprodução dos mesmos, o que dificulta a identificação de um conjunto mais amplo a respeito das relações existentes e limita a interação sujeito (aluno) e o objeto (conteúdo), a AP envolve uma postura ativa do sujeito junto ao processo de aprendizagem, demarcando uma articulação entre motivação e estratégia ativa de interação sujeito-objeto [153].

Diversos trabalhos presentes na literatura [154], [155], [156], [157], [158] e [159] foram realizados nos últimos anos a fim de identificar e caracterizar essas abordagens. Estes estudos contribuem para uma maior compreensão acerca do desempenho dos estudantes, pois auxilia na identificação e prevenção de problemas de aprendizagem. Na mesma direção, outros artigos sobre as abordagens de aprendizagem [160], [161], [162], [153], [163], [163], [164] e [165] fornecem resultados que podem ajudar a promover intervenções educacionais capazes de ampliar a capacidade de aprender dos estudantes.

Publicações mais recentes, tais como [166], [167], [169], [170], [171], [172], [173], [174] e [175] apresentam resultados que indicam que as abordagens de aprendiza-

gem influenciam inclusive na melhoraria do rendimento e dos resultados discentes. Desse modo, faz-se necessário conhecer um pouco melhor cada uma dessas abordagens para a fundamentação desta pesquisa.

A AS conceitualmente é tida no contexto das práticas de ensino mais diretiva que prioriza a memória e na qual os estudantes assumem papéis mais passivos. Metodologias ou modelos de exames e avaliações na perspectiva somativa podem solicitar aos estudantes direta ou indiretamente que forneçam determinados tipos de resposta, que atendam a critérios de objetividade, que possam ser previstos e, portanto, articulados em uma pergunta, tal como nos testes de múltipla escolha. Esses modelos geram aprendizagem superficial por possibilitarem um conhecimento objetivo e factual. Conforme afirma [203], na AS os alunos buscam aprendizagens de conteúdos curriculares para obter apenas o que lhes parece necessário aprender, tendo em vista determinada atividade ou forma de avaliação, mas sem a intenção de relacionar os conhecimentos estudados em uma perspectiva conceitual mais ampla. Desse modo, os desempenhos dos resultados acadêmicos estão correlacionados positivamente com a AS quando as atividades avaliadas priorizam a memorização de conceitos declarativos, mecânicos e sem procedimentos.

Por outro lado, a AP se refere a certas práticas de ensino que priorizam a autonomia dos estudantes, os processos interpretativos e a elaboração e compreensão conceitual. Dessa forma, o rendimento discente se correlaciona positivamente com a AP quando as avaliações possuem significativas relações e significados, além de outros aspectos relacionados às interações profundas do discente com conceitos ou fenômenos de áreas do conhecimento. Essa aprendizagem está vinculada com a resolução de situações-problema em contextos novos e mais próximos da atuação profissional, além dos estudos da graduação. A AP incentiva os estudantes a explorarem diversas habilidades cognitivas por meio de atividades que envolvem a aprendizagem contextualizada e situações autênticas. O processo de avaliação de abordagem profunda, em geral, é formativo e estimula a compreensão conceitual e a análise interpretativa de conteúdos a fim de explorar diferentes perspectivas sobre determinado contexto ou conjunto de informações.

Verifica-se ainda que alguns trabalhos [190] da área da avaliação e psicologia, incorporam ferramentas matemáticas e estatísticas através de métodos confirmatórios em pesquisas sobre abordagens de aprendizagem. A literatura científica ([191], [192], [193] e [190]) apresenta resultados que visam a compreensão de motivações e estratégias discentes, assim como o desempenho acadêmico por meio do uso e da modelagem através de equações estruturais. Neste trabalho, iremos muito além da aplicação desses métodos, pois faremos de forma inédita o uso de ferramentas e técnicas de análise de dados multivariados e multilinear, como também confrontaremos informações sobre a opinião e o desempenho dos estudantes em conteúdos

relacionados à sua área de formação em um curso de engenharia. Porém, antes de aprofundarmos os elementos práticos que compuseram nossa pesquisa, iremos tratar ainda neste capítulo de características, ferramentas e distinções sobre os resultados da aprendizagem.

4.4 Distinções e Ferramentas dos Resultados de Aprendizagem

Muitos professores acreditam que os resultados da aprendizagem são sinônimos de objetivos de aprendizagem. Alguns pesquisadores da área inclusive não fazem distinção entre os dois termos, aqueles que o fazem geralmente sugerem que os resultados da aprendizagem são um subconjunto ou tipo de aprendizagem objetiva. Os objetivos de aprendizagem, por exemplo, podem delinear o material e o ensino, destina-se a cobrir as questões disciplinares e de currículo que será abordada em classe. Por outro lado, os resultados da aprendizagem devem se concentrar no que o aluno deve saber e realisticamente ser capaz de fazer até o final de uma ou várias atividades avaliativas. As mesmas intensões abordadas pelos objetivos de aprendizagem podem ser igualmente tratadas em resultados de aprendizagem, mas concentrando-se na aplicação e integração do conteúdo do curso a partir da perspectiva do aluno, os resultados da aprendizagem podem de forma mais explícita e diretamente abordar as expectativas da aprendizagem dos alunos. Há professores que podem acreditar que o processo reflexivo de desenvolvimento dos resultados de aprendizagem é algo que eles já incorporaram em seus processos de planejamento de uma aula.

Os resultados de aprendizagem são valiosos para os alunos, professores e gestores de ensino. De acordo com [204], os LO são mais do que simplesmente várias frases anexas para planos de aula ou programas existentes, que podem ser quantificados por meio de uma nota que representa o desempenho da aprendizagem. Em vez disso, o desenvolvimento dos resultados de aprendizagem e seu uso dentro de uma unidade de ensino e as atividades de avaliação podem aumentar o envolvimento dos alunos na aprendizagem. Devido ao seu potencial de beneficiar muitos grupos na educação de nível superior, o desenvolvimento e o acompanhamento dos resultados da aprendizagem têm se tornado uma prioridade crescente para os professores e instituições ao longo da última década. O estabelecimento de um foco em habilidades integradas, generalizáveis e transferíveis complementa demandas contemporâneas sobre os estudantes e constrói uma base para a aprendizagem ao longo da vida. Enquanto instituições governamentais e a sociedade em geral visa somente os produtos e avanços obtidos no ensino superior, os LO ajudam a definir

as metas e os aspectos essenciais da educação superior no âmbito da instituição.

O desempenho de um processo de aprendizagem pode ser compreendido de forma distinta para estudantes, professores e gestores a partir de diferentes aspectos no contexto educacional. Para os estudantes, podem-se considerar a aplicação de conhecimentos e habilidades aprendidas em um curso e sobre a integração de conhecimentos e habilidades com outras áreas de suas vidas, buscando estabelecer um forte elo de ligação entre a sua aprendizagem e o conteúdo estudado no curso. Desse modo, pode-se considerar que há uma ênfase na integração de habilidades generalizáveis para ajudar os alunos a estabelecerem conexões, por exemplo, entre conteúdos de uma aula e outros tipos de conhecimentos práticos e reais, fomentando o envolvimento e compreendendo as condições e objetivos de sua avaliação. No que se refere aos professores, o processo de desenvolvimento dos resultados de aprendizagem em si oferecem uma oportunidade para uma reflexão sobre como está se dando o ensino do conteúdo do curso, no âmbito das suas potenciais aplicações. Desenvolver os resultados da aprendizagem significa que o contexto da aprendizagem está sendo mais qualificado, e que cursos ou sessões de ensino focam em conhecimentos e habilidades que serão mais valiosos para o aluno. Os resultados da aprendizagem podem apontar para métodos úteis de avaliação e permitem que os professores definam os padrões pelos quais o desempenho em um curso serão avaliados. Por fim, para os gestores das instituições, os LO podem determinar o que é mais essencial para que os alunos saibam. Isso pode contribuir para o desenvolvimento de um currículo coerente dentro de uma instituição descentralizada, mantendo a autonomia do professor e ajudando a garantir que os alunos sejam preparados para o mercado de trabalho no futuro. A aplicação e a integração dos elementos da aprendizagem enfatizaram os resultados, refletindo e apoiando a natureza contemporânea e as prioridades das instituições de ensino superior, aumentando o envolvimento dos alunos, descobrindo oportunidades para a interdisciplinaridade e fornecendo orientações e apoios para os tipos diferentes de etapas ao longo da trajetória acadêmica. Para os gestores os resultados da aprendizagem fornecem estruturas a partir das quais os cursos e programas podem ser avaliados e podem ajudar em programas e projetos curriculares, identificando falhas ou clarificando prioridades de intervenção de ensino, programáticas e institucionais.

Os resultados de aprendizagem devem delinear os elementos mais centrais e essenciais de um curso ou programa curricular. Eles também poderão moldar a proposta de avaliação de uma instituição. Como tal, o processo de desenvolvimento dos resultados de aprendizagem oferece uma oportunidade para a reflexão sobre o que é mais necessário para ajudar os alunos a adquirirem certos conhecimentos e habilidades. Podemos ainda considerar os seguintes elementos para caracterizar os LO: a) ideias centrais para o curso, b) tipos desejados de aprendizagem, e c) o con-

texto em que os conhecimentos e habilidades adquiridos no curso serão utilizados, incluindo as possíveis aplicações, fornecendo uma base para o desenvolvimento da aprendizagem de resultados.

As ideias centrais partem do pressuposto de que para iniciar o processo de desenvolvimento de resultados da aprendizagem, pode ser útil considerar algumas ideias centrais do conteúdo disciplinar e das habilidades generalizáveis ensinadas no curso. Além da informação sobre o contexto e tipos de aprendizagem temos que considerar as seguintes preocupações que podem ser expressas nas seguintes perguntas: O que os estudantes precisam saber para poder ter sucesso no curso ou disciplina? O que os alunos devem fazer para terem sucesso no curso ou disciplina? Que conhecimento ou habilidades os alunos devem trazer para a sala de aula para tomarem como base? Que conhecimento ou habilidades serão novos para os alunos durante um curso ou disciplina? Que outras áreas do conhecimento estão ligadas ao trabalho do curso ou da disciplina que está sendo estudada?

Os tipos de aprendizagem surgem da necessidade de que as taxonomias de aprendizagem podem ajudar a tornar os resultados de aprendizagem mais precisos. A identificação de níveis de aprendizagem também pode ajudar a desenvolver métodos apropriados para se obter melhores resultados de aprendizagem na avaliação de um curso. Um dos exemplos é a Taxonomia de Objetivos Educacionais de Bloom [186] e [10], que é particularmente útil porque associa verbos e palavras específicas com cada nível de aprendizagem. Embora a Taxonomia de Bloom seja hierarquizada, cada tipo de aprendizagem pode ser um aspecto importante de um curso [187], [188] e [189]. Em última análise, no entanto, os resultados de aprendizagem devem incidir sobre o pensamento de ordem superior encontrado nos mais altos níveis da Taxonomia por meio de características como analisar, avaliar e criar.

Há ainda outros três elementos que podem ser usados para identificar e descrever diferentes aspectos e tipos de aprendizagem que podem ocorrer em um curso, que são: o conteúdo, as habilidades e os valores. O conteúdo pode ser usado para descrever a informação presente em uma disciplina. Esse conteúdo pode ser vital para determinar a avaliação futura da aprendizagem que será realizada no curso. As habilidades se referem às competências disciplinares ou generalizáveis que os alunos devem ser capazes de empregar após a conclusão de uma disciplina. Por fim, os resultados de aprendizagem podem articular determinados valores, que podem ser vistos como atitudes ou crenças que são importantes ou investigáveis ao longo de um processo de aprendizagem em sala de aula. Em particular, os resultados de aprendizagem orientam para que os valores possam ser estabelecidos através de diferentes maneiras para que o conhecimento ou as habilidades adquiridas em um curso possam enriquecer as experiências dos estudantes ao longo de suas vidas.

Por fim, o contexto em que os conhecimentos e habilidades adquiridos em um curso estão inseridos, refletem nos resultados de aprendizagem, pois podem ajudar aos professores e aos alunos a se concentrarem nas reais aplicações potenciais do conhecimento e nas habilidades adquiridas em um curso. Por sua vez, isso ajuda os alunos a perceberem o valor de sua aprendizagem para necessidades concretas, além de auxiliar os professores a desenvolverem instrumentos de avaliação mais adequados. Ao desenvolver os resultados de aprendizagem, algumas reflexões permeiam a formação do estudante sobre o contexto de aprendizagem e que devem levar em consideração o fato de como uma disciplina se encaixa em um programa ou currículo de um curso e de como ela contribui efetivamente para o futuro pessoal ou profissional do aluno.

4.5 Características da Avaliação para os Resultados de Aprendizagem

Os resultados de aprendizagem são considerados bons quando se concentram na aplicação e integração de conhecimentos e competências adquiridos em uma unidade particular de ensino (por exemplo, atividade, programa do curso, etc.) pelos estudantes, e surgem a partir de um processo de reflexão sobre o conteúdo essencial de um curso e informa aos discentes das normas pelas quais eles serão avaliados e garante que as metas planejadas pelo professor no curso estão alinhadas.

Outra característica importante para os LO é que esses devem ser flexíveis, pois os resultados individuais devem ser específicos, e os professores devem se sentir confortáveis em adicionar, remover ou ajustar as avaliações para se obter os resultados da aprendizagem ao longo da duração de uma disciplina, se os resultados iniciais dos estudantes se revelarem insuficientes. Além disso, deve-se estar focado no aluno, pois em vez de explicar o que o professor vai fazer no curso, os bons resultados de aprendizagem descrevem conhecimentos ou habilidades que o aluno vai empregar, e ajudam ao mesmo a entender por que esses conhecimentos e essas habilidades são úteis e valiosas para sua vida pessoal e para seu futuro acadêmico e profissional.

Podemos considerar ainda como elemento importante a característica realista da informação, à medida que os LO possibilitem aos alunos que seja demonstrado o conhecimento ou a habilidade descrita pelo resultado de aprendizagem na conclusão de um curso ou de uma disciplina. Dessa forma, os resultados de aprendizagem expressam os resultados de desempenho obtidos pelos estudantes a partir das normas de um determinado plano didático para o ensino.

Outro elemento fundante é o de concentrar-se na aplicação e integração de conhecimentos e competências adquiridos, à medida que bons resultados de aprendizagem refletem e indicam as formas em que o conhecimento e as habilidades descritas podem ser utilizadas pelo aluno. Além disso, outro fator preponderante é que os LO indiquem modos úteis de avaliação e elementos específicos que serão avaliados, de forma que bons resultados de aprendizagem preparem os alunos para outras avaliações e também para ajudá-los a se sentirem envolvidos e responsabilizados pelo seu próprio processo na avaliação educacional.

A partir dessas características anteriormente citadas, podemos levar em consideração que no contexto da avaliação educacional, os resultados da aprendizagem podem se tornar totalmente integrados ao projeto pedagógico de um curso. Isso se deve porque os resultados de aprendizagem se concentram sobre a aplicação e a integração dos conhecimentos e habilidades aprendidas pelos estudantes. Desse modo, avaliações de desempenho e exames devem coincidir com o conhecimento e as habilidades descritas nos resultados de aprendizagem do curso anteriormente obtidos e explicitados para os discentes. Um bom resultado de aprendizagem pode ser facilmente traduzido em uma questão avaliativa em um exame ou prova, e caso não se consiga, podem ser refinados os métodos e abordagens até alcançar tal objetivo.

Através deste capítulo buscamos realizar uma breve revisão sobre alguns conceitos e definições dos LO, assim como a relação entre avaliação e tipos de abordagens de aprendizagem e desempenho dos estudantes. Após a fundamentação teórica apresentada neste capítulo sobre LO, e no anterior em relação ao LC, no capítulo que se segue, iremos apresentar os procedimentos metodológicos da pesquisa e a modelagem matemática realizada com os dados observados neste estudo.

Metodologia da Pesquisa

Neste capítulo, serão apresentados os procedimentos metodológicos e a caracterização de todo o contexto desta pesquisa. Inicialmente iremos tratar sobre alguns elementos da avaliação e da formação de engenheiros e apresentar o curso de graduação em que nosso estudo foi realizado. Em seguida, faremos uma caracterização do tempo e dos participantes que foram estudantes do curso de graduação em Engenharia de Teleinformática (ETI) do Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal do Ceará (UFC), assim como das áreas do conhecimento e disciplinas avaliadas. As duas principais etapas de realização desta pesquisa serão caracterizadas por dois momentos distintos e ocorreram durante dois anos (2012 e 2013) que foram: Momento I - avaliação do contexto de aprendizagem (LC) e o Momento II - avaliação das medidas de aprendizagem (LO). Todos os estudantes participantes e todos os dados coletados preservaram o anonimato dos sujeitos integrantes. Por fim, será apresentada a organização e o arranjo das variáveis coletados em sua forma tensorial, assim como matricial para posterior decomposição a partir das técnicas de análise multivariada e multilinear de dados apresentadas no capítulo seguinte.

5.1 Contexto da Pesquisa

5.1.1 Avaliação na Formação de Engenheiros

Historicamente o início da formação de engenheiros no nosso país está fundamentado na premissa do engenheiro especialista com base científica e com maior conhecimento e habilidade técnica [194]. Entretanto, ainda segundo [194], esse cenário evoluiu à medida que a formação do engenheiro começou a buscar habilidades e competências para a resolução de problemas e para o gerenciamento de atividades. Isso ocorreu fortemente devido às exigências do mercado que impulsionou um novo perfil de profissionais de engenharia, denominado de engenheiro empreendedor de base científica. Entretanto, apesar dessa evolução, ainda há poucas preocupações, poucos estudos oficiais e muitos desafios que estimulem e induzam à melhoria efetiva da qualidade da formação desses profissionais por meio da avaliação educacional.

De acordo com [195], há diversos desafios para se promover uma formação de engenheiros com qualidade no país, que vão desde a definição clara dos perfis desses profissionais, ao exame dos currículos, à melhoria da qualidade do ensino, ao melhor preparo dos estudantes para o mercado de trabalho e para o aprendizado ao longo da vida, além da diversidade de tipos de engenharia e modelos pedagógicos de cursos de graduação e pós-graduação. Desse modo, faz-se necessário a realização constante de avaliações que busquem não apenas indicadores quantitativos de desempenho dos discentes ou mesmo institucional, mas que retratem de forma diagnóstica elementos que possam subsidiar os gestores e coordenadores de departamentos e cursos de engenharia a tomarem decisões e promoverem mudanças com vista à melhoria da qualidade do ensino e da formação oferecida.

Partindo nesta mesma direção, as Diretrizes Curriculares Nacionais que regulamentam os cursos de graduação em engenharia no Brasil [196] recomendam que as concepções curriculares desses cursos sejam acompanhadas e permanentemente avaliadas, a fim de permitir os ajustes que se fizerem necessários ao seu aperfeiçoamento. Essas mesmas diretrizes [196] citam dois elementos que se destacam neste trabalho, que são: o primeiro, é que as avaliações dos alunos deverão basear-se nas competências, habilidades e conteúdos curriculares desenvolvidos tendo como referência as diretrizes curriculares do curso em avaliação, e o segundo é que o curso de graduação em engenharia deve utilizar metodologias e critérios para o acompanhamento e avaliação do processo ensino-aprendizagem, em consonância com o sistema de avaliação e a dinâmica curricular definidos pela IES à qual pertence.

Outro exemplo de diretriz de avaliação no contexto da área de educação em en-

genharia que se destaca é a portaria do INEP nº 146, de 4 de setembro de 2008, publicada no Diário Oficial de 5 de setembro de 2008, Seção 1, pág. 32 do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade), parte integrante do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (Sinaes). Nessa portaria, a avaliação dos cursos de engenharia nas áreas de telecomunicações e computação, no que se refere aos conteúdos específicos, recomenda que se deve [197]: avaliar a capacidade do aluno em utilizar conhecimentos científicos e tecnológicos por meio da síntese e integração dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso para a solução de problemas relacionados com a área da Engenharia, verificar as competências, habilidades e domínio de conhecimentos para o exercício da profissão e da cidadania, construir uma série histórica de avaliações, objetivando um diagnóstico da educação em engenharia para o aperfeiçoamento do processo de ensino-aprendizagem, estabelecer políticas públicas para melhoria da qualidade da educação em engenharia e identificar as necessidades, demandas e problemas do processo de formação de profissionais no âmbito da engenharia.

Ainda de acordo com [195], um dos problemas da formação de engenharia no Brasil é a baixa qualidade de escolaridade do egresso no ensino superior. Esse estudo aponta que ao lado do baixo número de jovens que frequentam o ensino superior na área de engenharia, a própria qualidade do ensino nesse nível e nessa área agrava ainda mais tais características. Outra preocupação dessa pesquisa chama a atenção de que problemas crescentes na contratação de mão-de-obra qualificada, com grande destaque a engenheiros, é uma constante, em virtude principalmente do baixo número de profissionais formados nestes últimos anos, o que compromete o crescimento e desenvolvimento social e tecnológico do País. Outro elemento também observado é a grande parcela de engenheiros que trabalham em outras atividades que não seriam típicas de engenharia [198] devido à insegurança promovida por uma formação acadêmica deficitária.

Portanto, estas preocupações destacadas nesta seção, aliadas às recomendações e orientações oficiais sobre a formação de engenheiros no País, reforçam a necessidade de pesquisas que proponham o uso de metodologias com base científica e que busquem propor, aplicar ou reutilizar métodos quantitativos e qualitativos com vistas a promover o processo de avaliação educacional no ensino da engenharia. Partindo dessa lógica, poderemos seguir na perspectiva de identificar os fatores limitantes do atual estágio de desenvolvimento da formação de engenheiros no País, e promover conceitos que levem a ações de evolução dos paradigmas da educação para a engenharia. Nas seções que se seguem neste capítulo, iremos detalhar melhor o contexto do nosso estudo, assim como as características dos dados coletados nesta pesquisa que objetiva contribuir com a educação em engenharia no contexto da avaliação do ensino e da aprendizagem.

5.1.2 O Curso de Graduação de ETI

Para a realização desta pesquisa, participaram deste estudo estudantes do curso de graduação em Engenharia de Teleinformática (ETI) do Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal do Ceará (UFC), da área de tecnologia com ênfases em informática e telecomunicações. Esse curso foi criado na modalidade de bacharelado, no ano 2003 sob a responsabilidade maior do Departamento de Engenharia de Teleinformática (DETI), tendo sido aprovado em reunião do Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão - CEPE (Resolução No. 02 CEPE, DE 11 de agosto de 2003) e do Conselho Universitário - CONSUNI (Resolução No. 02/CONSUNI, DE 13 de agosto de 2003). O curso se caracteriza dentro de uma proposta contemporânea de formação profissional, pois as telecomunicações associadas à informática são os grandes responsáveis pela agilidade e integrabilidade do fluxo da informação, constituindo-se, portanto, uma área fundamental para a garantia da comunicação segura e disponível na sociedade moderna, induzindo-os ao desenvolvimento generalizado. Pesquisas na formação de engenheiros nessa área fazem-se necessárias, pois o desenvolvimento tecnológico desses setores alcançou nesta última década um nível de complexidade extremamente elevado, apontando para novas formas de relações e comunicações que provocam fortemente uma melhoria da qualidade social, exigindo assim profissionais cada vez mais qualificados para as áreas de ensino, pesquisa e para o mercado de trabalho.

Conforme previsto em [199], o curso de ETI visa uma sólida e consistente formação profissional técnica e científica que habilite seus concludentes a absorverem e desenvolverem novas tecnologias. O documento de criação do curso [199] destaca ainda o estímulo aos seus profissionais para que sua atuação ocorra de forma crítica e criativa na identificação e resolução de problemas afins, considerando seus aspectos políticos, sócio-econômicos, ambientais e culturais, com visão ética e humanística em atendimento às necessidades da sociedade. Todos os demais detalhes e informações do projeto de criação do curso de ETI podem ser encontrado no Anexo E.

5.2 Caracterização do Tempo da Pesquisa

A coleta de dados desta pesquisa ocorreu durante dois anos. No primeiro ano da pesquisa (2012) foi aplicada uma enquete para avaliar a opinião dos estudantes sobre a efetividade do ensino, levando em consideração oito disciplinas (Anexo A), com suas respectivas ementas (Anexo B). As disciplinas analisadas pertencem ao primeiro ano do curso ETI, conforme pode ser observado na Estrutura Curricular

do Curso (Anexo B). No segundo ano (2013) foram coletados e organizados para análise, dados dos resultados de desempenho de aprendizagem desses mesmos estudantes em relação a essas disciplinas. Estes últimos dados foram extraídos do sistema de informação e comunicação acadêmico da instituição (Figura 5.1), chamado SIGAA (Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas). Todos os estudantes participantes dessa pesquisa e todos os dados coletados preservaram o anonimato dos sujeitos integrantes deste estudo.



Figura 5.1: Tela Inicial do Sistema SIGAA/UFPA

5.3 Caracterização dos Participantes

Os participantes desta pesquisa foram estudantes de duas turmas diurnas e outras duas turmas noturnas do 3º e 4º anos do curso de ETI que haviam concluído todas as disciplinas do primeiro ano, tendo tido acesso a assuntos fundamentais de disciplinas de áreas do conhecimento que formam a base matemática e científica da formação de futuros engenheiros. Eles foram convidados, voluntariamente, a contribuir com os dados da pesquisa, conforme Figuras 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, tanto com o objetivo de validar a efetividade do ensino [200] nas áreas avaliadas, como em ceder seus dados dos resultados obtidos na aprendizagem nessas mesmas áreas.

A taxa de participação da pesquisa foi acima de 95%, pois havia um total de

119 alunos que cursaram o 1º Ano da graduação em engenharia, dos quais 115 serão considerados nesta pesquisa e estavam regularmente matriculados nas turmas participantes deste estudo. Os estudantes responderam o questionário sobre o contexto de aprendizagem, assim como tiveram considerados seus resultados de desempenhos finais das primeiras disciplinas realizadas no semestre 1 do curso. Este experimento teve a aprovação de gestores da instituição na qual os dados foram coletados e se referiram a disciplinas realizadas pelos estudantes de engenharia no ano de 2011. A pesquisa de aplicação dos questionários ocorreu entre a última semana de abril de 2012 e a primeira quinzena de maio de 2012. Já os dados referentes aos desempenhos dos estudantes, apesar de existentes no período anterior, foram coletados somente entre janeiro e julho de 2013.



Figura 5.2: Turma I - Diurno



Figura 5.3: Turma II - Noturno



Figura 5.4: Turma III - Diurno



Figura 5.5: Turma IV - Noturno

5.4 Áreas do Conhecimento Analisadas

Para esta investigação foram considerados para a avaliação disciplinas que abordam conteúdos fundamentais (Anexo A) de áreas do conhecimento estudadas tipicamente por acadêmicos dentro da estrutura curricular do primeiro ano de um curso de graduação na área de engenharia em informática e telecomunicações. As disciplinas analisadas foram às seguintes: Física Fundamental para Engenharia (FF), Física Experimental para Engenharia (FE), Química Geral para a Engenharia (QG), Desenho para Engenharia (DE), Cálculo Fundamental (CF), Introdução à Álgebra (IA), Técnicas de Programação para a Engenharia (TP) e Projetos Lógicos Digitais (LD).

5.5 Etapas de Realização da Pesquisa

5.5.1 Momento I: Avaliação do Contexto de Aprendizagem (LC)

Para a avaliação do ambiente de aprendizagem, foi administrado o instrumento SEEQ (ver Anexo C) na forma de uma enquete avaliativa em todas as disciplinas que haviam sido cursadas pelos estudantes e que estavam relacionadas com as áreas citadas neste estudo.

Foram considerados os onze fatores do SEEQ relacionados à qualidade do processo de ensino e aprendizagem divididos em 35 assertivas de acordo com uma escala *Likert* de cinco pontos, a saber: discordo fortemente (1), discordo (2), indiferente (3), concordo (4) e por fim, concordo fortemente (5). Os fatores associados à percepção dos alunos considerados nesta pesquisa estão apresentados detalhadamente no Capítulo 3 (**Fator 1** (F1): Aprendizado, **Fator 2** (F2): Entusiasmo, **Fator 3** (F3): Organização, **Fator 4** (F4): Interação com o grupo, **Fator 5** (F5): Desenvolvimento individual, **Fator 6** (F6): Abordagem do conteúdo, **Fator 7** (F7): Exames/avaliações, **Fator 8** (F8): Atividades, **Fator 9** (F9): Curso no geral, **Fator 10** (F10): Professor no geral, **Fator 11** (F11): Outras características dos estudantes).

5.5.2 Momento II: Avaliação das Medidas de Aprendizagem (LO)

Para a avaliação das medidas de aprendizagem dos estudantes no Momento II desta pesquisa, levamos em consideração os resultados da aprendizagem obtidos em cada uma das áreas do conhecimento avaliada no Momento I com o SEEQ. A composição dessa segunda base de dados foi obtida a partir da coleta de dados extraídos do SIGAA, por meio dos atributos do Histórico Escolar (HE) de cada um dos estudantes participantes. Essa informação do HE é formada pela seguinte estrutura: a) Disciplinas, por meio dos assuntos e conteúdos ministrados para os estudantes pelos professores; b) Atributos individuais de cada um dos alunos, tais com o Sexo, Índice de Rendimento Acadêmico Individual do Estudante (IRA - Individual), Índice de Rendimento Acadêmico Geral do Estudante (IRA - Geral), esses índices são indicadores de avaliação calculados para avaliar o desempenho dos estudantes; c) Dados das disciplinas presentes na estrutura curricular do curso, em que serão considerados como atributos a carga horária e a quantidade de Créditos correspondente a cada disciplina; d) Dados da relação entre os Estudantes e as Áreas de Conhecimento em que serão considerados os seguintes atributos: Frequência obtida na disciplina; Nota final obtida como média final da disciplina; Situação, que corresponde à situação final obtida pelo estudante ao término da disciplina (Aprovado por Média, Aprovado, Trancado, Reprovado, Reprovado por Falta, Aproveitamento Interno ou Externo); e Matrícula, que corresponde ao número de vezes que o aluno foi matriculado e estudou determinado conteúdo ou área do conhecimento durante o curso. Neste estudo, iremos considerar quatro atributos na estrutura de dados que representam o HE, que são: Frequência (Freq.), Nota (Not.), Situação (Sit.) e Matrícula (Mat.). Na seção que se segue iremos detalhar melhor como está organizada essa estrutura de dados em matrizes e tensores para uma melhor compreensão desta pesquisa.

5.6 Organização dos Dados Coletados

Nesta seção, iremos apresentar a organização dos dados do questionário SEEQ e do Histórico Escolar (HE). Iniciaremos o texto com a estrutura organizacional na forma de tensor de ambos os dados dentro do arranjo tridimensional.

5.6.1 Organização Tensorial do SEEQ e HE

Os conjuntos de dados obtidos nesta pesquisa são multidimensionais (3D) (Figura 5.6) e são semelhantes a de um conjunto de dados da área de análise sensorial [201], campo de pesquisa, que se aplicam ferramentas de análise multidimensional a fim de extrair relações a partir das informações coletadas de avaliadores [73] e [52]. Os dados obtidos dos desempenhos dos estudantes (LO) foram organizados em um tensor com dimensões de 8 disciplinas \times 4 atributos de desempenho \times 115 alunos avaliados. Já os dados referentes à opinião dos estudantes sobre o seu contexto de aprendizagem (LC), constituíram um tensor organizado em 8 disciplinas \times 11 fatores de contexto \times 115 estudantes avaliadores.

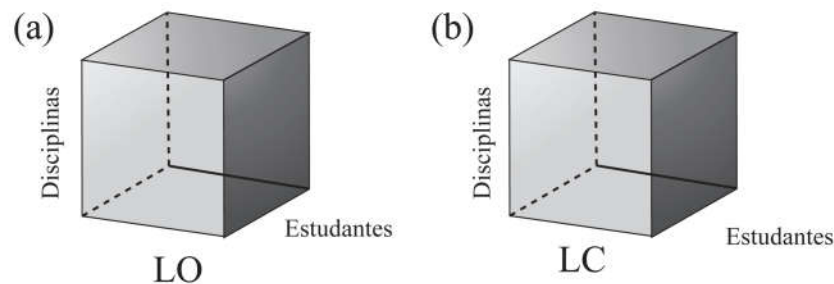


Figura 5.6: Arranjo de dados em forma de tensor: a) Resultados de Aprendizagem (LO) e b) Contexto de Aprendizagem (LC)

5.6.2 Organização Matricial do Histórico Escolar

Os valores referentes aos dados de LO foram obtidos a partir do histórico escolar (HE) coletados dos estudantes. Para aplicação do método PCA nesses dados foi realizada a transformação a partir de um tensor 3D para uma matriz 2D realizando uma média das respostas dos alunos (Figura 5.7). Para o tensor original de dados tridimensional foi implementada a decomposição PARAFAC a fim de se obter as relações existentes entre as variáveis de todas as suas dimensões.

A composição da base de dados obtida a partir da coleta de informações de LO do HE dos alunos é formada pela seguinte estrutura:

- **Dados das Disciplinas (Amostras):** Neste estudo, foram coletadas informações dos resultados da aprendizagem obtida pelos alunos nas disciplinas de 1. Física Fundamental para Engenharia, 2. Técnicas de Programação para a Engenharia, 3. Cálculo Fundamental, 4. Projetos Lógicos Digitais, 5.

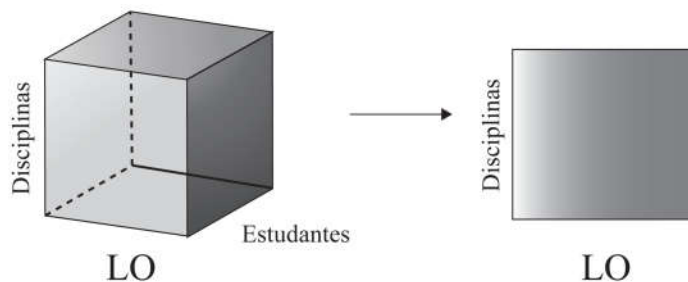


Figura 5.7: Organização dos dados do LO de 3D para 2D

Química Geral para a Engenharia, 6. Física Experimental para Engenharia, 7. Desenho para Engenharia e 8. Introdução à Álgebra.

- **Dados dos Alunos (Atributos):** Serão considerados como atributos dos alunos o **Sexo**, o **IRA Individual** e o **IRA Geral**.

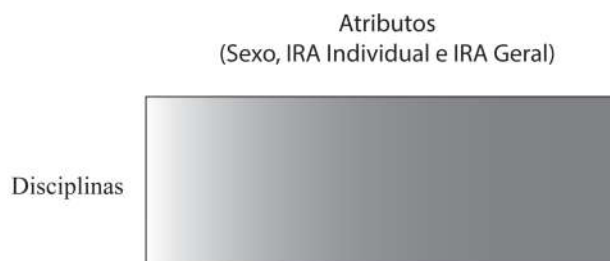


Figura 5.8: Representação pictórica da Matriz de Amostras (disciplinas) x Atributos (dos alunos)

- **Dados das Disciplinas (Atributos):** Serão considerados atributos a **Carga Horária** e a quantidade de **Créditos** correspondente a cada disciplina.
- **Dados da relação entre Alunos e Disciplinas (Atributos):** Serão considerados ainda os seguintes atributos que são correspondentes da relação entre Alunos e Disciplinas. **Frequência** obtida na disciplina; **Nota** final obtida como média final da disciplina; **Situação**, que corresponde à situação final obtida pelo aluno ao término da disciplina (Aprovado por Média, Aprovado, Trancado, Reprovado, Reprovado por Faltas, Aproveitamento Interno ou Externo); e **Matrícula**, que corresponde ao número de vezes que o aluno foi matriculado na disciplina.



Figura 5.9: Representação pictórica da Matriz de Amostras (disciplinas) x Atributos (de todas as disciplinas)



Figura 5.10: Representação pictórica da Matriz de Amostras (Disciplinas) x Atributos (Alunos x Disciplinas)

A matriz de dados geral obtida por meio dos dados do HE levando em consideração às amostras (disciplinas), atributos (dados e informações obtidas do HE) pode ser observada na Figura 5.11

Os dados obtidos do HE de cada estudante foram organizados em uma matriz de informações de dados multivariados e apresenta a disposição das informações de acordo com a Tabela 5.1.

Tabela 5.1: Exemplo da Matriz de Dados obtida do HE de um estudante de engenharia participante desta pesquisa - Amostras (Disciplinas - Componente Curricular) x Atributos (Dados do HE)

Componente Curricular	CH	Crédito	Freq.	Nota	Sit.	Mat.	Sexo	IRA - Ind.	IRA - Geral
Física Fundamental para Engenharia	128	8	100	6,2	1	1	1	2,0403	3,936
Técnicas de Programação Para Engenharia	128	8	84,38	8	1	2	1	2,0403	3,936
Cálculo Fundamental	160	10	100	6	1	1	1	2,0403	3,936
Projetos Lógicos Digitais	128	8	89,06	5	1	1	1	2,0403	3,936
Química Geral para Engenharia	96	6	95,83	3,8	2	1	1	2,0403	3,936
Física Experimental para Engenharia	32	2	100	7,6	3	1	1	2,0403	3,936
Desenho Para Engenharia	64	4	85,94	5,8	1	1	1	2,0403	3,936
Introdução à Álgebra	128	8	100	6,2	1	1	1	2,0403	3,936

Observa-se na Tabela 5.1 que alguns atributos foram dicotomizados a fim de

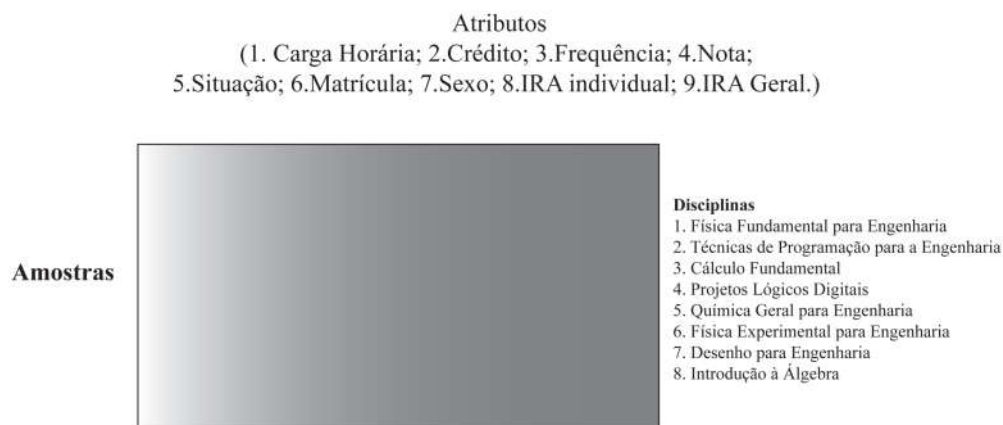


Figura 5.11: Representação pictórica da Matriz de Dados do HE - Amostras (Disciplinas - Componente Curricular) x Atributos (Dados do HE)

adequá-los para a composição de uma base de dados eminentemente numérica com o objetivo de compor uma estrutura, tanto matricial como tensorial, para aplicação dos métodos de análise multivariados multilineares propostos nesta pesquisa.

Na Tabela 5.2 observa-se que certos dados qualitativos receberam índices para facilitar o seu manuseio. Podemos tomar como exemplo, o caso do atributo Situação, que tem seus índices originais apresentados nessa tabela reescritos de forma a dar uma ideia de nível racional de tal forma a considerar quanto melhor a situação mais alta é a sua pontuação.

Tabela 5.2: Tabela de categorias dos Atributos de Situação e Sexo

Sexo	Tipo
Masculino	1
Feminino	2
Situação	Tipo
Aprovado por Média	8
Aprovado	7
Aproveitamento Externo	6
Aproveitamento Interno	5
Trancado	4
Reprovado por Nota	3
Reprovado por Falta	2
Matrícula	1

5.6.3 Organização Matricial do Questionário SEEQ

Os valores referentes aos dados do LC foram obtidos a partir da aplicação dos questionários SEEQ com estudantes. Da mesma forma que nos dados de LO, para a implementação do método PCA nesses dados, foi realizada a transformação a partir de um tensor 3D para uma matriz 2D realizando uma média das respostas dos alunos (Figura 5.12) nas assertivas.

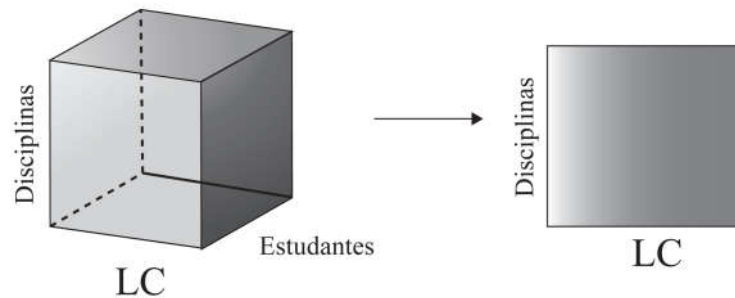


Figura 5.12: Organização dos dados dos LC de 3D para 2D

A matriz com as dimensões das disciplinas e os fatores do SEEQ foi obtida a partir da média das pontuações por estudante. De forma também equivalente aos dados de LO, para os dados 3D, foi desenvolvida a decomposição tensorial PARAFAC a fim de se obter as relações existentes entre as variáveis de todas as suas dimensões.

Nesta seção, realizamos uma caracterização dos sujeitos participantes desta pesquisa, assim como a organização e a estrutura dos dados que serão analisados neste trabalho. Realizamos uma breve reflexão sobre a avaliação e a formação de engenheiros no País, assim como apresentamos o curso de ETI em que esta pesquisa foi realizada. Por fim, caracterizamos todas as variáveis dos dados, assim como os dois momentos da pesquisa. No próximo capítulo, iremos realizar a análise e discussão dos resultados deste estudo a partir da aplicação das decomposições PCA e PARAFAC nos dados coletados, com o objetivo de modelar e obter indicadores dos dados das avaliações realizadas.

Análise e Discussão dos Resultados

Este capítulo está organizado destacadamente em três partes, em que serão apresentados os resultados e discussões da análise realizada nos dados coletados nesta pesquisa. Na primeira parte será realizada uma análise estatística descritiva dos dados verificando a relação entre os fatores do SEEQ e as disciplinas no contexto da análise do LC, assim como iremos descrever e quantificar os principais dados de LO que serão considerados para esse estudo, tais como: frequência, matrícula, nota e situação. Na segunda parte deste capítulo iremos analisar os resultados obtidos com a decomposição PCA, levando em consideração a validação dos dados, a análise da matriz de correlação, a seleção de componentes principais do modelo e os resultados da análise da modelagem do LC, do LO e uma comparação entre elas no contexto da decomposição matricial. Por fim, na terceira e última parte deste capítulo iremos analisar os resultados obtidos com a decomposição PARAFAC, apresentando a solução obtida após a estimação do número de componentes do modelo e da análise da modelagem do LC, assim como do LO, além de também realizarmos uma comparação entre ambas as partes para o caso da decomposição multilinear.

6.1 Análise Descritiva dos Dados

Para uma melhor compreensão do contexto desta pesquisa e a fim de obter subsídios para avaliar e interpretar os resultados que serão obtidos através da análise linear e multilinear dos dados (PCA e PARAFAC), nesta seção iremos apresentar um breve estudo quantitativo dos dados coletados. Na seção que se segue, iniciaremos realizando uma análise estatística descritiva da relação entre os onze fatores do SEEQ e as oito disciplinas em questão, que corresponde aos dados de LC. Em seguida, na segunda seção, iremos quantificar e descrever os dados de LO que foram convertidos de variáveis qualitativas para valores mensuráveis.

6.1.1 Análise dos Dados de LC

Nesta seção, realizaremos uma análise de cada uma das disciplinas e os valores de maior destaque dos fatores do SEEQ, levando em consideração a média e o desvio padrão dos dados organizados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1: Valores de Média e Desvio Padrão da relação entre Disciplinas e Fatores SEEQ

DISCIPLINAS	SEEQ	F1	F2	F3	F4	F5	MÉDIA (DESVIO PADRÃO)					F7	F8	F9	F10	F11
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11				
FF	3.87(0.11)	2.99(1.14)	3.44(1.23)	3.44(1.23)	2.89(1.05)	3.31(1.41)	2.78(1.45)	3.61(1.09)	3.87(1.04)	3.09(1.23)	2.45(1.89)	2.08(1.76)				
TP	4.23(0.87)	3.91(0.55)	3.57(0.79)	3.57(0.79)	3.85(0.77)	3.99(0.91)	3.69(0.97)	3.94(1.23)	4.54(1.88)	4.14(1.98)	4.98(0.54)	3.86(0.75)				
CF	3.89(0.35)	1.40(0.90)	2.98(1.15)	1.68(1.12)	1.68(1.12)	2.82(1.23)	2.47(1.38)	4.11(1.76)	3.98(1.32)	3.76(1.46)	2.45(1.98)	3.32(1.34)				
LD	4.91(0.69)	4.12(0.59)	4.11(0.80)	4.06(0.59)	4.06(0.59)	4.23(0.91)	4.23(1.09)	4.45(0.76)	4.32(1.98)	3.98(1.90)	3.87(1.34)	2.89(0.82)				
QG	1.67(1.23)	2.63(1.21)	3.21(0.89)	1.80(1.09)	1.80(1.09)	2.87(1.23)	1.90(1.11)	3.12(1.90)	3.76(1.54)	3.34(1.23)	2.23(1.09)	4.42(1.45)				
FE	3.98(1.11)	3.06(1.13)	4.48(1.13)	3.07(0.08)	2.98(1.41)	2.78(1.41)	3.54(1.67)	3.09(1.78)	3.09(1.78)	2.66(1.56)	2.90(1.23)	2.90(0.98)				
DE	2.01(1.29)	3.12(1.37)	3.25(1.40)	3.11(1.18)	3.63(1.26)	2.81(1.33)	3.98(1.84)	2.45(1.09)	2.45(1.09)	2.49(1.83)	2.13(1.87)	2.03(1.35)				
IA	3.59(1.19)	2.59(1.18)	2.78(1.31)	2.88(1.07)	2.86(1.41)	3.36(1.41)	2.89(1.42)	3.96(1.12)	3.96(1.12)	3.54(1.90)	2.76(1.10)	2.30(1.61)				

Na disciplina FF, identificamos valores de destaque nos fatores F1, F7 e F8, o que significa que, na opinião dos estudantes, a disciplina foi intelectualmente desafiadora, gerando um maior interesse pelos conteúdos e uma compreensão satisfatória do assunto abordado. Além disso, foi identificada a disponibilidade do professor para a correção das avaliações e atividades, estando essas atividades justas e apropriadas ao conteúdo programático, assim como os materiais usados nos testes. A percepção dos estudantes permite ainda destacar que materiais, leituras e trabalhos realizados em casa contribuíram para uma melhor compreensão do assunto abordado. Alguns fatores não obtiveram desempenhos tão satisfatórios quanto os mencionados anteriormente e merecem destaque na análise. Os fatores F2, F4, F6 e F10 tiveram média inferior a 3, indicando que os alunos não concordaram plenamente com as assertivas desses fatores. Nesse sentido, podemos destacar que todos esses fatores, que não foram bem avaliados, estão relacionados à atuação do professor em sala de aula. Dessa forma, pode-se observar que o professor não mostra entusiasmo na apresentação do conteúdo, não encoraja os alunos a interagir durante as aulas, não relaciona o conteúdo com situações do cotidiano e, no geral, o professor foi classificado entre Ruim-Médio.

Em relação à disciplina TP, os fatores com os maiores valores obtidos correspondem ao F1, F8, F9 e F10. Desse modo, além dessa disciplina também ser estimulante e desafiadora como a anterior, ela também é percebida pelos discentes como sendo muito boa no aspecto geral, tanto em relação ao seu assunto, quanto em relação às características do professor comparado aos demais, sendo este classificado como Excelente pela maioria dos estudantes. Outra característica que também se destacou, refere-se ao fato das leituras, textos e conteúdos corroborarem para o melhor entendimento do conteúdo. Nenhum fator se destacou negativamente nessa disciplina, entretanto, os fatores F9 e F11 elevados, indicam que a disciplina é difícil, quando comparada às demais, e suas atividades exigem uma carga de trabalho bem elevada.

Na disciplina de CF, apenas o fator F7 apresenta um valor significativamente alto (> 4), indicando que, na opinião dos estudantes, os métodos de avaliação realizados pelo professor foram justos e estão de acordo com o conteúdo abordado em sala de aula. Destacamos ainda que, nesse caso, F2 e F4 apresentaram os menores valores dos fatores SEEQ nessa disciplina, o que representa que o docente é pouco entusiasmado e dinâmico na condução do conteúdo, não conseguindo envolver os estudantes no ensino do conteúdo. Além disso, ele pode não encorajar os estudantes a interagirem com participação e exposição de idéias em sala de aula. Em geral, todos os fatores foram bem avaliados na disciplina LD, dentre eles se destacam os fatores de 1 a 8. Isso indica que a percepção dos estudantes em relação ao docente nos itens aprendizado, entusiasmo, organização, interação com o grupo,

abordagem do conteúdo, nível das avaliações, assim como a contribuição efetiva das leituras recomendadas, foram adequadas e bem aceitas. Vale ressaltar o aspecto prático dessa disciplina, sendo necessário a elaboração e apresentação de um projeto ao final da disciplina, conforme pode ser observado no Anexo A.

Para a disciplina QG, apenas o fator F11 apresenta valor significativo. Todos os fatores SEEQ foram mensurados com valores abaixo da média geral, em destaque para F1, F4 e F6. O décimo primeiro fator elevado indica que essa disciplina foi considerada a de maior dificuldade em relação às demais tanto em relação ao seu ritmo como em relação aos trabalhos realizados extraclasse. Os baixos valores obtidos nos demais fatores, sinalizam que além da percepção do baixo nível de aprendizado e da pouca interação do professor com os alunos, não havia relação significativa entre as implicações do conteúdo com as teorias abordadas e nem eram citadas pesquisas e estudos recentes na área para estimular, ou até mesmo contextualizar os discentes com o assunto abordado.

Na FE, identificamos que apenas os fatores F1 e F3 se destacam em relação aos demais, sendo o primeiro ligado ao aprendizado efetivo dos alunos acerca do conteúdo da disciplina, e o segundo está relacionado com a boa organização da disciplina. Vale ressaltar que como se trata de uma disciplina de laboratório, e segue à risca os roteiros das práticas experimentais, seria incoerente se esse fator tivesse um baixo escore tendo em vista que ela apresenta elementos de organização e preparo que cuidadosamente foram repassados pelo professor e que foram identificados na percepção dos estudantes (ver Anexo A).

Na disciplina DE, os fatores de F1 e F11 foram avaliados de forma negativa pelos estudantes. Esse resultado indica que, ao longo da disciplina, os alunos não conseguiram aprender o conteúdo ministrado e inclusive acharam a disciplina fácil e com uma baixa carga de trabalho. Vale destacar, que o fator F7 teve a maior média quando comparado aos demais fatores avaliados da disciplina, o que indica que o estudante reconhece a competência do professor em corrigir as avaliações propostas, e ao mesmo tempo confirma que o professor é capaz de rever seus critérios de avaliação.

Por fim, na disciplina de IA, novamente o fator F1, relacionado ao aprendizado se apresentou relevante, assim como o fator F8 e F9, estando estes últimos relacionados com a boa seleção de atividades que condizem com o conteúdo programático da disciplina e a dificuldade da disciplina quando comparada às demais. Desse modo, podemos concluir que as atividades dessa disciplina requereram leituras e textos disponibilizados pelo professor, e que as atividades e o material que os estudantes eram orientados para estudar em casa contribuíram de forma efetiva para a compreensão do conteúdo na opinião deles.

A análise dos resultados obtidos do LC, a partir dos dados da Tabela 6.1, destacam os principais fatores SEEQ em evidência para as disciplinas em questão, tanto de forma positiva quanto de forma negativa, e salienta características e elementos que serão úteis em nosso estudo. Ela será posteriormente confrontada com os resultados das decomposições matriciais e tensoriais dos dados, realizadas nas próximas seções deste capítulo, originando conclusões e contribuições importantes deste estudo.

6.1.2 Análise dos Dados de LO

Nesta seção, faremos uma breve descrição e caracterização dos dados de LO, levando em consideração as variáveis que serão exploradas neste estudo, tais como: *frequência*, *matrícula*, *nota* e *situação*.

6.1.2.1 Frequência

Tomando os dados obtidos no histórico escolar dos estudantes, consideraremos neste estudo um intervalo para realizar a classificação de frequência em que será considerada: alta frequência (AFr), quando o valor dessa variável no HE for igual ou superior a 95%, média frequência (MFr), valores que estão no intervalo entre 85% a 95%, baixa frequência (BFr) os valores de intervalo entre 55% e 85% e por fim serão considerados de baixíssima frequência (BFrs) os estudantes que obtiverem valores cujas frequências estão abaixo de 55%. Após a coleta de dados realizada para este estudo, identificamos também vários campos faltosos nesta variável e iremos considerar neste trabalho esses casos com a sigla NaN, que significa: Não é um Número (do inglês, *Not a Number*).

Na Tabela 6.2 podemos verificar que 48% das frequências são consideradas do tipo AFr, enquanto 26% são do tipo MFr e apenas 7% são BFr. O percentual do número de alunos BFr é de apenas 2% e os demais 17% dos dados estavam ausentes da base de dados, o que não permitiu sua classificação nessas quatro categorias anteriores.

Quando consideramos as disciplinas, podemos perceber que as áreas do conhecimento de FE, FF, CF e DE apresentam as maiores quantidades de discentes com AFr. Em relação aos valores de MFr, destacam-se as disciplinas de LD, IA, QG e TP, respectivamente. Já nos valores de BFr, verificamos um percentual significativo em relação aos demais somente nas áreas de QG, TP e IA, embora não representem significância em relação ao todo.

Em relação à situação de baixíssima frequência (BFrs), o maior percentual está concentrado na disciplina de QG, embora também não seja significativo em relação

Tabela 6.2: Dados da distribuição das frequências dos alunos

DISCIPLINAS Componente Curricular	A Fr	M Fr	B Fr	B Fr <i>s</i>	NaN
GERAL (%)	443 (48%)	242 (26%)	68 (7%)	15 (2%)	152 (17%)
FF	89	7	0	0	19
TP	43	39	16	4	13
CF	65	27	3	0	20
LD	45	52	5	1	12
QG	25	32	21	7	30
FE	90	7	0	0	18
DE	53	21	9	2	30
IA	33	57	14	1	10

aos demais valores dessa mesma disciplina.

6.1.2.2 Matrícula

Para interpretarmos a variável matrícula, foi identificado que dentre todos os estudantes participantes desta pesquisa o número de vezes em que os mesmos realizam a matrícula em uma das oitos disciplinas variou entre um a quatro. Desse modo, as seguintes categorias foram consideradas para esta análise: a) Primeira (1): ocorreu a matrícula apenas uma vez no HE do estudante naquela disciplina; b) Segunda (2): ocorreu duas vezes; c) Terceira (3): ocorreu três vezes e por fim d) Quarta (4): acontece quatro vezes. Há ainda o caso em que essa variável não apresenta valor numérico nesse campo do HE. Assim, como na variável FREQUÊNCIA, analisada na seção anterior, iremos tratar dessa variável como NaN, ou seja, não é um valor numérico e, portanto, não será considerado.

Do valor total dos dados obtidos na Tabela 6.3, 83% indicam que, em geral, os estudantes realizam apenas uma vez a matrícula para cursar uma das oito disciplinas, enquanto 9% realizaram duas vezes e apenas 3% realizaram três vezes. Para o caso em que a matrícula ocorreu pela quarta vez, esse percentual chega a apenas 1% e os outros 4% dos dados restantes está na condição dos dados tidos como faltosos ou não identificados como quantificáveis.

Os dados da Tabela 6.3 informam ainda que as disciplinas FF, FE e CF foram as que apresentaram um elevado número de alunos realizarem suas matrículas apenas uma única vez. Por outro lado, quando verificamos os casos em que ocorre um

Tabela 6.3: Dados da distribuição do número de vezes em que o estudante se matriculou em uma das disciplinas

DISCIPLINAS Componente Curricular	1	2	3	4	NaN
GERAL (%)	759 (83%)	98 (9%)	23 (3%)	5 (1%)	35 (4%)
FF	107	5	1	1	1
TP	91	16	3	1	4
CF	102	9	3	0	1
LD	87	19	3	1	5
QG	62	44	8	0	1
FE	107	5	1	1	1
DE	88	4	3	1	19
IA	98	13	1	0	3

significativo número de discentes que realizaram duas vezes sua matrícula em uma mesma disciplina, constata-se que isso ocorre nas disciplinas de LD, TP, QG e IA. Levando em consideração o caso em que os estudantes realizaram mais de três vezes uma matrícula em uma mesma disciplina, verifica-se que embora o valor não seja significativo, isso ocorre na QG.

É importante ressaltar que as disciplinas LD e TP foram muito bem avaliadas pelos alunos, conforme a Seção 6.1.1; entretanto, ambas as disciplinas apresentaram uma alta carga de trabalho e dificuldade, o que pode ter influenciado diretamente essa alta taxa de matrícula.

6.1.2.3 Nota

Para a variável NOTA, iremos também considerar uma categoria de classificação para esse estudo. Tomaremos como notas altas (NA), quando os valores obtidos forem iguais ou superiores a nove ($9 \leq \text{Alta}$). Para valores menores do que nove e maiores ou iguais do que sete ($7 \leq \text{Média} < 9$), consideraremos notas do tipo médias (NM) e por fim, para valores menores do que sete e maiores ou iguais a quatro ($4 \leq \text{AF} < 7$), consideraremos o aluno em estado de avaliação final (AF), ou seja, passível de realizar uma avaliação de recuperação. Para os casos em que a nota identificada no HE for menor do que quatro o aluno será considerado reprovado (REP).

Na Tabela 6.4, permite-se identificar que a maior parte das notas está na faixa de NM, com 43% do total. Em seguida, destacam-se os resultados de AF (26%) e

Tabela 6.4: Dados da distribuição dos tipos de notas obtidos pelos estudantes

DISCIPLINAS Componente Curricular	NA	NM	AF	REP	NaN
GERAL (%)	171 (19%)	397 (43%)	236 (26%)	50 (5%)	66 (7%)
FF	33	40	38	1	3
TP	40	50	8	8	9
CF	13	53	48	0	1
LD	13	66	30	1	5
QG	2	34	37	29	13
FE	12	60	34	4	5
DE	44	36	7	4	24
IA	14	58	34	3	6

em terceira posição, na seqüência, as NA com um percentual de 19%. Outros 5% correspondem a notas na categoria de reprovados por nota (REP) e, por fim, 7% do total não foram categorizadas em qualquer dos três tipos anteriores por não serem possíveis de quantificação. Quando observamos as disciplinas com o maior número de NA, verifica-se destaque nas disciplinas de TP e DE. Entretanto, nessa mesma categoria a QG apresentou o menor valor. Observando a categoria NM o maior valor obtido está nas disciplinas LD, FE e IA. Por conseguinte, na categoria AF, os valores de maior destaque estão em CF, FF e QG e na última categoria que representa a reprovação por nota (REP), concentra-se um valor relativamente maior do que as demais disciplinas, destacadamente para a QG.

Pode-se então inferir que os resultados obtidos através da análise da Tabela 6.1 é real e condiz plenamente com a realidade. Os fatores F9 e F11 refletem diretamente as notas obtidas pelos alunos, sendo destacada a disciplina QG como sendo extremamente difícil.

6.1.2.4 Situação

Na última variável do LO do HE que iremos considerar, existem oito tipos de categorias, em relação à situação final do estudante ao final de uma disciplina, que serão consideradas nessa pesquisa de acordo com a Tabela 5.2 do capítulo anterior, a saber: a) Categoria 8: Aprovado por Média, b) Categoria 7: Aprovado, c) Categoria 6: Aproveitamento Externo, d) Categoria 5: Aproveitamento Interno, e) Categoria 4: Trancado, f) Categoria 3: Reprovado por Nota, g) Categoria 2: Reprovado por Falta, h) Categoria 1: Ainda Matriculado.

Tabela 6.5: Dados da distribuição dos tipos de situações obtidas pelos estudantes

DISCIPLINAS	8	7	6	5	4	3	2	1	NaN
Componente Curricular	54%	24%	1,5%	2,1%	2,7%	6,5%	3,4%	1%	3,8%
GERAL	502	222	14	20	25	60	32	10	35
FF	64	32	0	5	1	11	1	0	1
TP	76	18	2	1	5	3	6	0	4
CF	53	42	0	5	0	14	0	0	1
LD	72	30	1	3	0	4	0	0	5
QG	28	30	7	3	9	11	20	6	1
FE	64	31	1	1	2	10	2	3	1
DE	75	7	2	1	5	4	1	1	19
IA	70	32	1	1	3	3	2	0	3

De acordo com a Tabela 6.5, a Categoria 8, que corresponde ao fato de os estudantes chegarem ao final da disciplina aprovados por média, ou seja, com nota igual ou superior a sete, apresentou 54%. Já outros 24% estão na Categoria 7, que indica que a situação de aprovado, estando com suas notas no intervalo de valores menor do que sete e maior ou igual a cinco, de acordo com os critérios estabelecidos pela UFC no HE do SIGAA. Aproximadamente 6,5% dos dados estão na Categoria 3 e representa a situação em que os alunos terminaram reprovados por nota e outros 3,4% pertencem à Categoria 2, correspondendo à reprovação por falta. Ainda em relação aos dados avaliados, 2,7% estão na categoria de trancado (4) e 2,1% na situação de aproveitamento interno (Categoria 5). Por fim, apenas 1,5% está na categoria de aproveitamento externo (6) e outros 1% dos estudantes ainda estavam matriculados em uma das disciplinas. Por fim, houve cerca de 3,8% de dados ausentes.

Quando observamos os dados levando em consideração as quatro categorias de maior destaque, que são 8, 7, 3 e 2, podemos perceber que: i) as disciplinas com o maior número de discentes aprovados por média foram TP, DE, LD e IA, e a de menor quantidade foi QG; ii) partindo da mesma análise, no contexto da situação de aprovada (7), temos as disciplinas CF, FF e IA; iii) quando levamos em consideração a Categoria 3 (reprovado por nota), as maiores quantidades de estudantes nessa situação estão em CF, QG e FF; e por fim, iv) na Categoria 2, que representa a reprovação por falta, a maior concentração está presente em QG.

Os dados apresentados na Tabela 6.5 corroboram com os dados mostrados na Tabela 6.4, tendo em vista que as notas obtidas nas disciplinas estão diretamente relacionadas com a situação final do aluno.

6.2 Análise Linear e Multilinear

6.2.1 Análise da Decomposição PCA

Nesta seção, analisaremos a matriz de Correlação com os resultados obtidos do SEEQ (LC) e do HE (LO). Será realizada ainda uma análise dos resultados após a aplicação da técnica de processamento de informação (PCA) através das equações características discutidas nas primeiras seções do Capítulo 2.

6.2.1.1 Validação dos Resultados

Conforme apresentado na Seção 2.1.3.3, para validação do uso da análise de componentes principais (PCA) na matriz de dados (Tabela 6.1), foram realizados os testes de Esfericidade de Bartlett (EB) e a medida de adequação da Amostra de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) [16]. O teste KMO examina o ajuste dos dados tomando todas as variáveis simultaneamente e provê uma informação sintética sobre os dados indicando a proporção da variância dos dados que pode ser considerada comum a todas as variáveis. Dessa forma, quanto mais próximo de 1 (unidade) melhor o resultado. Já o teste de esfericidade de Bartlett, testa a hipótese de que a matriz de correlação é uma matriz identidade, isto é, que não há correlação entre as variáveis [36].

Tabela 6.6: Testes de Validação do PCA

TESTE	SEEQ/SET	HE
Adequação da Amostra - KMO	0,734	0,866
Esfericidade de Bartlett	396,877	401,645

Os valores obtidos pelos testes, neste estudo, sugerem que o uso do PCA é apropriado para analisar a matriz de correlação referente às disciplinas avaliadas (SEEQ) e estudadas (HE) pelos alunos, permitindo, assim, a efetiva utilização do método. Na Tabela 6.6, são apresentados os valores dos testes, onde destacamos os valores $KMO > 0,5$ e Bartlett com rejeição de hipótese nula. Com a aplicação dos testes, constatou-se que tanto os dados obtidos com o SEEQ quanto os do HE são adequados à análise.

Tabela 6.7: Matriz de Correlação dos Dados do SEEQ

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
F1	1,000	0,707	0,587	0,819	0,555	0,713	0,583	0,840	0,758	0,784	0,413
F2	0,707	1,000	0,948	0,962	0,934	0,885	0,871	0,642	0,379	0,882	0,148
F3	0,587	0,948	1,000	0,853	0,841	0,743	0,814	0,562	0,253	0,818	0,108
F4	0,819	0,962	0,853	1,000	0,891	0,950	0,817	0,753	0,555	0,930	0,299
F5	0,555	0,934	0,841	0,891	1,000	0,868	0,944	0,542	0,307	0,796	0,063
F6	0,713	0,885	0,743	0,950	0,868	1,000	0,763	0,754	0,551	0,889	0,315
F7	0,583	0,871	0,814	0,817	0,944	0,763	1,000	0,523	0,269	0,707	0,048
F8	0,840	0,642	0,562	0,753	0,542	0,754	0,523	1,000	0,912	0,883	0,715
F9	0,758	0,379	0,253	0,555	0,307	0,551	0,269	0,912	1,000	0,732	0,865
F10	0,784	0,882	0,818	0,930	0,796	0,889	0,707	0,883	0,732	1,000	0,590
F11	0,413	0,148	0,108	0,299	0,063	0,315	0,048	0,715	0,865	0,590	1,000

6.2.1.2 Análise da Matriz de Correlação

A matriz de correlação, através dos coeficientes de correlação, nos permite verificar a relação entre dois atributos dos dados. Os valores estão em um intervalo $I = [-1, 1]$, sendo que os valores próximos de 1 indicam uma alta relação direta e um relacionamento próximo de -1 significa o oposto [16].

1) **Coefficientes de correção dos fatores do SEEQ:** Por meio da Tabela 6.7, foram obtidos os resultados dos coeficientes de correlação presentes nos onze fatores que caracterizam a percepção dos estudantes sobre o ambiente de aprendizagem (LC).

O fator “entusiasmo” (F2) tem uma alta correlação com a pontuação dos fatores “organização” (F3), “relações individuais” (F5) e “interação com o grupo” (F4). Esses fatores estão relacionados com o comportamento do professor para com os alunos. Outros fatores que demonstram uma relação de um para o outro são abordagens do conteúdo (F6) e da “interação com o grupo” (F4), o que caracteriza uma tendência aos professores em apresentarem aspectos teóricos nas disciplinas, mais por meio de exemplos práticos relacionados com assuntos e temas reais, e incentivando a participação dos estudantes. O fator “relações individuais” (F5) se correlaciona com o fator “exames” (F7), de modo que na opinião dos estudantes, há professores que se preocupam com os alunos e demonstram interesse genuíno em ajudá-los, além de também darem um bom *feedback* sobre o resultado das avaliações e de aplicá-las adequadamente de acordo com o nível do conteúdo ensinado.

Os fatores de maior destaque nesta pesquisa são a “análise global da disciplina” (F9) e a “análise global do professor” (F10). Para um estudante de engenharia é

muito importante que a metodologia de ensino incentive a prática de resolução de problemas, promovendo um aprendizado no estudante para além do que o professor pede e é uma habilidade fundamental para os engenheiros [4]. Assim, “análise global da disciplina” (F9) tem também uma relação alta com o fator “atribuições dos alunos” (F8), o que significa que um bom curso é o que conduz o aluno a fazer leituras e atividades que contribuam para aumentar o tempo de estudo fora da sala de aula. Já a “análise global do professor” (F10) tem uma relação de correlação elevada com a “interação de grupo” (F4), porque quando o professor é muito bem aceito pela turma em relação aos outros docentes, ele incentiva os alunos a participarem e a expressarem suas ideias em sala de aula com maior frequência.

2) **Coefficientes de correção dos atributos do HE:** Através da Tabela 6.8, foram identificados as correlações dos atributos selecionados ao HE dos alunos e que representam os LO considerados nesta pesquisa.

Tabela 6.8: Matriz de Correlação dos Dados do HE

	Freq.	Not.	Sit.	Mat.
Freq.	1	0.49	0.59	-0.43
Not.	0.49	1	0.93	-0.22
Sit.	0.59	0.93	1	-0.34
Mat.	-0.43	-0.22	-0.34	1

Por meio destes resultados, podemos observar que o maior grau de correlação encontra-se entre os atributos de Situação (Sit) e Notas (Not). Esse resultado corrobora o significado do atributo Sit, pois a situação do aluno é uma variável qualitativa atribuída a determinadas faixas de Not, expressando quantitativamente o resultado final do desempenho do estudante. Observa-se ainda, na Tabela 6.8, que a correlação entre a nota e a frequência não é alta, significando que os eventos “frequência alta implica nota alta” e ainda o evento “frequência baixa implica nota baixa”, não apresentam graus de surgimento e relação equivocadamente esperados.

6.2.1.3 Seleção de Componentes Principais

Diversos critérios podem ser utilizados para se determinar quantos componentes principais devem ser analisadas pelo modelo PCA [16]. Para que possamos definir o número de componentes principais que serão utilizados neste trabalho, iremos considerar também o percentual da variância total explicada por cada componente associado ao seu respectivo autovalor. As tabelas que se seguem mostram os

valores dos autovalores e suas correspondentes variâncias explicadas, tanto a de cada autovalor como a acumulada [36].

Tabela 6.9: Variância Explicada dos Dados do SEEQ

CP	AUTOVALOR (λ)	VARIÂNCIA %	VARIÂNCIA ACUMULADA %
1	7,859	71,449	71,449
2	2,152	19,563	91,012
3	0,411	3,735	94,747
4	0,273	2,503	97,25
5	0,203	1,99	99,24
6	0,083	0,339	99,579
7	0,016	0,149	99,728
8	0,011	0,09	99,818
9	0,08	0,13	99,948
10	0,01	0,009	99,957
11	$4,3 \times 10^{-16}$	$3,0 \times 10^{-16}$	100

Tabela 6.10: Variância Explicada dos Dados do HE

CP	AUTOVALOR (λ)	VARIÂNCIA %	VARIÂNCIA ACUMULADA %
1	2,334	58,13	58,13
2	1,398	34,68	92,81
3	0,239	5,85	98,66
4	0,086	2,06	100

Observamos na Tabela 6.9 e 6.10 que os dois primeiros componentes representam um percentual aproximado de 91% e de 92% respectivamente, dos dados originais.

No intuito de confirmar a fundamentação para a escolha dos componentes que serão objetos de análise, aplicamos o Teste *Scree* [16] sobre o qual obtemos as Figuras 6.1 e 6.2. Esse gráfico ilustra como a variabilidade dos dados está distribuída entre os eixos de ordenação, permitindo identificar o número de eixos mais significativos. Conforme resultados obtidos, nota-se que a taxa de variação dos autovalores em relação ao número de componentes decresce abruptamente em um determinado ponto do gráfico. Na Figura 6.1, esse decaimento ocorre até o componente dois, no qual a partir desse ponto, a curva torna-se praticamente horizontal, ou seja, o acréscimo de componentes na análise representa um incremento relativamente

pequeno em termos da representatividade dos autovalores. No gráfico da Figura 6.2, o decaimento abrupto também ocorre até o componente dois.

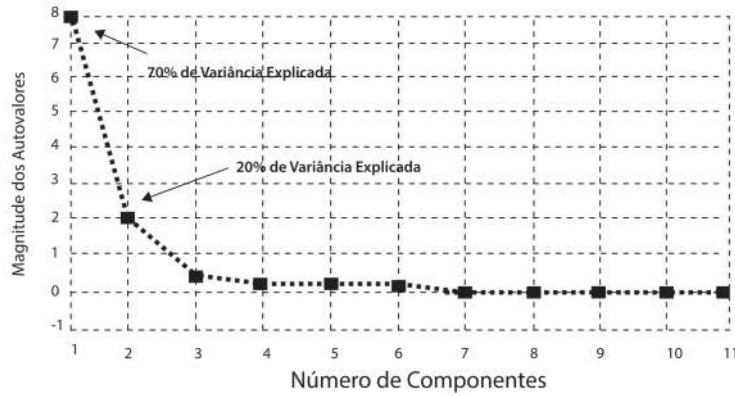


Figura 6.1: Gráfico *Scree* referente aos Dados do SEEQ

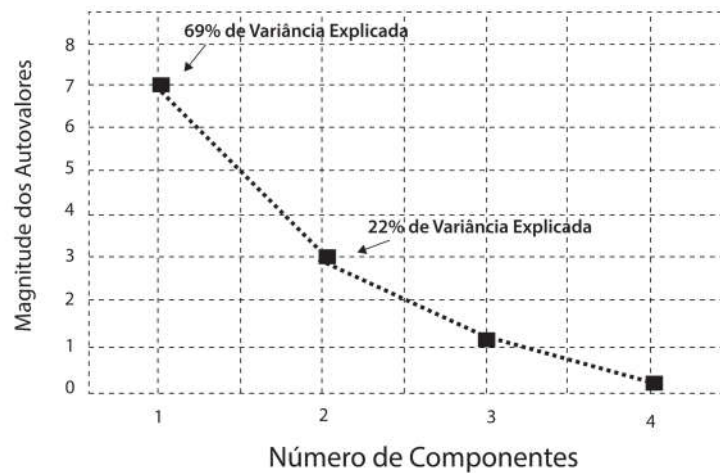


Figura 6.2: Gráfico *Scree* referente aos Dados do HE

Considerando ainda o critério de Kaiser, de acordo com [16], devemos utilizar apenas os componentes principais com autovalores associados maiores do que um, o que também valida a escolha dos dois primeiros componentes em ambas as bases de dados.

Portanto, podemos concluir que se considerarmos os dados iniciais do SEEQ, eles demandam um total de onze componentes principais, relativas a cada fator avaliado do instrumento SEEQ; após a aplicação do método PCA, podemos reduzir para dois componentes, que representam uma variância explicada de 91% dos dados

originais. Já em relação aos dados do HE, reduzimos o número de componentes também de quatro para dois, os quais representam 92,63% da variância explicada dos dados.

6.2.1.4 Análise da Modelagem do LC

1) Análise das Disciplinas: Através de (6.1) obtida por meio da decomposição apresentado na Seção 2.1.4, observamos que as áreas do conhecimento referentes a TP e LD possuem maiores pesos para componente \mathbf{a}_1 quando são comparadas às demais disciplinas. Para as demais disciplinas, os valores se mantiveram com o mesmo valor médio em seus pesos.

$$\begin{aligned} \mathbf{a}_1 = & 9,90 \cdot \mathbf{x}_{FF} + 12,67 \cdot \mathbf{x}_{TP} + 9,76 \cdot \mathbf{x}_{CF} + 13,13 \cdot \mathbf{x}_{LD} + 9,25 \cdot \mathbf{x}_{QG} + \\ & + 9,70 \cdot \mathbf{x}_{FE} + 9,52 \cdot \mathbf{x}_{DE} + 9,60 \cdot \mathbf{x}_{IA} \end{aligned} \quad (6.1)$$

Tal característica não é observada no componente \mathbf{a}_2 , em (6.2), onde é verificado valores elevados de destaque nas áreas FF, CF e GQ em relação às demais. Observamos ainda que as disciplinas TP, DE e IA apresentaram valores de cargas aproximados, enquanto FE e destacadamente LD tiveram valores de carga menores,

$$\begin{aligned} \mathbf{a}_2 = & 1,12 \cdot \mathbf{x}_{FF} + 0,76 \cdot \mathbf{x}_{TP} + 1,78 \cdot \mathbf{x}_{CF} + 0,095 \cdot \mathbf{x}_{LD} + 1,52 \cdot \mathbf{x}_{QG} + \\ & + 0,31 \cdot \mathbf{x}_{FE} + 0,84 \cdot \mathbf{x}_{DE} + 0,80 \cdot \mathbf{x}_{IA} \end{aligned} \quad (6.2)$$

Pode-se destacar então que o componente \mathbf{a}_1 está relacionado à avaliação dos critérios elencados pelo instrumento SEEQ, tendo em vista que LD e TP foram as duas disciplinas mais ligadas à área tecnológica e que mais influenciam esse componente, assim como foram melhor avaliadas, quando comparadas às demais (Tabela 6.1). Assim, podemos classificar o componente \mathbf{a}_1 como sendo um indicador de Qualidade de Ensino, ou seja, as disciplinas mais bem avaliadas se destacam nesse componente.

Em relação o componente \mathbf{a}_2 , tal inferência não pode ser atribuída. Entretanto, destacam-se nesse componente as áreas do conhecimento relacionadas a conceitos mais teóricos e científicos de estudo. Como as disciplinas QG, FF e CF obtiveram os maiores fatores de carregamento, esse componente pode ser classificado de acordo com algum aspecto em comum dessas disciplinas. Nesse caso, conforme observado na análise da Tabela 6.1, duas das três disciplinas apresentaram o fator avaliação como um aspecto em comum dentre elas. Dessa forma, o componente \mathbf{a}_2

pode ser classificado como um indicador de Procedimentos Avaliativos.

2) Análise dos Fatores do SEEQ: Analisando os Fatores do SEEQ, observamos que em (6.3) não houve discrepância significativa dentre a maioria dos fatores de carregamento gerados pelo resultado da decomposição do modelo PCA, com exceção dos fatores F2 e F6. Desse modo, podemos concluir que essa componente indica que docentes com entusiasmo e dinamicidade em ministrar um conteúdo apresentam ideias e concepções originais em sala de aula, explorando seus próprios pontos de vista e comentando pesquisas e resultados de estudos durante suas aulas. Outra conclusão importante obtida por meio desse resultado refere-se ao fato de que essa proximidade de valores dos fatores de carregamento da equação revela que todos os fatores SEEQ influenciam de modo equilibrado o componente \mathbf{b}_1 .

$$\begin{aligned} \mathbf{b}_1 = & 0,43 \cdot \mathbf{x}_{F1} + 1,36 \cdot \mathbf{x}_{F2} + 0,27 \cdot \mathbf{x}_{F3} + 0,31 \cdot \mathbf{x}_{F4} + 0,25 \cdot \mathbf{x}_{F5} + \\ & + 1,21 \cdot \mathbf{x}_{F6} + 0,21 \cdot \mathbf{x}_{F7} + 0,28 \cdot \mathbf{x}_{F8} + 0,28 \cdot \mathbf{x}_{F9} + 0,33 \cdot \mathbf{x}_{F10} + \\ & + 0,13 \cdot \mathbf{x}_{F11} \end{aligned} \quad (6.3)$$

Em relação à (6.4), percebemos a mesma situação de (6.3), onde observa-se que todos os fatores SEEQ apresentam os valores dos fatores de carregamento muito próximos, tendo um destaque levemente acentuado para o fator F9, que corresponde à opinião geral dos alunos sobre uma determinada disciplina do curso em relação às demais e para o fator F11 que trata do nível de dificuldades da disciplina, quantidade de trabalhos extra classe e o ritmo, em relação às demais. Desse modo, podemos concluir que as atividades avaliativas e a própria dificuldade do aprendizado em uma disciplina são fatores de forte influência na percepção do aluno como um todo.

$$\begin{aligned} \mathbf{b}_2 = & 0,23 \cdot \mathbf{x}_{F1} - 0,31 \cdot \mathbf{x}_{F2} + 0,30 \cdot \mathbf{x}_{F3} + 0,12 \cdot \mathbf{x}_{F4} - 0,29 \cdot \mathbf{x}_{F5} + \\ & + 0,10 \cdot \mathbf{x}_{F6} + 0,02 \cdot \mathbf{x}_{F7} + 0,26 \cdot \mathbf{x}_{F8} + 0,74 \cdot \mathbf{x}_{F9} + 0,03 \cdot \mathbf{x}_{F10} + \\ & + 0,85 \cdot \mathbf{x}_{F11} \end{aligned} \quad (6.4)$$

3) Relação Entre Análise das Disciplinas e os Fatores SEEQ: Como os resultados obtidos por (6.1) a (6.4) são relacionados com a mesma decomposição, podemos verificar que os componentes \mathbf{a}_1 e \mathbf{b}_1 , assim como os componentes \mathbf{a}_2 e \mathbf{b}_2 guardam uma relação intrínseca [23].

Relacionando os vetores \mathbf{b}_1 com \mathbf{a}_1 , verifica-se que os fatores SEEQ, F2 e F6 são importantes para diferenciar as áreas de conhecimento mais práticas e tecnológicas que apresentaram maiores valores (TP e LD) no componente \mathbf{a}_1 . Isso indica que, segundo os estudantes, em áreas como Computação (Técnicas de Programação) e

Eletrônica Digital (Projetos Lógicos Digitais), os professores mostram entusiasmo e dinamismo ao lecionar seus conteúdos, garantindo uma abordagem do conteúdo com várias teorias e aplicações tecnológicas, como também frutos de pesquisas científicas na área tecnológica que satisfazem as necessidades e intenções dos estudantes [202].

Desse mesmo modo, podemos afirmar que os pesos (cargas fatoriais) dos vetores \mathbf{b}_2 apresentam valores que se destacam nos seguintes fatores SEEQ: F9 e F11 para essa componente. Relacionando os vetores \mathbf{b}_2 com \mathbf{a}_2 , verifica-se que esses dois fatores SEEQ são preponderantes para diferenciar as áreas com maiores valores (FF, CF e QG) no componente \mathbf{a}_2 , indicando que os conteúdos dessas disciplinas apresentam um maior nível de dificuldade por existir uma correlação positiva entre esses fatores e também consideram estas disciplinas teóricas como sendo importantes quando comparadas com as demais. Essas características apontam para que tais disciplinas teóricas tenham uma tendência natural de serem consideradas mais difíceis do que as outras. Observa-se ainda que o fator F7 apresenta o menor valor, indicando que os estudantes não consideram que nessas disciplinas as correções das avaliações e trabalhos ocorrem de forma adequada e nem que os métodos de avaliação são totalmente justos e no nível em que os assuntos são abordados em sala de aula.

6.2.1.5 Análise da Modelagem do LO

1) Análise das Disciplinas: Através da decomposição de \mathbf{a}_1 (6.5) verificamos que a maior carga fatorial está concentrada na disciplinas de QG e FF. Valores médios e relativamente próximos podem ser identificados nas cargas fatoriais dos grupos das disciplinas TP, FE e DE. Por fim, observamos que as menores cargas foram de pequeno agrupamento entre as disciplinas LD, CF e IA.

$$\begin{aligned} \mathbf{a}_1 &= 2,11 \cdot \mathbf{x}_{FF} + 0,51 \cdot \mathbf{x}_{TP} - 0,07 \cdot \mathbf{x}_{CF} + 0,30 \cdot \mathbf{x}_{LD} + 2,97 \cdot \mathbf{x}_{QG} - \\ &- 0,88 \cdot \mathbf{x}_{FE} - 1,18 \cdot \mathbf{x}_{DE} + 0,07 \cdot \mathbf{x}_{IA} \end{aligned} \quad (6.5)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{a}_2 &= -0,41 \cdot \mathbf{x}_{FF} + 2,26 \cdot \mathbf{x}_{TP} - 0,03 \cdot \mathbf{x}_{CF} + 1,24 \cdot \mathbf{x}_{LD} - 0,75 \cdot \mathbf{x}_{QG} + \\ &+ 0,66 \cdot \mathbf{x}_{FE} - 0,27 \cdot \mathbf{x}_{DE} + 0,033 \cdot \mathbf{x}_{IA} \end{aligned} \quad (6.6)$$

Verificamos novamente que em (6.6) as disciplinas que apresentam a maior carga fatorial são TP e LD. Valores intermediários são identificados nas cargas fatoriais das disciplinas FF, QG, FE e DE, enquanto pequenos valores de cargas estão presentes apenas nas disciplinas CF e IA.

Analisando (6.5) e (6.6) simultaneamente, podemos constatar que IA e CF não apresentam pesos significantes ($\cong 0,0$) quando comparadas com as outras disciplinas analisadas. Então podemos afirmar que essas disciplinas apresentarão o mesmo comportamento na análise dos atributos do HE.

2) Análise dos Atributos do HE: Para realizarmos a avaliação do desempenho dos estudantes no segundo momento da pesquisa, consideramos os resultados obtidos pelo PCA aplicados aos dados referentes aos atributos coletados do Histórico Escolar (HE) com o desempenho dos estudantes.

Verificamos que em (6.7), a Frequência (Freq.), Situação (Sit.) e Nota (Not.) têm menores fatores de carregamentos (pesos) em termos de valores absolutos. Desse modo, podemos observar que o fator relacionado à quantidade de vezes que o aluno fez matrícula em uma determinada disciplina (Mat.) influencia positivamente o componente \mathbf{b}_1 . Destaca-se ainda que os fatores Sit. e Not. tiveram correlações positivas entre si (Tabela 6.8), diferentemente das correlações obtidas com o fator Mat., garantindo um comportamento similar desses fatores quando o modelo PCA é observado.

$$\mathbf{b}_1 = -0,30 \cdot \mathbf{x}_{\text{Freq}} - 0,14 \cdot \mathbf{x}_{\text{Not}} - 0,31 \cdot \mathbf{x}_{\text{Sit}} + 1,35 \cdot \mathbf{x}_{\text{Mat}} \quad (6.7)$$

$$\mathbf{b}_2 = -0,19 \cdot \mathbf{x}_{\text{Freq}} + 0,94 \cdot \mathbf{x}_{\text{Not}} + 0,88 \cdot \mathbf{x}_{\text{Sit}} + 0,21 \cdot \mathbf{x}_{\text{Mat}} \quad (6.8)$$

Em (6.8), os fatores que mais influenciam o componente \mathbf{b}_1 são Not. e Sit. Tais fatores têm uma correlação muito alta entre si, o que corrobora para a distribuição das cargas fatoriais em (6.8). Destacamos então que o componente em (6.7) está relacionado à quantidade de vezes que o estudante realizou matrícula em uma determinada disciplina, enquanto (6.8) apresenta uma relação clara com a nota obtida pelos estudantes, bem como o conceito atribuído a esse estudante no seu HE, o qual está relacionado à sua situação (Sit.).

3) Relação Entre Análise das Disciplinas e os Atributos do HE: Da mesma forma como descrito na seção anterior, os resultados obtidos por (6.5) a (6.8) estão relacionados com a mesma decomposição e podemos reafirmar que o componente \mathbf{a}_1 e \mathbf{b}_1 , assim como os componentes \mathbf{a}_2 e \mathbf{b}_2 guardam uma relação intrínseca [23]. Desse modo, verificamos que como os pesos (cargas fatoriais) da expressão \mathbf{b}_1 apresentam valor maior apenas no atributo Matrícula (Mat.) do HE, isso garante que ele é o mais importante para esse componente. Relacionando as expressões de \mathbf{b}_1 com \mathbf{a}_1 , verifica-se neste último vetor que a disciplina QG se destaca quando analisada sob a ótica daquele atributo. Esse resultado indica uma tendência que nestas duas disciplinas teóricas de Química e Física os estudantes realizam maior número de vezes matrícula, indicando haver repetência ou desistência em ambas as

disciplinas. De fato esse resultado corrobora com os resultados obtidos na Tabela 6.2.

De forma análoga, verificamos que os pesos (cargas fatoriais) da equação \mathbf{b}_2 apresentam valores que se destacam nos atributos Nota (Not.) e Situação (Sit.). Relacionando as expressões \mathbf{b}_2 com \mathbf{a}_2 , verifica-se que as disciplinas TP e LD, tendem, portanto, a serem disciplinas com os melhores resultados de rendimentos obtidos pelos estudantes, o que se pode confirmar analisando os resultados obtidos na Tabela 6.4.

6.2.1.6 Análise Comparativa LC e LO

Através da matriz de correlação do SEEQ, os elementos: entusiasmo, interação com o grupo e organização do professor, foram os fatores de maior destaque apontados pelos alunos. Os professores também foram lembrados por apresentarem aspectos teóricos por meio de exemplos/situações práticas/reais nas aulas. Outro ponto de destaque ocorreu em relação aos conteúdos e o nível dos exames, pois, segundo os alunos, alguns estão adequados com o nível das aulas ministradas. Ressalta-se ainda que de modo geral os estudantes indicaram que os professores incentivam a participação nas aulas.

Por meio da análise dos componentes principais obtidos com a decomposição dos dados do SEEQ, podemos observar que as avaliações e trabalhos, nas disciplinas com maior teor de conteúdo teórico e científico, destacadamente a Física e a Química, são realizadas de forma inadequada e seus métodos de avaliação não são totalmente aceitos na percepção dos estudantes. Esse resultado corrobora com a decomposição da informação contida no HE e com a análise da Seção 6.1, em que essas mesmas disciplinas apresentam maior tendência de reprovação ou desistência por parte dos estudantes.

Por meio da análise fatorial do SEEQ, podemos perceber também que para as disciplinas mais tecnológicas e com práticas de laboratório, tais como Computação e Eletrônica, os estudantes consideram os docentes mais entusiasmados e dinâmicos, favorecendo assim o componente “motivação ao alunado”, entendida como elemento de indução no seu aprendizado, embora a carga de trabalho, representada pelo fator F11, dessas disciplinas seja considerada alta por revelar uma alta carga fatorial. É importante notar ainda que através da decomposição dos dados do HE, a disciplina de Computação apresentou melhores resultados de aprendizagem, obtidos pelos estudantes, representados pelos fatores Not. e Sit.

Embora as análises observadas não sejam triviais, torna-se mais prático analisar

as disciplinas simultaneamente, do que cada uma isoladamente. A partir da identificação dos padrões aqui extraídos, as ações sobre mudanças ou alteração do que deve ser feito em cada uma dessas disciplinas, a fim de melhorar o currículo do curso, fica a critério do professor ou do gestor responsável pelo curso.

A análise linear dos dados aqui realizada permitiu selecionar até duas variáveis ou características do processo de aprendizagem em um mesmo contexto. No entanto, esta tese também extrai informações oriundas da relação de um número maior de variáveis, aqui modeladas através do modelo PARAFAC, que será estudo na seção a seguir.

6.2.2 Análise da Decomposição PARAFAC

Nesta seção, iremos apresentar os resultados da estimação do número de componentes do modelo PARAFAC e os resultados obtidos após a aplicação desse modelo multilinear.

6.2.2.1 Estimação do Número de Componentes

Para utilização do modelo PARAFAC, os dados foram organizados em um arranjo tridimensional, conforme apresentado no capítulo anterior, com as correspondentes dimensões de objetos e variáveis, respectivamente: LO (*disciplinas × atributos de desempenho × estudantes avaliados*) e o LC (*disciplinas × atributos de contexto × estudantes avaliadores*).

Um total de até 5 componentes foi testado para o modelo PARAFAC, cujos valores obtidos pelo CORCONDIA e sua variância explicada, podem ser vistos na Tabela 6.11.

Tabela 6.11: Seleção do Número de Componentes do Modelo PARAFAC

COMPONENTES	2	3	4	5	6
CORCONDIA LO (%)	100	5.34	3.09	0.145	0.098
Variância Explicada (%)	94.97	89.62	89.43	88.50	73.79
CORCONDIA LC (%)	100	6.98	4.11	0.077	0.012
Variância Explicada (%)	96.44	92.50	88.90	81.18	77.63

Conforme pode ser observado, tanto os dados do LO com valores do CORCONDIA de 100% e variância explicada de 94.97%, como os dados do contexto (LC) com os mesmos valores, respectivamente, iguais a 100% e 96,44%, indica que o modelo

com dois componentes é o mais adequado, validando assim a seleção do número de componentes para os dados de acordo com [52]. Desse modo, será utilizado $R = 2$, para a decomposição PARAFAC, na forma apresentada em (2.32) da Seção 2.2.7.1, para ambos os atributos de avaliação: LC e LO.

6.2.2.2 Análise da Modelagem do LC

As Figuras 6.3, 6.4 e 6.5 apresentam, respectivamente, os gráficos dos vetores dos escores (\mathbf{a}_1 e \mathbf{a}_2) e os de carregamento (\mathbf{b}_1 e \mathbf{b}_2 ; \mathbf{c}_1 e \mathbf{c}_2), oriundos das matrizes \mathbf{A} , \mathbf{B} e \mathbf{C} , do modelo PARAFAC (2.11), para os dois componentes dos resultados obtidos das avaliações realizadas pelos estudantes com o instrumento de enquete sobre o contexto de aprendizagem. Essa base de dados foi composta por meio das informações obtidas após a aplicação do questionário SEEQ, gerando um arranjo tridimensional organizado com $8 \times 11 \times 115$, referindo-se, respectivamente, às disciplinas, fatores do questionário e estudantes avaliadores.

De forma análoga à análise anterior, podemos verificar nos gráficos a seguir os resultados dos escores e cargas obtidos a partir dos dois componentes selecionados pelo CORCONDIA (Tabela 6.11).

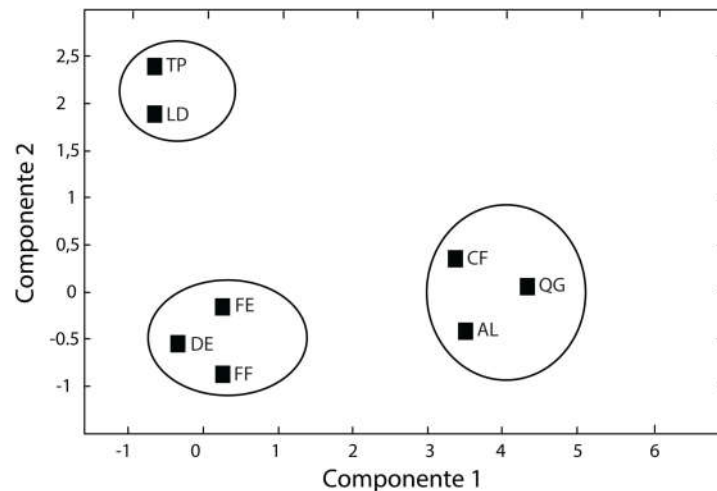


Figura 6.3: Gráfico dos vetores dos escores (\mathbf{a}_1 e \mathbf{a}_2) da Matriz \mathbf{A}

No gráfico dos escores da Figura 6.3, referente ao Modo 1, verificamos que no primeiro componente os valores elevados estão presentes nas disciplinas QG, CF e IA. Já o segundo componente apresenta destacadamente TP e LD com valores próximos e elevados. Há ainda outro agrupamento que pode ser identificado e

corresponde a uma relação que existe entre as disciplinas FE, FF e DE, cujas intensidades revelam-se pequenas em comparação com as demais disciplinas.

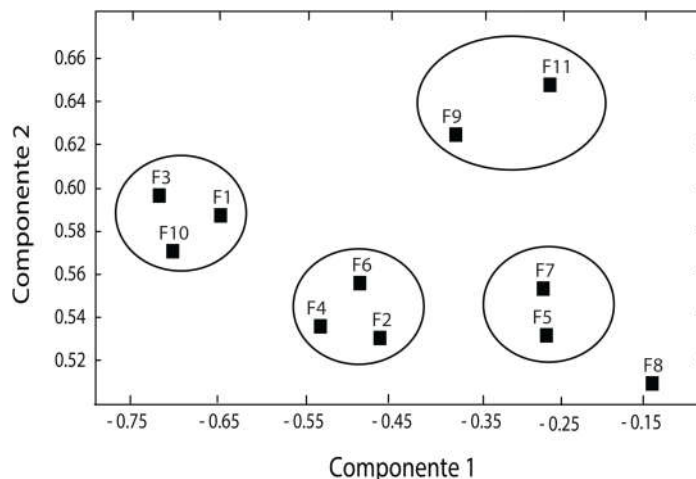


Figura 6.4: Gráfico dos vetores dos escores (**b1** e **b2**) da Matriz **B**

No gráfico da Figura 6.4, existem agrupamentos que também indicam um grau de correlação entre os fatores do SEEQ, em que destacamos agrupamentos, tais como, os F11 e F9, assim como F3, F10 e F1, além de F4, F6 e F2, e também F7 e F5, ficando apenas o atributo F8 isolado sem agrupamento aparente. Observa-se, portanto, que no Modo 2 o primeiro componente está fortemente dominada pelo atributo F8, além de F7 e F5, enquanto no segundo componente destacam-se os atributos F11 e F9.

As cargas dos dois componentes do 3º Modo (Figura 6.5) referem-se à informação dos estudantes que exerceram o papel de avaliadores da qualidade da efetividade do ensino ministrada pelos seus professores em todas as disciplinas consideradas neste estudo. Pode-se verificar que os estudantes são homogêneos tanto em relação ao primeiro quanto em relação ao segundo componente, atribuindo ao comportamento esférico aos dados extraídos da maioria dos estudantes. Porém, há um pequeno grupo que apresentou no componente 1 um valor de carregamento aproximado, consequentemente, mais homogêneo, por volta de 0.04, enquanto no componente 2 esse valor variou na faixa de 0 a 0.5. A esfericidade obtida está relacionada com a coesão das respostas da maioria dos estudantes, ou seja, podemos considerar que a maioria dos estudantes respondeu o instrumento com a mesma linha de opinião, porém houve um pequeno grupo de estudantes, representado pelo agrupamento menor, que ficou fora do padrão esférico. Isso indica um grupo de outline, o qual, no entanto, não foi descartado nesta pesquisa.

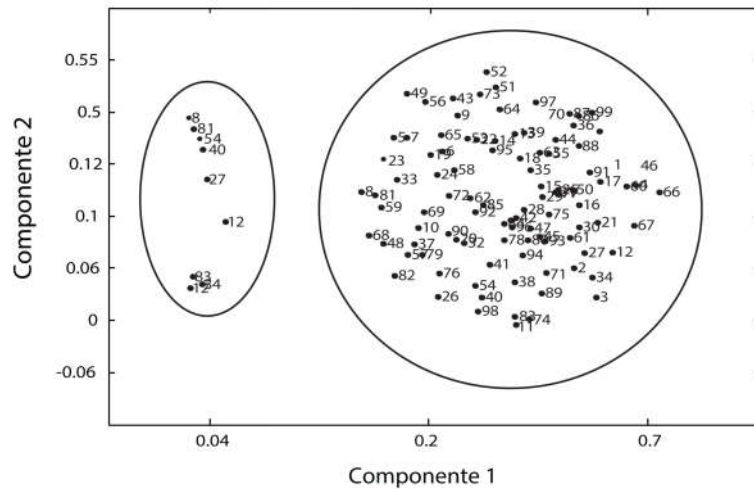


Figura 6.5: Gráfico dos vetores dos escores (c_1 e c_2) da Matriz C

Os dados foram obtidos também a partir de uma mesma decomposição, permitindo assim relacionar os componentes entre si. Podemos observar que as disciplinas nas áreas de Química (QG), Cálculo (CF) e Álgebra (AL) apresentam forte relação com os fatores exames e atividades, o que indica que, na opinião dos estudantes, tanto as avaliações quanto as atividades extraclasses, dessas disciplinas, são realizadas em excesso e estão em um nível acima do apresentado pelo professor durante as aulas. Observamos nas disciplinas relacionadas às áreas de Computação (TP) e Eletrônica (LD), que dominam o segundo componente, que o atributo F9 obteve destaque e indica que nessas áreas, as disciplinas são ministradas com maior qualidade quando comparadas com as outras. Esse resultado revela também que nas disciplinas tecnológicas as metodologias utilizadas pelos professores em sala de aula possuem um maior grau de aceitação por parte dos estudantes.

Percebe-se de forma análoga a análise dos dados na seção anterior que as áreas tecnológicas de Eletrônica (LD) e Computação (TP) se agrupam por proximidade quando consideramos os resultados da decomposição dos fatores do LC. Considerando ainda a análise desse modo há também a composição de outro grupo formado por áreas das ciências, tais como Cálculo, Química e Álgebra, que se assemelham através dos resultados. Observa-se ainda que as disciplinas de Física Fundamental, Física Experimental e Desenho para a Engenharia formam um terceiro agrupamento por semelhança de área, indicando que os estudantes identificam semelhanças nessas áreas em relação à percepção do contexto do ambiente de aprendizagem.

6.2.2.3 Análise da Modelagem do LO

As Figuras 6.6, 6.7 e 6.8 apresentam, respectivamente, os gráficos dos vetores dos escores (\mathbf{a}_1 e \mathbf{a}_2) e os de carregamento (\mathbf{b}_1 e \mathbf{b}_2 ; \mathbf{c}_1 e \mathbf{c}_2) para os dois componentes dos resultados obtidos dos desempenhos dos estudantes. Os dados obtidos foram organizados em um arranjo tridimensional por meio de um tensor X apresentado no capítulo anterior, com dimensões de $8 \times 4 \times 115$, referindo-se às disciplinas cursadas pelos estudantes, os atributos de desempenho e os estudantes avaliados, respectivamente.

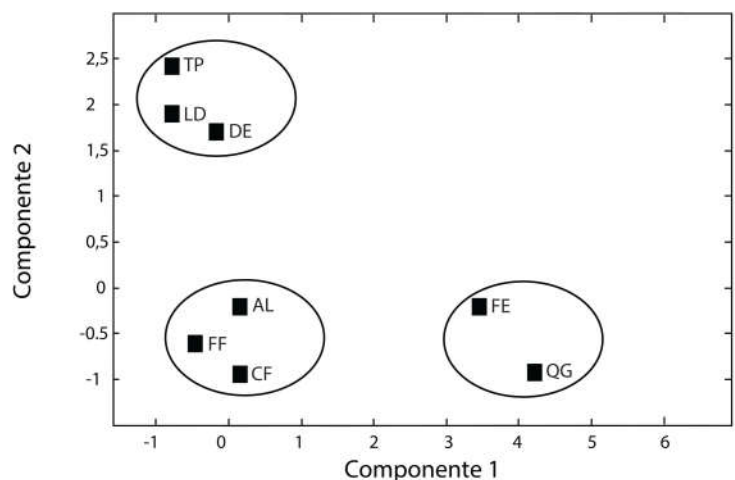


Figura 6.6: Gráfico dos vetores dos escores (\mathbf{a}_1 e \mathbf{a}_2) da Matriz \mathbf{A}

No gráfico dos escores em particular do Modo 1, Figura 6.6, podemos perceber que o primeiro componente apresenta maiores valores para as disciplinas de FE e destacadamente QG. Já a segunda componente está dominada por valores mais elevados para as disciplinas de TP, LD e DE. Além desses valores, destacados no primeiro e no segundo componentes, percebemos ainda que há um agrupamento de objetos, que revela uma proximidade de características por meio dos valores dos escores, tanto no primeiro quanto no segundo componentes, para as disciplinas entre FF, CF e AL, cujas intensidades são inferiores às demais disciplinas.

Além disso, verificamos no gráfico de carregamento, referente à matriz \mathbf{B} , Figura 6.7, que existe uma proximidade entre a **Nota** e **Situação** dos estudantes, corroborando com os resultados obtidos na Tabela 6.8. Percebe-se ainda no Modo 2 que o primeiro componente está dominado pelo atributo **Frequência**, enquanto que o segundo componente destaca-se o atributo **Matrícula**. De modo geral, esta última relação indica que esses atributos foram percebidos de forma semelhante por todos os estudantes avaliados.

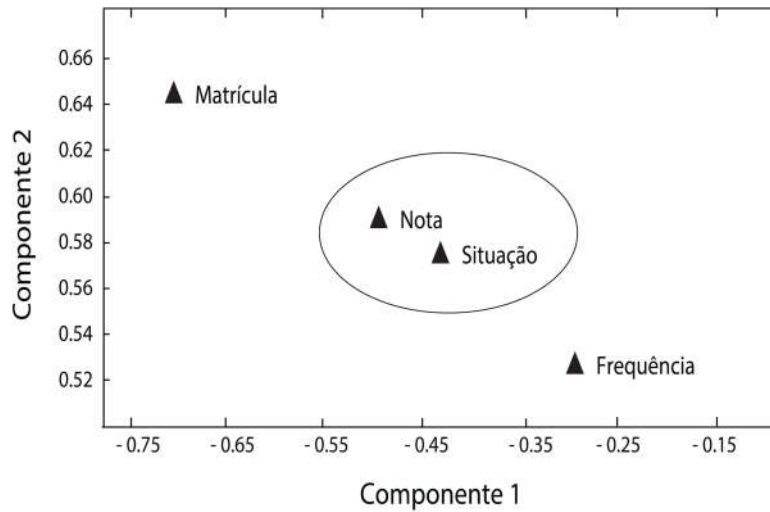


Figura 6.7: Gráfico dos vetores dos escores (b_1 e b_2) da Matriz **B**

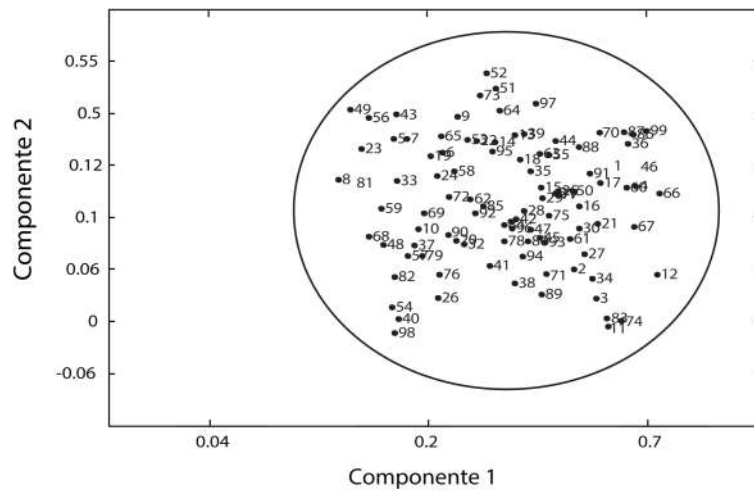


Figura 6.8: Gráfico dos vetores dos escores (c_1 e c_2) da Matriz **C**

Verifica-se na Figura 6.8 que as cargas dos dois primeiros componentes do terceiro Modo (Matriz **C**), referem-se à informação dos estudantes que foram avaliados. Pode-se verificar, pelo resultado do gráfico, que os estudantes são homogêneos em relação ao primeiro componente por se manterem muito próximos do intervalo entre 0 e 0.8. Para o segundo componente esse valor se mantém ainda mais homogêneo variando em um intervalo menor entre 0 e 0.55.

De acordo com [52] e [56], como os resultados obtidos estão relacionados com

a mesma decomposição, podemos verificar que os componentes \mathbf{a}_1 , \mathbf{b}_1 e \mathbf{c}_1 , assim como os componentes \mathbf{a}_2 , \mathbf{b}_2 e \mathbf{c}_2 , respectivamente, guardam uma relação intrínseca entre si obtida pela tríade resultante. Desse modo, podemos inferir que na disciplina de QG há uma tendência da frequência de participação pelos estudantes ser menor, o que pode indicar uma elevada taxa de ausência dos estudantes nas aulas dessa disciplina. Quando se consulta os dados brutos coletados das frequências dos alunos essa tendência se confirma, conforme a análise na Seção 6.1.2.1.

Observa-se ainda que as disciplinas com práticas experimentais e ligadas à área de formação tecnológica, tais como TP e LD, são indicadas pelos estudantes como sendo as de maior dificuldade para realizá-las devido ao destaque indicado no atributo Matrícula, o qual indica a quantidade de vezes que o mesmo estudante se matriculou na disciplina (Tabela 6.3). Por meio da Figura 6.7, podemos observar que o maior grau de proximidade encontra-se entre os atributos de Situação e Notas. Esse resultado corrobora para o significado do atributo, pois a Situação do aluno é uma variável qualitativa atribuída a determinadas faixas de nota, expressando quantitativamente o resultado final do desempenho do estudante (Notas). Esse resultado obtido com a decomposição PARAFAC é confirmatório à medida que se mantém o mesmo padrão de tendência da decomposição PCA, assim como da análise realizada por meio da matriz de correlação destas variáveis e também quando apenas observamos os valores absolutos das mesmas variáveis.

Verifica-se também pelos resultados obtidos que as disciplinas que são teóricas e pertencentes às ciências mais fundamentais, tais como Álgebra (AL), Cálculo (CF) e Física (FF), apresentam uma similaridade entre si e, portanto, se assemelham pelos atributos do Modo 2. Do mesmo modo, verifica-se que há também a composição de outro grupo formado por disciplinas tecnológicas e com maior atividade de prática profissional e laboratorial, tais como Desenho (DE), Eletrônica Digital (LD) e Computação (TP), que se assemelham através dos atributos de desempenho considerados. Observa-se ainda que as disciplinas de Química Geral (QG) e Física Experimental (FE) apresentam distinção em relação a esses dois primeiros grupos e compõem um terceiro agrupamento por similaridade de características.

6.2.2.4 Análise Comparativa LC e LO

Embora o modelo PARAFAC tenha sido aplicado de forma independente em cada um dos ordenamentos tridimensionais obtidos, algumas inferências sobre os resultados obtidos pelo LO e LC podem ser consideradas nesse contexto.

Existe uma tendência de que os alunos não frequentem a disciplina de QG, con-

forme apresentado na análise do LO. Entretanto, destaca-se também que os estudantes não são favoráveis às metodologias empregadas na disciplina, tornando-a desmotivante e desinteressante. Tais motivos podem ser preponderantes para a baixa frequência dos alunos nessa disciplina.

As relações entre as disciplinas levando em conta os fatores de LC e os atributos de LO dos estudantes permitiram a identificação de indicadores importantes na avaliação, que caracterizam informações intrínsecas das disciplinas e promovem agrupamentos por similaridade de características, identificadas pelos componentes \mathbf{a}_1 , \mathbf{b}_1 e \mathbf{a}_2 , \mathbf{b}_2 . Os componentes \mathbf{c}_1 e \mathbf{c}_2 apresentaram resultados que demonstram a credibilidade dos dados coletados tanto no desempenho dos alunos quanto nos resultados obtidos no LC, devido à homogeneidade da dispersão dos pontos em torno de uma tendência central. Entretanto, constata-se que, no caso do LC, apesar de resultados garantirem a seriedade das respostas do questionário, houve um pequeno grupo que divergiu desse padrão, fato comum e inerente às pesquisas de opinião que tendem a apresentar alguma margem de erro [16].

Nos resultados obtidos pela análise do LC, as disciplinas LD e TP obtiveram uma melhor aceitação em relação a metodologia empregada pelo professor, embora os estudantes a considerassem essas disciplinas apresentando um maior nível de dificuldade. Nesse sentido, o resultado obtido pela análise do LO, revela novamente que o atributo Matrícula, está diretamente relacionado à quantidade de vezes que os estudantes repetem matrícula em uma mesma disciplina. Outro elemento conclusivo é que o índice de repetência dos estudantes pode estar relacionado ao elevado nível de dificuldade empregado pelos professores em determinadas disciplinas.

Após a realização da análise dos dados obtidos neste capítulo, revela-se o potencial da decomposição de dados bidimensional (PCA) e tridimensional (PARAFAC) na área da avaliação educacional, ao mesmo tempo em que, demonstra o grau de integração e convergência dos resultados obtidos com a realidade esperada. A exploração dos resultados alcançados por um modelo 2D e por outro modelo 3D também apresenta perspectivas e contribuições distintas que vão além de uma simples visualização da disposição das cargas nos componentes dos vetores (PCA) obtidas nos gráficos das correlações de variáveis multidimensionais (PARAFAC). Por fim, o capítulo que se segue corresponde ao último desta tese e apresentará algumas conclusões e considerações finais deste trabalho.

Conclusões e Considerações Finais

Neste capítulo final de conclusão desta tese, retornaremos nossa motivação principal deste estudo, que foi a de realizar de modo inédito o desenvolvimento de uma metodologia de análise de dados educacionais no contexto da avaliação, comparando relações e variáveis da educação e do ensino da engenharia. Outro aspecto inovador deste trabalho deu-se por meio da aplicação e interpretação de modo integrado entre dados do rendimento dos resultados de aprendizagem (LO) e do contexto de aprendizagem (LC), a partir da implementação de métodos matemáticos lineares e multilineares de decomposição dos dados coletados.

Neste trabalho, apresentamos uma aplicação da técnica de análise de componentes principais (PCA), a qual mostrou um potencial importante para a extração de características intrínsecas de dados na área da avaliação, pois permite visualizar e interpretar informações quantitativas implícitas ou subjetivas, extraindo indicadores qualitativos e objetivos, os quais foram explicitados por meio da análise das variáveis latentes e, conseqüentemente, promovendo um ganho de interpretação sobre as relações existentes entre as variáveis analisadas. É importante notar que, apesar de dados terem sido coletados de diferentes fontes de informação, ao longo do processo de análise dos dois componentes principais obtidos, verifica-se uma integração entre a percepção dos alunos na avaliação de áreas de conhecimento e seus dados contidos no HE dessas mesmas áreas, validando, desse modo, a avaliação do contexto de aprendizagem conjugada com o desempenho de aprendizagem. A interpretação simultânea desses dois dados decompostos gerou importantes indicadores de avaliação.

Outra contribuição alcançada foi a obtenção inédita de resultados no campo educa-

cional da aplicação a partir de uma técnica de análise multilinear em dados oriundos de processos de ensino e aprendizagem, pois em geral, essas decomposições são tipicamente utilizadas em áreas como: psicometria, telecomunicações, quimiometria, processamento de sinais, reconhecimento de padrões, além de algumas outras aplicações. Essa metodologia, originária do uso e da junção dessas técnicas, está sendo reconhecida como constituinte de uma nova área identificada como “Educação”.

A aplicação da técnica de decomposição PARAFAC, em todo o conjunto de dados, sem restringir qualquer dimensão da informação devido à complexidade do arranjo trilinear dos dados, trouxe consigo maiores detalhes para a análise de variáveis latentes, promovendo assim uma interpretação das informações originais, identificando características e semelhanças por disciplinas, fatores de percepção e atributos de desempenho do resultado de aprendizagem discente.

Conclui-se ainda, por meio dos resultados obtidos, que a disciplina de QG apresentou uma maior taxa de evasão e conseqüente elevado número de reprovações, quando comparada com as demais disciplinas e que nas áreas científicas, os métodos de avaliação dos professores não são considerados adequados pelos estudantes. Por outro lado, os estudantes expressam satisfação na metodologia dos professores nas disciplinas das áreas tecnológicas em comparação com as demais. Esses indicadores de avaliação foram importantes para demonstrar o potencial de resultados adicionais da análise multilinear, através do modelo PARAFAC, para dados educacionais, em relação a modelos de decomposição bidimensionais. Outra contribuição importante deste estudo é que os resultados alcançados podem oferecer uma ferramenta que gera subsídios aos gestores de curso para auxiliar uma melhor tomada de decisão sobre ações que possam promover a diminuição dos índices de evasão e repetência nas disciplinas analisadas.

Outra inovação deste trabalho foi a realização de uma análise conjunta de dados de LO e LC sem necessariamente misturar essas duas informações ou simplesmente aplicar apenas técnicas básicas da estatística descritiva, permitindo apenas uma interpretação superficial dos dados. A decomposição 2D e 3D realizada no conjunto dos dados permitiu corroborar uma análise descritiva inicial, mas acima de tudo, demonstrou que há relação entre as relações intrínsecas de avaliação, obtidas por meio de indicadores, após o processamento da informação.

Ressalta-se ainda que, a aplicação do modelo PARAFAC [205] contribuiu para resolver uma das limitações do modelo de decomposição matricial, pois considerou não apenas a bidimensionalidade da base de dados em estudo, à qual, com a aplicação do PCA provoca perda de informação. Isso se deve ao processo de redução de uma das dimensões dos dados a partir do cálculo da média dos estu-

dantes.

Este estudo apresenta limitações. Primeiramente, apesar das medidas padrões de validação estatística apresentarem coesão dos dados, foi utilizado uma pequena amostra com um número limitado de alunos. Em seguida, nós não levamos em consideração outros atributos presentes no desempenho de um estudante de engenharia avaliado em uma disciplina de graduação, tais como: carga horária de estudo, notas parciais, perfil dos estudantes, gênero, idade, conhecimentos prévios e outras variáveis. Como perspectivas de trabalhos futuros, além de considerar todos esses atributos de desempenho que não foram aqui considerados, assim como realizar este estudo com um maior número de sujeitos, podemos ainda levar em consideração a multidimensionalidade dos dados para além de três dimensões. Pode-se ainda realizar a aplicação de outros modelos de decomposição multilinear ou até mesmo propor um novo modelo de decomposição tensorial inédito que tenha maior aderência às características e estabeleça novas relações em variáveis de dados educacionais.

ANEXO A

Ementas das Disciplinas

Neste anexo estão descritas as ementas das 8 disciplinas que foram analisadas nesta pesquisa. São elas:

- Cálculo Fundamental
- Desenho para a Engenharia
- Física Experimental para a Engenharia
- Física Fundamental
- Introdução à Álgebra
- Projeto Lógico Digital
- Química Geral para a Engenharia
- Técnicas de Programação para a Engenharia I



Ministério da Educação e do Desporto
Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Graduação

Curso: Engenharia de Teleinformática		Código: 27 e 68	
Modalidade(s): Graduação		Currículo(s): 2009	
Departamento: Matemática			
Código	Nome da Disciplina		
CB0695	Cálculo Fundamental		
Pré-Requisitos: nenhum			
Carga Horária		Número de Créditos	Carga Horária Total
Teórica:	(x)	8.0	128
Estudo Dirigido:	(x)	2.0	32
Obrigatória (x)	Optativa ()	Eletiva ou Suplementar ()	
Regime da disciplina:		Anual (x)	Semestral ()
Justificativa: Um grande número de disciplinas específicas da engenharia tem conteúdos que foram desenvolvidos sobre os princípios básicos do Cálculo Diferencial e Integral e de suas aplicações e extensões, incluindo-se, nestas extensões, os métodos numéricos e as seqüências e séries de funções. Estas breves considerações já justificam a necessidade da disciplina de Cálculo Fundamental para a formação do engenheiro de teleinformática.			
Objetivos: <ol style="list-style-type: none">1. Fornecer ao estudante médio de graduação uma sólida formação relativa aos principais conceitos e ferramentas do Cálculo Diferencial e Integral e suas aplicações, que são pré-requisitos necessários ao estudo sistemático e aprofundado das teorias de eletromagnetismo, circuitos elétricos, sinais e sistemas, transmissão de sinais, controle e códigos;2. Introduzir o ensino básico de seqüências e de séries de funções voltado para a sua aplicação ao contexto da graduação em engenharia;3. Antecipar para o primeiro ano o ensino de alguns conteúdos matemáticos que são aplicados em disciplinas específicas da Engenharia, ao longo do seu segundo ano;4. Objetivando um melhor controle sobre o aprendizado do aluno, incluíram-se duas horas de estudo dirigido semanais com acompanhamento de instrutor. O instrutor pode realizar testes sobre os conhecimentos adquiridos em sala de aula e/ou acompanhar o estudo autônomo ou orientado do aluno. A presença do alunado é obrigatória.			
Descrição do Conteúdo:			
Ementa: <p>Cálculo Diferencial e Integral para uma variável real; cálculo de área e de volume de elementos geométricos com simetria; introdução às equações diferenciais ordinárias; seqüências e séries de funções; funções vetoriais e geometria analítica vetorial; aspectos matemáticos do cálculo e do método numérico; aplicações em engenharia.</p>			
Programa:			
Limites e Continuidade: Supremos, ínfimos, vizinhanças, imagem direta e imagem inversa de intervalos por uma função. "Definição intuitiva" e Definição Formal; limites laterais; limites infinitos; limites no infinito; assíntotas horizontais e verticais; teorema da fronteira. Funções contínuas; Teorema do Valor Intermediário (TVI); descontinuidades de primeira e de segunda ordens. Limites de funções trigonométricas.			
<ol style="list-style-type: none">1. Derivadas: Conceito e Definição; retas tangentes e normais; derivadas de funções algébricas; derivadas de funções trigonométricas; regra da cadeia; derivadas implícitas; derivadas de ordem superior. Taxas relacionadas. Máximos e mínimos. Teorema de Weierstrass. Teorema de Rolle e o Teorema do Valor Médio (TVM) ou de Lagrange. Gráficos de curvas.2. Integrais: Integrais definidas: partição de um intervalo, somas de Riemann e seus limites; cálculo aproximado de integrais definidas e questões sobre a sua existência. Cálculo de área entre curvas. Primitivas e Integrais indefinidas. O Teorema Fundamental do Cálculo. O TVM para integrais. Cálculo de volumes, de comprimento de arcos, de áreas de superfícies de revolução.3. Funções Elementares: Função logarítmica, função exponencial, funções hiperbólicas, funções trigonométricas inversas.			

4. **Métodos de Integração:** Integração por partes, integração de potências de funções trigonométricas, integração por substituições trigonométricas, integração por frações parciais.
5. **Introdução às Equações Diferenciais de 1ª Ordem:** Aplicação da integração de Riemann e dos métodos de integração.
6. **Coordenadas Polares:** Principais curvas em coordenadas polares, cálculo de área entre curvas em coordenadas polares.
7. **Regra de L'Hospital**
8. **Integrais Impróprias**
9. **Cálculo Numérico:** Séries de Taylor, fórmula de Newton, regra do trapézio, regra de Simpson.
10. **Geometria Analítica Plana:** Cônicas, círculos, parábolas, elipses e hipérbolas.

Bibliografia Básica:

1. Cálculo, Tom M. Apostol, Vols. I e II;
2. Um Curso de Cálculo, H. Guidorizzi, Vols. I, II e 4

Bibliografia Complementar:

3. Cálculo, L. Leithold, Vol. I;
4. Análise Real, E. L. Lima, Vol. I.



Ministério da Educação e do Desporto
Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Graduação

Curso: Engenharia de Teleinformática		Código: 27 e 68	
Modalidade(s): Graduação		Currículo(s): 2009	
Departamento: Engenharia de Transporte			
Código	Nome da Disciplina		
TC0592	Desenho para Engenharia		
Pré-Requisitos: nenhum			
Carga Horária		Número de Créditos	Carga Horária Total
Teórica:	(x)	4.0	64
Prática:	()		
Obrigatória (x) Optativa () Eletiva ou Suplementar ()			
Regime da disciplina:		Anual (x)	Semestral ()
Justificativa: <p>“A principal finalidade do Desenho Técnico é a representação precisa, no plano, das formas do mundo material e, portanto, tridimensional, de modo a possibilitar a reconstituição espacial das mesmas, constituindo-se num meio conciso e inequívoco de comunicação” (BORNANCINI, 1987). A justificativa da disciplina se dá quando da necessidade de preparação do aluno de engenharia para o desafio de interpretação e criatividade na apresentação abstrata e gráfica de elementos bi e tridimensionais. Através do desenho projetivo e técnico, chega-se ao detalhamento de projetos em engenharia. Vale ressaltar que essa técnica vem sofrendo aprimoramentos pelo uso de ferramentas computacionais CAD (<i>Computer Aided Design</i> – Desenho Assistido por Computador), as quais podem ser definidas como uma sub-área da Computação Gráfica, voltada para a criação e manipulação de desenhos técnicos e projetos (BARROS, 2001).</p> <p>Assim, espera-se que, ao final do curso, o aluno seja capaz de:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Interpretar elementos construtivos de um projeto de engenharia, analisando sua disposição e representação no plano;2. Representar, por meio de vistas e ortográficas e perspectivas, os elementos de um projeto;3. Usar instrumentos de desenho e recursos digitais (aplicativos de desenho) para a representação dos elementos do projeto;4. Visualizar espacialmente, por meio da abstração, variados elementos geométricos no espaço bi e tridimensional com o uso da geometria mongeana.			
Objetivos: <p>O objetivo geral do desenho é representar os objetos de forma prática e precisa, no plano (projeções) e no espaço (representações tridimensionais), objetivando a reconstituição dos mesmos. Dentre os objetivos específicos, tem-se:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Habilitar o aluno no manejo de instrumentos de desenho para a rápida representação de elementos de projeto;2. Introduzir o aluno à ferramenta CAD, na representação em meio digital;3. Desenvolver a percepção de elementos abstratos, graficamente, por meio do desenho projetivo;4. Ampliar o processo de abstração e visualização de elementos de projetos por meio da Geometria Descritiva.			

Descrição do Conteúdo:

Ementa:

Instrumentos e equipamentos de desenho. Normas Técnicas da ABNT para Desenho. Classificação dos desenhos. Formatação de papel. Construções geométricas usuais. Desenho à mão livre. Regras de cotagem. Vistas ortográficas. Cortes e seções. Perspectivas. Noções de Geometria Descritiva: generalidades; representação do Ponto; estudo das retas; retas especiais; visibilidade; planos bissetores; estudo dos planos; traços; posições relativas de retas e planos. Projeções cotadas. Computação gráfica.

Programa:

1. UNIDADE I - DESENHO TECNICO

- Capítulo 1 - Plano de Ensino da Disciplina; Identificação; Metodologia de Ensino; Calendário de Atividades; Critério de Avaliação e Bibliografia; Instrumentos necessários.
- Capítulo 2 - Formatos do Papel, Formato Adotado (A4), Representação, Instrumentos, Escolha e Manejo; Escala; Normas Técnicas (ABNT); Letras e Algarismos; Desenho à mão livre de Linhas, Curvas e Figuras.
- Capítulo 3 - Construções Geométricas; Figuras Geométricas Planas com Seus Elementos e Polígonos Regulares. A substituição dos instrumentos pelo computador: Desenhos de linhas, curvas e figuras com Instrumentos e com o Autocad; estilo de linhas do Autocad e estilo de textos do Autocad.
- Capítulo 4 - Cotagem: Definição; Objetivo; Importância; Normas Técnicas Pertinentes; Métodos de Execução; Disposição e Apresentação das Regras de Cotagem.
- Capítulo 5 - Vistas Ortográficas; As Seis Vistas Principais; Vistas Auxiliares; Vistas Especiais; Noções de Corte; Convenções; Representação no Primeiro Diedro; Representação no Terceiro Diedro e Representações com Contagens de Vistas.
- Capítulo 6 - Classificação dos Desenhos; Perspectiva Axonométrica Ortogonal (Isométrica, Dimétrica e Trimétrica) e Perspectiva Oblíqua ou Cavaleira. Cotagem das Perspectivas.

2. UNIDADE II - GEOMETRIA DESCRITIVA

- Capítulo 7 - Generalidades; finalidades e objetivos; terminologia. Método mongeano: linha de terra, épura, diedros, triedro e linhas de chamada. Estudo do ponto. Coordenadas descritivas. Posições do ponto.
- Capítulo 8 - Estudo da Reta: classificação; pertinência de ponto e reta; retas especiais; visibilidade.
- Capítulo 9 - Planos bissetores, definições; representações espaciais e em épura.
- Capítulo 10 - Estudo do Plano: pertinência de reta e plano; retas principais de um plano; retas de máximo declive e máxima inclinação; determinação dos traços das retas; concorrência e paralelismo de reta e plano.
- Capítulo 11 - Tópicos de Projeções Cotadas: introdução; ponto; reta; e plano; convenções; aplicações; superfícies topográficas e curvas de nível.

Metodologia de Ensino:

Aulas teóricas – com o uso de instrumentos; *uso do computador (classe e extra-classe)*.

OBS: O uso de computadores funcionará em dias pré-determinados, com o auxílio de Monitores/Bolsistas; ressalte-se que o uso dos aplicativos é de total responsabilidade e interesse do aluno, verificando-se a exigência de recebimento de trabalhos nesse formato.

Bibliografia Básica:

1. **ALENCAR, Mariano Franca (1999)**. Curso de AutoCAD (*disponível em formato digital*);
2. **BARROS, José Maurício de**. AutoCAD 2002. 2ª Edição, Ouro Preto, 2002 (*disponível em formato digital*);
3. **GIESECKE, Frederick E. et al (2002)**, Comunicação Gráfica Moderna. ISBN: 8573078448, Bookman. Porto Alegre-RS.

4. **GIONGO, Affonso Rocha**. Curso de Desenho Geométrico, Nobel - 3ª Edição;
5. **LACOURT, H.** Noções e Fundamentos da Geometria Descritiva, Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro, 1995;
6. **Poli-USP (2004)**. Desenho para Geologia (Vol 1 e 2). Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Depto. de Engenharia de Construção Civil (PCC) (*disponível em formato digital*);
7. **POSSAMAI, Landoaldo (2002)**. Informática Aplicada à Arquitetura - AutoCAD 2000 (*disponível em formato digital*);
8. **SILVA, Sílvio F (1984)**. A Linguagem do Desenho Técnico, Livros Técnicos e Científicos Editora, S.A., Rio de Janeiro;
9. **Telecurso 2000**. Apostilas de Desenho. (*disponível em formato digital e no site: http://bibvirt.futuro.usp.br/textos/tem_outros/cursprofissionalizante/tc2000/des_tecnico/*);
10. **ZATTAR, Izabel Cristina**. Manual de AutoCAD R14 (*disponível em formato digital*).

Bibliografia Complementar:

11. **BALDAM, Roquemar de Lima** Utilizando Totalmente o AUTOCAD R.14, Editora Érica Ltda., 1998;
12. **BORNANCINI, J. C. M., PETZOLD, N. I., ORLANDI JÚNIOR, H.** Desenho técnico básico: fundamentos teóricos e exercícios à mão livre. V. I e II. Porto Alegre: Livraria Sulina Editora, 1987;
13. **FRENCH, Thomas**. Desenho Técnico e Tecnologia Gráfica, Editora Globo, 2ª Edição, Rio de Janeiro;
14. **MACHADO, Adervan**. O Desenho na Prática da Engenharia, Câmara Brasileira do Livro, 2ª Edição, São Paulo, 1977;
15. **OMURA, George**. AUTOCAD for Windows 13, SYBEX Inc., Alameda, CA, 1996;
16. **PRÍNCIPE JR. , Alfredo dos Reis**. Noções de Geometria Descritiva, Livraria Nobel S.A., Vol. 1, 17ª Edição, São Paulo, 1970;
17. **STAMATO, José et all**. Desenho / Introdução ao Desenho Técnico, FENAME, Rio de Janeiro, 1972;
18. **VENDITTI, Marcus Vinicius (2003)**. Desenho Técnico sem prancheta com AutoCAD 2002. Editora Visual Books, Florianópolis-SC.



Ministério da Educação e do Desporto
Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Graduação

Curso: Engenharia de Teleinformática		Código: 27 e 68	
Modalidade(s): Graduação		Currículo(s): 2009	
Departamento: Física			
Código	Nome da Disciplina		
CD0328	Física Experimental para Engenharia		
Pré-Requisitos: nenhum			
Carga Horária		Número de Créditos	Carga Horária Total
Teórica:	()	2.0	32
Prática:	(x)		
Obrigatória (x) Optativa () Eletiva ou Suplementar ()			
Regime da disciplina: Anual (x) Semestral ()			
Justificativa: Sendo a física uma ciência de caráter essencial e alicerce para a compreensão de diversos ramos do conhecimento, esta disciplina proporciona aos estudantes uma visão fundamental e geral da Física.			
Objetivos: 1. Introduzir o método experimental. 2. Dar uma visão da inter-relação entre teoria e prática. 3. Familiarizar o estudante com instrumentos básicos de medidas.			
Descrição do Conteúdo: Ementa: Instrumentos básicos de medidas, experimentos de mecânica, acústica, termologia. Medidas elétricas. Programa: 1. Instrumentos de medidas: paquímetro e micrômetro. 2. Experiências de mecânica: pêndulo simples, movimento retilíneo uniformemente variado, equilíbrio. 3. Experiência de estática dos fluidos: princípio de Arquimedes e densimetria. 4. Experiência de acústica: determinação da velocidade do som no ar. 5. Experiência de calor: dilatação térmica, calorimetria e determinação do calor específico. 6. Instrumentos básicos de medidas elétricas: ohmímetro, voltímetro e amperímetro.			

Metodologia de Ensino:

Aulas experimentais, utilização de instrumentação básica, coleta de dados, análise das medidas e apresentação de relatórios.

Bibliografia Básica:

1. Roteiros de Práticas, N. L. Dias, apostila.

Bibliografia Complementar:

2. Halliday, D. e Resnick, R – Fundamentos de Física, Vol. 1, 2 e 3 – Livros Técnicos e Científicos – 4ª edição – São Paulo, 1991
3. Halliday, D. e Resnick, R. – Física – Vol. 1, 2 e 3 Livros Técnicos e Científicos – 4ª edição, São Paulo, 1984



Ministério da Educação e do Desporto
Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Graduação

Curso: Engenharia de Teleinformática		Código: 27 e 68	
Modalidade(s): Graduação		Currículo(s): 2009	
Departamento: Física			
Código	Nome da Disciplina		
CD0327	Física Fundamental		
Pré-Requisitos: nenhum			
Carga Horária		Número de Créditos	Carga Horária Total
Teórica:	(x)	8.0	128
Prática:	()		
Obrigatória (x) Optativa () Eletiva ou Suplementar ()			
Regime da disciplina:		Anual (x)	Semestral ()
Descrição do Conteúdo:			
Ementa:			
Cinemática translacional e rotacional; dinâmica translacional; trabalho; energia; momento linear; princípios de conservação e colisões; O oscilador harmônico simples: livre, amortecido e forçado; ondas progressivas e estacionárias; fluidos: princípios de Pascal e Arquimedes; equações da continuidade e Bernoulli; calor; primeira lei da Termodinâmica; gás ideal; ciclo de Carnot; segunda lei da Termodinâmica e entropia.			
Programa:			
1. <u>INTRODUÇÃO</u> : Grandezas físicas, vetores e escalares, decomposição e adição de vetores, multiplicações de vetores.			
2. <u>MOVIMENTO EM UMA DIMENSÃO</u> : Cinemática da partícula, velocidade média e instantânea, movimento retilíneo com aceleração constante, aceleração média e instantânea, corpos em queda livre.			
3. <u>MOVIMENTO EM UM PLANO COM ACELERAÇÃO CONSTANTE</u> : Movimento em um plano com aceleração constante, movimento de projéteis, movimento circular uniforme, aceleração tangencial no movimento circular, velocidade e aceleração relativas.			
4. <u>DINÂMICA DA PARTÍCULA</u> : Leis de Newton, aplicações, forças de atrito, força centrípeta.			
5. <u>TRABALHO – ENERGIA</u> : Trabalho de uma força constante, trabalho de uma força variável, potência, energia cinética.			
6. <u>CONSERVAÇÃO DA ENERGIA</u> : Forças conservativas e não conservativas, energia potencial, sistemas conservativos, conservação da energia, massa e energia.			
7. <u>CONSERVAÇÃO DO MOMENTO LINEAR</u> : Centro de massa, movimento do centro de massa, momento linear de uma partícula e de um sistema de partículas, conservação do momento linear, aplicações.			
8. <u>COLISÕES</u> : Impulsão e momento linear, choques mecânicos em um plano, secção eficaz de choque.			
9. <u>OSCILAÇÕES</u> : O Movimento Harmônico Simples. Energia no Movimento Harmônico Simples. Aplicações. Relação entre o Movimento Harmônico Simples e Movimento Circular Uniforme. Superposição de movimentos harmônicos. Oscilação de dois corpos. Oscilações amortecidas e forçadas. Ressonância.			

10. ONDAS EM MEIOS ELÁSTICOS: Ondas Mecânicas. Ondas progressivas. O princípio da superposição. Velocidade, potência e intensidade de uma onda. Interferência de ondas. Ondas estacionárias. Ressonância.
11. ESTÁTICA DOS FLUIDOS: Flúidos. Variação da pressão em um fluido em repouso. Princípios de Pascal e Arquimedes. Medida de pressão.
12. DINÂMICA DOS FLUIDOS: Conceitos gerais sobre o escoamento dos fluidos. Linhas de corrente. Equação da Continuidade. Equação de Bernoulli. Aplicações. Conservação do momento na mecânica dos fluidos.
13. TEMPERATURA: Descrições macroscópicas e microscópicas. Equilíbrio termodinâmico. Medida de temperatura. O termômetro de gás a volume constante. A Escola Termométrica de um gás Ideal. As escalas Celsius e Fahrenheit. Dilatação Térmica.
14. CALOR E A PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA: Calor, uma forma de energia. Quantidade de calor e calor específico. Capacidade térmica molar dos sólidos. Condução de calor. Calor e trabalho. Primeira lei de Termodinâmica. Aplicações.
15. TEORIA CINÉTICA DOS GASES: Gás Ideal: Definições microscópicas e macroscópicas. Cálculo cinético da pressão. Interpretação cinética da temperatura. Calor específico de um gás ideal. Equipartição de energia.
16. ENTROPIA E SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA: Transformações reversíveis e irreversíveis. O ciclo de Carnot. A segunda lei da Termodinâmica. O rendimento das máquinas. Entropia: Processos reversíveis e irreversíveis. Entropia e segunda lei. Entropia e desordem.

Bibliografia Básica:

1. Física – Resnick Halliday, Vol. I e II

Bibliografia Complementar:

2. Sears Zemansky, Vol. I e II



Ministério da Educação e do Desporto
Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Graduação

Curso: Engenharia de Teleinformática		Código: 27 e 68	
Modalidade(s): Graduação		Currículo(s): 2009	
Departamento: Matemática			
Código	Nome da Disciplina		
CB0696	Introdução à Álgebra		
Pré-Requisitos: nenhum			
Carga Horária		Número de Créditos	Carga Horária Total
Teórica:	(x)	8.0	128
Prática :	()		
Obrigatória (x)		Optativa ()	
Regime da disciplina:		Eletiva ou Suplementar ()	
Anual (x)		Semestral ()	
Justificativa: Muitos problemas de engenharia podem ser resolvidos quando os elementos que o compõem são percebidos como pertencentes a certos conjuntos matemáticos nos quais se visualizam suas soluções. Destacam-se, dentre estes conjuntos, aqueles munidos de operações algébricas com propriedades de grupos, de anéis ou de espaços vetoriais. Logo no segundo ano, o aluno do CGETI se depara com problemas que podem ser modelados em espaços com propriedades algébricas. Justifica-se, com isso, o ensino da disciplina Introdução à Álgebra no primeiro ano.			
Objetivos:			
1. Fornecer ao estudante de primeiro ano do CGETI noções básicas das teorias dos grupos e dos anéis, com objetivos não apenas conteudistas, mas visando também ao desenvolvimento de seu raciocínio abstrato, lógico-matemático.			
2. Antecipar para o primeiro ano o ensino de Álgebra Linear, explorando seus aspectos teóricos, definições, teoremas, etc, cujos conteúdos são bastante aplicados em disciplinas específicas da engenharia a partir do segundo ano.			
Descrição do Conteúdo:			
Ementa: Sistemas lineares e matrizes; espaços vetoriais; Resolução de sistemas lineares; Soluções numéricas das equações; Introdução à lógica; Introdução às estruturas algébricas; Introdução à teoria dos grupos; Anéis de Polinômios.			
Programa:			
1. Sistemas Lineares e Matrizes: Álgebra das matrizes, determinantes, operações elementares e a forma escalonada, transposta de uma matriz, inversão de matrizes, solução de um sistema de equações lineares			
2. Espaços Vetoriais: subespaços; dependência e independência linear; base e dimensão; produto interno; norma euclidiana; espaços ortogonais.			
3. Transformações Lineares: imagem e núcleo; transformações injetoras/sobre e inversas; transformações e matrizes; mudança de base; posto de uma matriz; auto-valores e auto-vetores; polinômio característico; diagonalização de matrizes; processo de ortogonalização de Gram-Schmidt.			
4. Resolução de sistemas lineares: Métodos diretos: conceito; eliminação de Gauss; fatoração LU; fatoração de Choleski; Fatorização QR - Householder - Givens (definição e exemplos). Métodos iterativos: conceito; Gauss-Jacobi; Gauss-Seidel.			
5. Soluções numéricas de equações: Equações algébricas e transcendentais: conceito; isolamento de raízes; refinamento da solução; Métodos iterativos: bi-seção; Newton-Raphson; comparação dos métodos.			
6. Introdução à Lógica: Lógica dos conectivos e dos quantificadores.			
7. Introdução às Estruturas Algébricas: Conjuntos, funções, indução e seqüências, introdução à divisibilidade.			
8. Introdução à teoria dos grupos: relações, números inteiros, números primos, fatoração de números inteiros em primos, operações, definição de grupos, propriedades, exemplos, subgrupos, classes de equivalência, grupos abelianos.			

9. Anéis de polinômios: Definição, igualdade de polinômios, operações, grau de um polinômio, divisão euclidiana, máximo divisor comum (mdc), algoritmo para cálculo de mdc, grafos.

Bibliografia Básica:

1. Álgebra Linear, Hoffman-Kunze;

2. Linear Algebra, Strang

Bibliografia Complementar:

3. Álgebra Linear, Coleção Schaum

4. Álgebra Linear, Steinbruch-Winterle



Ministério da Educação e do Desporto
Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Graduação

Curso: Engenharia de Teleinformática		Código: 27 e 68	
Modalidade(s): Graduação		Currículo(s): 2009	
Departamento: Engenharia de Teleinformática			
Código	Nome da Disciplina		
TI0045	Projeto Lógico Digital		
Pré-Requisitos: nenhum			
	Carga Horária	Número de Créditos	Carga Horária Total
Teórica:	(x)	4.0	64
Prática:	(x)	4.0	64
Obrigatória (x)	Optativa ()	Eletiva ou Suplementar ()	
Regime da disciplina: Anual (x) Semestral ()			
Justificativa: Para a formação acadêmica de profissionais na área de Engenharia de Teleinformática é de fundamental importância que estes sejam capazes de projetar e reconhecer os sistemas digitais modernos. Além disso, as tecnologias que estão atualmente disponíveis no mercado para a implementação dos equipamentos eletrônicos de comunicação, de informática e de automação apresentam como princípios básicos de projeto, os conceitos teórico-práticos fundamentais da disciplina Projeto Lógico Digital.			
Objetivos:			
<ol style="list-style-type: none">1. Apresentar os conceitos básicos de eletrônica digital;2. Empregar técnicas avançadas de projeto e de implementação de circuitos digitais para solucionar problemas do mundo real;3. Capacitar o aluno a utilizar a Álgebra Booleana e o Mapa de Karnaugh para manipular expressões lógicas;4. Capacitar o aluno a analisar a funcionalidade de circuitos digitais simples através do uso de tabelas verdade;5. Capacitar o aluno a projetar circuitos digitais através do uso de suas tabelas verdades;6. Adquirir habilidades básicas para a manipulação de programas simuladores de circuitos digitais;7. Conhecer as características funcionais das memórias semicondutoras;8. Entender a construção de blocos combinacionais e sequenciais, além de suas aplicações a sistemas microprocessados;9. Aprender a realizar projetos lógicos digitais utilizando uma linguagem de descrição de Hardware (HDL)..			

Descrição do Conteúdo

Ementa:

Álgebra de Variáveis Lógicas; Funções Lógicas; Circuitos Combinacionais: codificadores, decodificadores, multiplexadores, demultiplexadores, comparadores, circuitos lógicos aritméticos; Circuitos Seqüenciais: latches, flip-flops (FF); registradores; contadores; divisores de frequência, controladores; memória, módulos lógicos programáveis; linguagem HDL e técnicas de programação de dispositivos lógicos reconfiguráveis.

1. **Álgebra das Variáveis Lógicas:** Variáveis Lógicas; Funções Lógicas; Sistemas de Numeração; Conversão entre Sistemas de Numeração; Noções de Códigos (geração e conversão); Álgebra de Boole; Teorema de De Morgan; Mintermos e Maxtermos; Soma de Produtos (SOP) e Produto de Somas (POS); Simplificação de Expressões Booleanas por Veitch-Karnaugh; Implicantes Primos.
2. **Circuitos Combinacionais:** Estrutura e Operação de Circuitos Integrados (componentes eletrônicos) das diversas famílias, (TTL, CMOS, etc); Parâmetros e Atraso de Propagação; Exemplos de Circuitos Integrados (CIs); Codificadores e Decodificadores; Multiplexadores e Demultiplexadores; Display de 7 segmentos; Geradores e Conversores de Códigos.
3. **Sistemas Combinacionais Aritméticos:** Representação de Números Inteiros com Sinal e Operações Básicas; Somadores e Módulos Somadores; Módulos Comparadores; Módulos de Aritmética e Lógica; Representação Simbólica do IEEE.
4. **Circuitos Seqüenciais:** Definições; Máquinas Seqüenciais Síncronas e Assíncronas; Latch; Flips-Flops (RS, D, JK e T); Aplicações Básicas: contadores e divisores de frequência; Representação das Funções de Transição de Estado; Projeto de Redes com Flip-Flops, Registrador de Deslocamento, Contadores; Máquinas de Estado Finito (noções); Controladores.
5. **Redes Seqüenciais (Sistemas):** Forma Canônica de Circuitos Seqüenciais; Característica de Tempo das Redes Seqüenciais; Máquinas de Estado Finito (aprofundamento); Especificação de Circuitos Seqüenciais; Sistemas Seqüenciais Equivalentes e Minimização do Número de Estados Circuitos Reconhecedores de Padrões.
6. **Módulos Programáveis:** Fundamentos; Diversidade de Módulos Programáveis; Matrizes Seqüenciais Programáveis; Redes de Módulos Programáveis; Vantagens e Desvantagens dos Módulos Programáveis; Matrizes de Portas Programáveis; Linguagem de Especificação de Hardware (HDL).
7. **Dispositivos de Memória:** Definições; Tipos Básicos e suas Características; Princípio de Funcionamento; Aplicações.
8. **Noções de Microprocessadores:** Definições Básicas; Nomenclatura; Arquitetura Básica; Princípios de Funcionamento.

Práticas:

- 01 – P01: Utilização do software de simulação: circuitos eletro-eletrônicos básicos;
02 – P02: Utilização de instrumentos de medição: Ohmímetro/Voltímetro /Amperímetro (circuitos eletroeletrônicos básicos);
03 – P03: Utilização de software de simulação de circuitos digitais: portas lógicas básicas;
04 – P04: Estudo do módulo digital 8810 – Portas lógicas básicas (P05);
05 – P05: Implementação: circuitos conversores de código (P06);
06 – P06: Circuito gerador e verificador de prioridade e circuito codificador com prioridade;
07 – P07: Circuitos aritméticos multiplexador e demultiplexador;
08 – P08: Circuito conversor de código BCD para display de 7 segmentos;
09 – P09: Circuitos combinacionais aritméticos: somador e subtrator;
10 – P10: Introdução à linguagem VHDL: circuitos eletrônicos básicos;
11 – P11: Introdução à linguagem VHDL: circuitos eletrônicos básicos;
12 – P12: CAD para elaboração de Placas de Circuito Impresso (software);
13 – Projeto; [Pr₁]

- 14 – P14: Implementação de flip-flops D com portas lógicas básicas;
15 – P15: Implementação e aplicação de flip-flops JK;
16 – P16: Aplicações de flip-flops do tipo D e do tipo JK;
17 – P17: Projeto de registrador de deslocamento com flip-flop;
18 – P18: Projeto de contadores com flip-flops;
19 – P19: Registrador de deslocamento bidirecional;
20 – P20: Projetos sequenciais com FF's (aplicação);
21 – P21: Gerador e reconhecedor de sequência;
22 – P22: Opcional;
23 – P23: Utilização de memórias semicondutoras – Pilha RAM;
24 – P24: Utilização de memórias semicondutoras – Pilha RAM;
25 – P25: Utilização de memórias semicondutoras – Grava Eprom;
26 – Projeto; [Pr₂]

Bibliografia Básica:

1. Notas de Aula
2. TOCCI, R.; WIDMER, N. S.: Sistemas Digitais. Princípios e Aplicações. Livros Técnicos e Científicos. 10ª. Edição, 2007;
3. ERCEGOVAC, M.; Lang, T.; Moreno, J.H., Introdução aos Sistemas Digitais, Bookman, 2000;
4. WAKERLY, John F., Digital Design: Principles and Practices, Prentice Hall International, second edition, 1994, New Jersey
5. TAUB, H, Circuitos Digitais e Microprocessadores. São Paulo: Editora McGraw-Hill do Brasil, 1984;

Bibliografia Complementar:

6. YARBROUGH, John M., *Digital Logic: Applications and Design*, PWS Publishing Company, 1997, Boston.
7. MANO, Morris. *Digital Design*. New York: Editora Prentice-Hall International, 2ª edição, 1991.
8. LALA, Parag K., *Practical Digital Logic Design and Testing*, Editora Prentice Hall, 1996, New Jersey.
9. ROTH Jr, Charles H., *Fundamentals of Logic Design*, PWS Publishing Company, Fourth Edition, 1995, Boston.
10. MANO, M.M; C.H. KLIME: *Logic and Computer Design Fundamentals. 2nd edition*. Prentice-Hall. 2000.
11. MALVINO, A. P. & LEACH, D. P. *Eletrônica Digital - Princípios e Aplicações*. São Paulo: Editora McGraw-Hill, vol 1 e 2. 1987.
12. IDOETA, I. V. & CAPUANO, F. G. - *Elementos de Eletrônica Digital*. São Paulo: Editora Érica, 1984;
13. BIGNELL, James W. & DONOVAN, Robert L. *Eletrônica Digital*. São Paulo: Editora Makron Books, vol. 1 e 2, 1995.
14. HAYES, John P. *Introduction to Digital Logic Design*. New York: Editora Addison-Wesley, 1993.
15. ASHENDEN, Peter J. *The VHDL Cookbook*. University of Adelaide, Australia, 1990.
16. John Uyemura, *Sistemas Digitais – Uma abordagem Integrada*, Ed. Thomson Pioneira (tradução de Gustavo Guimarães). ISBN 85-221-0268-6



Ministério de Educação e do Desporto
Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Graduação

Curso: Engenharia de Teleinformática Diurno e Noturno		Código do Curso: 27 e 68
Modalidade(s): Graduação		Currículo(s): 2009
Departamento: Química Orgânica e Inorgânica		
Código:	Nome da Disciplina:	
CE0846	Química Geral para Engenharia	
Pré-Requisitos: nenhum		
Carga Horária	Número de Créditos	Carga Horária Total
Teórica (x)	4.0	64
Prática (x)	2.0	32
Obrigatória (x) Optativa () Eletiva ou Suplementar ()		
Regime da disciplina: Anual (x) Semestral ()		
Justificativa:		
Objetivos:		
Descrição do Conteúdo:		
Ementa:		
Estudo dos conceitos fundamentais da química, relações de massa e energia nos fenômenos químicos, desenvolvimento do modelo do átomo, classificação periódica e estrutura molecular com ênfase em ligações no estado sólido. Discussão das relações de equilíbrio e suas aplicações em fenômeno envolvendo ácidos, bases e sistemas eletroquímicos, especialmente corrosão.		
Programa:		
1. Introdução: Alguns conceitos básicos; Importância da Química; Elementos, compostos e misturas; Métodos de separação; Propriedades da matéria; Métodos de Identificação.		
2. Estequiometria: Leis Ponderais; Teoria atômica de Dalton; Massas relativas; Número de Avogadro, massa molar; Concentração molar; Fórmula mínima; Equações químicas; Relações de massa nas reações; Reagente limitante; Rendimento teórico e real.		
3. Estrutura Atômica: Natureza da matéria; Componentes de átomo; Isótopos; Comportamento do átomo; Natureza da Luz; Modelo de Bohr para o átomo de hidrogênio, Partículas e ondas; Distribuição de elétrons nos átomos: A mecânica quântica e o átomo de hidrogênio.		
4. Classificação Periódica dos Elementos: Desenvolvimento histórico; Tabela periódica moderna; Metais e não metais; Elementos do bloco S; Elementos do bloco p; Alguns elementos de transição; Propriedades atômicas: tamanho, energia de ionização, afinidade, eletropositividade; Tendência das propriedades atômicas.		
5. Ligações Químicas: Ligação iônica; Ligação covalente; Estrutura de Lewis, Ressonância, Carga Formal; Geometria molecular e polaridade; orbitais híbridos; orbitais moleculares; Ligações metálicas.		
6. Estrutura e ligações em sólidos: Estrutura cristalina, Célula unitária; Ligações em		

cristais; Defeitos em sólidos; Propriedades físicas e estruturas, diagrama da fase.

7. **Água e Soluções:** Formas de expressar concentração; Princípios de solubilidade; Propriedades coligativas de solução de eletrólitos e não eletrólitos; Fontes naturais de água; Poluição da água; purificação da água.
8. **Cinética e Equilíbrio Químico:** Constante de equilíbrio; Aplicações da constante de equilíbrio; Efeito das variações nas condições sobre a posição de equilíbrio; Fatores que influenciam a velocidade de reação.
9. **Ácidos e Bases:** Dissociação da água; Natureza dos ácidos e das bases; Escala de pH; Ácidos e bases fortes e fracos; Propriedades ácido-base das soluções salinas; Titulação ácido-base; Solução tampão.
10. **Oxidação e Redução:** Células Eletroquímicas; Introdução à eletroquímica; Reações de oxidação e redução; Células galvânica; Potenciais padrão; Corrosão de metais.

Bibliografia Básica:

1. Masterton, W.L., Slowinski, E.J. e Stanitski, C.L. - Princípios de Química, 6a. ed., Ed. Guanabara, 1990.
2. Kotz & Treichel, Química e Reações Químicas, 3ª ed., vol. 1 e 2, Ed. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1998.
3. Chang, R., Química, 5ª ed. Mc Graw Hill, 1998.

Bibliografia Complementar:

1. Chang, R., Chemistry, 6ª ed., McGraw-Hill, 1998.
2. Atkins, P. e Jones L., Chemistry Molecules, Matter and Change, 3ª ed., Freeman, 1997.
3. Limland, J.B. e Bellama, J.M., General Chemistry, 2ª ed., West, 1996.
4. Fine, L.W.; Beall, H., Chemistry for Engineers and Scientists, Saunders College Publishing, 1990.
5. Brady, J.E e Holum, J.F., Chemistry, The Study of Matter and its Changes, Jonh Wiley & Sons, 1993.
6. Olmsted, J. e Williams, G.M.; Chemistry, the Molecular Science, Mosby, 1994.
7. Atkins, P.W. e Beran J.A, General Chemistry, 2ª ed., Scientific American Books, 1992.Z.



Ministério da Educação e do Desporto
Universidade Federal do Ceará
Pró-Reitoria de Graduação

Curso: Engenharia de Teleinformática		Código: 27 e 68	
Modalidade(s): Graduação		Currículo(s): 2009	
Departamento: Engenharia de Teleinformática			
Código	Nome da Disciplina		
TI0044	Técnicas de Programação para Engenharia I		
Pré-Requisitos: nenhum			
Carga Horária		Número de Créditos	Carga Horária Total
Teórica:	(x)	4.0	64
Prática:	(x)	4.0	64
Obrigatória (x) Optativa () Eletiva ou Suplementar ()			
Regime da disciplina:		Annual (x) Semestral ()	
Justificativa: Iniciar o aluno nas técnicas estruturadas de projeto e implementação de programas, abordando definições de conceitos e a evolução das técnicas estruturadas de programação. São apresentadas também as técnicas de projeto, implementação, construção, teste e evolução de programas bem como as técnicas de programação orientada a objetos.			
Objetivos:			
<ol style="list-style-type: none">1. Conhecer os principais conceitos e características do paradigma de programação estruturada, como tipos abstratos de dados e estruturas de dados, através do uso de linguagem específica.2. Conhecimento e aplicação dos conceitos de estruturas de dados complexas: listas, pilhas, filas, árvores. Estudo do armazenamento de dados no conceito de pesquisa e ordenação.3. Demonstrar capacidade de dedução, raciocínio lógico e de promover abstrações.			
Descrição do Conteúdo:			
Ementa: Conceitos básicos para a construção de algoritmos. Estrutura condicional. Estrutura de repetição. Variáveis compostas homogêneas e heterogêneas. Modularização. Estruturas de dados elementares. Manipulação de arquivos. Teste e depuração de programas. Criação e manipulação de projetos. Conceitos de estruturas de dados complexas. Pesquisa e ordenação. Listas lineares, suas generalizações e aplicações: listas encadeadas com aplicação de pilhas e filas. Árvores, suas generalizações e aplicações: árvores binárias, árvores de busca árvores AVL, árvores B. Hashing.			
Programa:			
<ol style="list-style-type: none">1. Introdução à Linguagem C: organização de um computador, bit x byte, sistemas de numeração, conversão entre bases, linguagens de programação, interpretadores e compiladores, ambientes de desenvolvimento integrado.2. Operadores e Expressões: aritméticos, relacionais, lógicos, bit-a-bit, precedência, expressões.3. Estruturas de Controle: comandos de seleção, de desvio e de repetição.4. Entrada e Saída via Console.5. Arrays e strings : arrays unidimensionais (vetores), cadeia de caracteres (<i>strings</i>), arrays bidimensionais (tabelas), arrays multidimensionais.6. Tipos Abstratos de Dados: estruturas, enumerações e uniões.7. Ponteiros: declaração e manipulação, ponteiros e arrays, alocação dinâmica de memória.8. Funções: funções pré-definidas (bibliotecas padrão), funções de entrada e saída via console, passagem de parâmetros, recursividade, parâmetros da função <i>main()</i>.9. Streams e Arquivos: arquivos de texto x arquivos binários, funções para manipulação de arquivos.10. Conceitos de estruturas de dados complexas:			

11. **Pesquisa e ordenação:** Métodos Buble, Merge Sort, Quick Sort, Heap, Heap Sort.
12. **Listas lineares:** suas generalizações e aplicações: listas encadeadas com aplicação de pilhas e filas.
13. **Árvores:** suas generalizações e aplicações: árvores binárias, árvores de busca, árvores AVL, árvores B. Hashing.

Bibliografia Básica:

1. C++ COMO PROGRAMAR 5ª EDIÇÃO - ACOMPANHA CD, DEITEL - Pearson / Prentice Hall (Grupo Pearson) - ISBN: 8576050560
2. JAVA COMO PROGRAMAR (6ª EDIÇÃO) DEITEL - Pearson / Prentice Hall (Grupo Pearson) - ISBN: 8576050196

ANEXO B

Estrutura Curricular do Curso de ETI

Segue os 7 tipo de currículos disponíveis no sistema SIGAA do curso de graduação em ETI da UFC.

Código: 2009.1	
Matriz curricular: ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA (DIURNO) - FORTALEZA - Presencial - Engenharia de Computação e Engenharia de Telecomunicações - MT - FORMAÇÃO	
Período Letivo de Entrada em Vigor: 2014-1	
Carga Horária: Total Mínima 3600, Optativa Mínima 704	
Prazos em Períodos Letivo: Mínimo 10, Médio 10, Máximo 15	
Créditos por Período Letivo: Mínimo 4, Médio 40, Máximo 41	
1º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CB0695 - CALCULO FUNDAMENTAL - 160h	Obrigatória
CB0696 - INTRODUCAO A ALGEBRA - 128h	Obrigatória
CD0327 - FISICA FUNDAMENTAL - 128h	Obrigatória
CD0328 - FISICA EXPERIMENTAL PARA ENGENHARIA - 32h	Obrigatória
CE0846 - QUIMICA GERAL PARA ENGENHARIA - 96h	Obrigatória
TC0617 - DESENHO PARA ENGENHARIA - 64h	Obrigatória
TI0044 - TECNICAS DE PROGRAMACAO PARA ENGENHARIA I - 128h	Obrigatória
TI0045 - PROJETO LOGICO DIGITAL - 128h	Obrigatória
TI0046 - INTRODUCAO A ENGENHARIA - 64h	Obrigatória
CH Total: 928h.	
2º período	
Estrutura Curricular	Natureza
CH Total: 0h	
3º período	
Estrutura Curricular	Natureza
TI0047 - SINAIS E SISTEMAS - 128h	Obrigatória
TI0048 - MODELOS PROBABILISTICOS PARA ENGENHARIA - 128h	Obrigatória
TI0049 - MATEMATICA APLICADA PARA ENGENHARIA - 160h	Obrigatória
TI0050 - ELETROMAGNETISMO APLICADO - 160h	Obrigatória
TI0051 - SISTEMAS MICROPROCESSADOS - 96h	Obrigatória
CH Total: 672h.	
4º período	
Estrutura Curricular	Natureza
TI0052 - TECNICAS DE PROGRAMACAO PARA ENGENHARIA II - 64h	Obrigatória
CH Total: 64h.	
5º período	
Estrutura Curricular	Natureza
TD0943 - FENOMENOS DE TRANSPORTE - 64h	Obrigatória
TI0053 - GUIAS E ONDAS - 80h	Obrigatória
TI0054 - CIRCUITOS ELETRICOS - 96h	Obrigatória

TI0055 - PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS - 64h	Obrigatória
TI0056 - INTRODUCAO A TEORIA DA INFORMACAO - 64h	Obrigatória
CH Total: 368h	
6º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TE0252 - FUNDAMENTOS DE MECANICA DOS SOLIDOS - 32h	Obrigatória
TH0230 - ELETROTÉCNICA – 32h	Obrigatória
TH0231 - LABORATÓRIO DE ELETROTÉCNICA - 32h	Obrigatória
TI0057 - CIRCUITOS ELETRONICOS - 96h	Obrigatória
TI0058 - SISTEMAS DE COMPUTACAO - 80h	Obrigatória
TI0059 - INTRODUCAO AOS SISTEMAS DE COMUNICACOES - 64h	Obrigatória
TI0060 - MATERIAIS ELTRONICOS E OPTOELETRONICOS - 64h	Obrigatória
CH Total: 400h	
7º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CH Total: 0h.	
8º período	
Estrutura Curricular	Natureza
CH Total: 0h.	
9º período	
Estrutura Curricular	Natureza
TD0922 - HIGIENE INDUSTRIAL E SEGURANCA DO TRABALHO - 32h	Obrigatória
TI0010 - ESTAGIO SUPERVISIONADO - 160h	Obrigatória
TI0061 - PROJETO FINAL DE CURSO - 96h	Obrigatória
TK0134 - FUNDAMENTOS DE ADMINISTRAÇÃO - 32h	Obrigatória
TK0143 - ECONOMIA DA ENGENHARIA I - 64h	Obrigatória
CH Total: 384h.	
10º período	
Estrutura Curricular	Natureza
CB0699 - ALGEBRA APLICADA I - 64h	Optativa
CK0114 - FUNDAMENTOS DE BANCOS DE DADOS - 96h	Optativa
HC0747 - INGLES TECNICO - 64h	Optativa
HD0767 - INTRODUCAO A METODOLOGIA CIENTIFICA - 64h	Optativa
HD0948 - REALIDADE SOCIOECONOMICA E POLITICA BRASILEIRA - 64h	Optativa
HD0957 - INTRODUCAO A SOCIOLOGIA - 64h	Optativa
HD0959 - INTRODUCAO AS CIENCIAS HUMANAS - 64h	Optativa
HLL0077 - LÍNGUA BRASILEIRA DE SINAIS - LIBRAS - 64h	Optativa
TI0062 - REDES DE COMUNICACOES - 64h	Optativa
TI0063 - COMUNICACOES MOVEIS I - 64h	Optativa
TI0064 - COMUNICACOES OPTICAS - 64h	Optativa
TI0065 - ANTENAS - 96h	Optativa
TI0066 - LABORATORIO DE PDS - 32h	Optativa
TI0067 - DISPOSITIVOS E SISTEMAS DE MICROONDAS - 80h	Optativa
TI0068 - DISPOSITIVOS OPTOELETRONICOS - 64h	Optativa

TI0069 - SISTEMAS DE COMUNICACOES DIGITAIS - 64h	Optativa
TI0070 - SISTEMAS DE COMUNICACOES VIA RADIO - 64h	Optativa
TI0071 - COMUNICACOES POR SATELITES - 64h	Optativa
TI0072 - LABORATORIO DE COMUNICACOES MOVEIS - 32h	Optativa
TI0073 - TV DIGITAL - 64h	Optativa
TI0074 - SISTEMAS MICROPROGRAMADOS - 64h	Optativa
TI0075 - REDES DE COMPUTADORES I - 64h	Optativa
TI0076 - SISTEMAS DE TEMPO REAL - 64h	Optativa
TI0077 - INTELIGENCIA COMPUTACIONAL APLICADA - 64h	Optativa
TI0078 - FUNDAMENTOS PARA PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS - 64h	Optativa
TI0079 - REDES DE COMPUTADORES II - 64h	Optativa
TI0080 - DESENV DE APLICACOES PARA WEB - 64h	Optativa
TI0081 - MICROELETRONICA - 64h	Optativa
TI0082 - INSTRUMENTACAO E CONTROLE - 64h	Optativa
TI0083 - SISTEMAS E APLICACOES MULTIMIDIA - 64h	Optativa
TI0084 - COMPUTACAO MOVEIS - 64h	Optativa
TI0085 - GESTAO DE PROJETOS EM TELEINFORMATICA - 64h	Optativa
TI0086 - GESTAO DE SERVICOS EM TELEINFORMATICA - 64h	Optativa
TI0087 - COMUNICACOES MOVEIS II - 64h	Optativa
TI0088 - INTRODUCAO AO PROCESSAMENTO ESTATISTICO DE SINAIS - 64h	Optativa
TI0089 - CONTROLE EM TEMPO REAL POR COMPUTADOR - 64h	Optativa
TI0090 - SISTEMAS INTELIGENTES EM CONTROLE E AUTOMACAO DE PROCESSOS - 64h	Optativa
TI0091 - INTRODUCAO A ROBOTICA - 64h	Optativa
TI0092 - MODELAGEM E CONTROLE DE ROBOS MOVEIS - 64h	Optativa
TI0093 - AQUISICAO DE BISSINAIS - 64h	Optativa
TI0094 - TOPICOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA I - 48h	Optativa
TI0095 - TOPICOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA II - 48h	Optativa
TI0096 - TOPICOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA III - 48h	Optativa
TI0097 - INTRODUCAO AO RECONHECIMENTO DE PADROES - 64h	Optativa
TI0098 - FISICA QUANTICA PARA TELEINFORMATICA - 64h	Optativa
TI0099 - REDES INDUSTRIAIS - 64h	Optativa
TI0100 - COMPATIBILIDADE ELETROMAGNETICA - 64h	Optativa
TI0101 - INTRODUCAO A CRIPTOGRAFIA - 64h	Optativa
TI0102 - ENGENHARIA DE SOFTWARE - 64h	Optativa
TI0103 - PESQUISA OPERACIONAL PARA ENGENHARIA - 64h	Optativa
TI0104 - ELETROTECNICA APLICADA - 64h	Optativa
TI0105 - INTRODUCAO A MECANICA DOS SOLIDOS - 32h	Optativa
TK0142 - ADMINISTRAÇÃO GERAL - 64h	Optativa
TK0195 - GESTÃO DE CUSTOS - 64h	Optativa
TK0231 - SISTEMA DE INFORMAÇÃO GERENCIAL - 64h	Optativa
TK0243 - EMPREENDEDORISMO PARA ENGENHARIA	Optativa

TK0247 - TEORIA DAS DECISÕES - 32h	Optativa
ZZ001 - ATIVIDADES COMPLEMENTARES - 16h	Optativa
TD0921 - ENGENHARIA AMBIENTAL - 48h	Obrigatória
TK0218 - ÉTICA E LEGISLAÇÃO - 32h	Obrigatória
CH Total: 3616h.	

Código: 2009.1A	
Matriz Curricular: ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA (DIURNO) - FORTALEZA - Presencial - Engenharia de Computação - MT – FORMAÇÃO	
Período Letivo de Entrada em Vigor: 2013 – 2	
Carga Horária: Total Mínima 3600, Optativas Mínima 704	
Prazos em Períodos Letivo: Mínimo 10, Médio 10, Máximo 15	
Créditos por Período Letivo: Mínimo 5, Médio 40, Máximo 41	
1º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CB0695 - CALCULO FUNDAMENTAL - 160h	Obrigatória
CB0696 - INTRODUCAO A ALGEBRA - 128h	Obrigatória
CD0327 - FISICA FUNDAMENTAL - 128h	Obrigatória
CD0328 - FISICA EXPERIMENTAL PARA ENGENHARIA - 32h	Obrigatória
CE0846 - QUIMICA GERAL PARA ENGENHARIA - 96h	Obrigatória
TC0617 - DESENHO PARA ENGENHARIA - 64h	Obrigatória
TI0044 - TECNICAS DE PROGRAMACAO PARA ENGENHARIA I - 128h	Obrigatória
TI0045 - PROJETO LOGICO DIGITAL - 128h	Obrigatória
TI0046 - INTRODUCAO A ENGENHARIA - 64h	Obrigatória
CH Total: 928h.	
2º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CH Total: 0h.	
3º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TI0047 - SINAIS E SISTEMAS - 128h	Obrigatória
TI0048 - MODELOS PROBABILISTICOS PARA ENGENHARIA - 128h	Obrigatória
TI0049 - MATEMATICA APLICADA PARA ENGENHARIA - 160h	Obrigatória
TI0050 - ELETROMAGNETISMO APLICADO - 160h	Obrigatória
TI0051 - SISTEMAS MICROPROCESSADOS - 96h	Obrigatória
CH Total: 672h.	
4º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TI0052 - TECNICAS DE PROGRAMACAO PARA ENGENHARIA II - 64h	Obrigatória
CH Total: 64h.	
5º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TD0943 - FENOMENOS DE TRANSPORTE - 64h	Obrigatória
TI0053 - GUIAS E ONDAS - 80h	Obrigatória
TI0054 - CIRCUITOS ELETRICOS - 96h	Obrigatória
TI0055 - PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS - 64h	Obrigatória
TI0056 - INTRODUCAO A TEORIA DA INFORMACAO - 64h	Obrigatória
CH Total: 368h.	
6º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TE0252 - FUNDAMENTOS DE MECANICA DOS SOLIDOS - 32h	Obrigatória
TH0167 - ELETROTECNICA - 64h	Obrigatória
TI0057 - CIRCUITOS ELETRONICOS - 96h	Obrigatória

TI0058 - SISTEMAS DE COMPUTACAO - 80h	Obrigatória
TI0059 - INTRODUCAO AOS SISTEMAS DE COMUNICACOES - 64h	Obrigatória
TI0060 - MATERIAIS ELTRONICOS E OPTOELETRONICOS - 64h	Obrigatória
CH Total: 400h.	
7º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CH Total: 0h.	
8º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CH Total: 0h.	
9º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TD0922 - HIGIENE INDUSTRIAL E SEGURANCA DO TRABALHO - 32h	Obrigatória
TI0010 - ESTAGIO SUPERVISIONADO - 160h	Obrigatória
TI0061 - PROJETO FINAL DE CURSO - 96h	Obrigatória
TK0134 - FUNDAMENTOS DE ADMINISTRAÇÃO - 32h	Obrigatória
TK0143 - ECONOMIA DA ENGENHARIA I - 64h	Obrigatória
CH Total: 384h.	
10º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CB0699 - ALGEBRA APLICADA I - 64h	Optativa
CK0114 - FUNDAMENTOS DE BANCOS DE DADOS - 96h	Optativa
HC0747 - INGLES TECNICO - 64h	Optativa
HD0767 - INTRODUCAO A METODOLOGIA CIENTIFICA - 64h	Optativa
HLL0077 - LÍNGUA BRASILEIRA DE SINAIS - LIBRAS - 64h	Optativa
HD0957 - INTRODUCAO A SOCIOLOGIA - 64h	Optativa
HD0959 - INTRODUCAO AS CIENCIAS HUMANAS - 64h	Optativa
HD0948 - REALIDADE SOCIOECONOMICA E POLITICA BRASILEIRA - 64h	Optativa
TI0062 - REDES DE COMUNICACOES - 64h	Optativa
TI0063 - COMUNICACOES MOVEIS I - 64h	Optativa
TI0065 - ANTENAS - 96h	Optativa
TI0064 - COMUNICACOES OPTICAS - 64h	Optativa
TI0066 - LABORATORIO DE PDS - 32h	Optativa
TI0067 - DISPOSITIVOS E SISTEMAS DE MICROONDAS - 80h	Optativa
TI0068 - DISPOSITIVOS OPTOELETRONICOS - 64h	Optativa
TI0069 - SISTEMAS DE COMUNICACOES DIGITAIS - 64h	Optativa
TI0070 - SISTEMAS DE COMUNICACOES VIA RADIO - 64h	Optativa
TI0071 - COMUNICACOES POR SATELITES - 64h	Optativa
TI0072 - LABORATORIO DE COMUNICACOES MOVEIS - 32h	Optativa
TI0073 - TV DIGITAL - 64h	Optativa
TI0074 - SISTEMAS MICROPROGRAMADOS - 64h	Optativa
TI0075 - REDES DE COMPUTADORES I - 64h	Optativa
TI0076 - SISTEMAS DE TEMPO REAL - 64h	Optativa
TI0077 - INTELIGENCIA COMPUTACIONAL APLICADA - 64h	Optativa
TI0078 - FUNDAMENTOS PARA PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS - 64h	Optativa
TI0079 - REDES DE COMPUTADORES II - 64h	Optativa
TI0080 - DESENV DE APLICACOES PARA WEB - 64h	Optativa

TI0081 - MICROELETRONICA - 64h	Optativa
TI0082 - INSTRUMENTACAO E CONTROLE - 64h	Optativa
TI0083 - SISTEMAS E APLICACOES MULTIMIDIA - 64h	Optativa
TI0084 - COMPUTACAO MOVEI - 64h	Optativa
TI0087 - COMUNICACOES MOVEIS II - 64h	Optativa
TI0086 - GESTAO DE SERVICOS EM TELEINFORMATICA - 64h	Optativa
TI0085 - GESTAO DE PROJETOS EM TELEINFORMATICA - 64h	Optativa
TI0088 - INTRODUCAO AO PROCESSAMENTO ESTATISTICO DE SINAIS - 64h	Optativa
TI0089 - CONTROLE EM TEMPO REAL POR COMPUTADOR - 64h	Optativa
TI0090 - SISTEMAS INTELIGENTES EM CONTROLE E AUTOMACAO DE PROCESSOS - 64h	Optativa
TI0091 - INTRODUCAO A ROBOTICA - 64h	Optativa
TI0092 - MODELAGEM E CONTROLE DE ROBOS MOVEIS - 64h	Optativa
TI0093 - AQUISICAO DE BIOSINAIS - 64h	Optativa
TI0096 - TOPICOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA III - 48h	Optativa
TI0095 - TOPICOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA II - 48h	Optativa
TI0094 - TOPICOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA I - 48h	Optativa
TI0088 - INTRODUCAO AO PROCESSAMENTO ESTATISTICO DE SINAIS - 64h	Optativa
TI0097 - INTRODUCAO AO RECONHECIMENTO DE PADROES - 64h	Optativa
TI0098 - FISICA QUANTICA PARA TELEINFORMATICA - 64h	Optativa
TI0099 - REDES INDUSTRIAIS - 64h	Optativa
TI0100 - COMPATIBILIDADE ELETROMAGNETICA - 64h	Optativa
TI0101 - INTRODUCAO A CRIPTOGRAFIA - 64h	Optativa
TI0102 - ENGENHARIA DE SOFTWARE - 64h	Optativa
TK0142 - ADMINISTRAÇÃO GERAL - 64h	Optativa
TI0104 - ELETROTECNICA APLICADA - 64h	Optativa
TI0105 - INTRODUCAO A MECANICA DOS SOLIDOS - 32h	Optativa
TI0103 - PESQUISA OPERACIONAL PARA ENGENHARIA - 64h	Optativa
TK0195 - GESTÃO DE CUSTOS - 64h	Optativa
TK0231 - SISTEMA DE INFORMAÇÃO GERENCIAL - 64h	Optativa
TK0243 - EMPREENDEDORISMO PARA ENGENHARIA - 32h	Optativa
TK0247 - TEORIA DAS DECISÕES - 32h	Optativa
ZZ001 - ATIVIDADES COMPLEMENTARES - 16h	Optativa
TD0921 - ENGENHARIA AMBIENTAL - 48h	Obrigatória
TK0218 - ÉTICA E LEGISLAÇÃO - 32h	Obrigatória
CH Total: 3616h.	

Código: 2009.1	
Matriz Curricular: ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA (DIURNO) - FORTALEZA - Presencial - Engenharia de Computação - MT – FORMAÇÃO	
Período Letivo de Entrada em Vigor 2013 – 2	
Carga Horária: Total Mínima 3600, Optativa Mínima 704	
Prazos em Períodos Letivo: Mínimo 10, Médio 10, Máximo 15	
Créditos por Período Letivo: Mínimo 4, Médio 40, Máximo 41.	
1º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CB0695 - CALCULO FUNDAMENTAL - 160h	Obrigatória
CB0696 - INTRODUCAO A ALGEBRA - 128h	Obrigatória
CD0327 - FISICA FUNDAMENTAL - 128h	Obrigatória
CD0328 - FISICA EXPERIMENTAL PARA ENGENHARIA - 32h	Obrigatória
CE0846 - QUIMICA GERAL PARA ENGENHARIA - 96h	Obrigatória
TC0617 - DESENHO PARA ENGENHARIA - 64h	Obrigatória
TI0044 - TECNICAS DE PROGRAMACAO PARA ENGENHARIA I - 128h	Obrigatória
TI0045 - PROJETO LOGICO DIGITAL - 128h	Obrigatória
TI0046 - INTRODUCAO A ENGENHARIA - 64h	Obrigatória
CH Total: 928h.	
2º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CH Total: 0h.	
3º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TI0047 - SINAIS E SISTEMAS - 128h	Obrigatória
TI0048 - MODELOS PROBABILISTICOS PARA ENGENHARIA - 128h	Obrigatória
TI0049 - MATEMATICA APLICADA PARA ENGENHARIA - 160h	Obrigatória
TI0050 - ELETROMAGNETISMO APLICADO - 160h	Obrigatória
TI0051 - SISTEMAS MICROPROCESSADOS - 96h	Obrigatória
CH Total: 672h.	
4º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TI0052 - TECNICAS DE PROGRAMACAO PARA ENGENHARIA II - 64h	Obrigatória
CH Total: 64h.	
5º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TD0943 - FENOMENOS DE TRANSPORTE - 64h	Obrigatória
TI0053 - GUIAS E ONDAS - 80h	Obrigatória
TI0054 - CIRCUITOS ELETRICOS - 96h	Obrigatória
TI0055 - PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS - 64h	Obrigatória
TI0056 - INTRODUCAO A TEORIA DA INFORMACAO - 64h	Obrigatória
CH Total: 368h.	
6º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TE0252 - FUNDAMENTOS DE MECANICA DOS SOLIDOS - 32h	Obrigatória

TH0230 - ELETROTÉCNICA - 32h	Obrigatória
TH0231 - LABORATÓRIO DE ELETROTÉCNICA - 32h	Obrigatória
TI0057 - CIRCUITOS ELETRONICOS - 96h	Obrigatória
TI0058 - SISTEMAS DE COMPUTACAO - 80h	Obrigatória
TI0059 - INTRODUCAO AOS SISTEMAS DE COMUNICACOES - 64h	Obrigatória
TI0060 - MATERIAIS ELTRONICOS E OPTOELETRONICOS - 64h	Obrigatória
CH Total: 400h.	
7º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CH Total: 0h.	
8º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CH Total: 0h.	
9º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TD0922 - HIGIENE INDUSTRIAL E SEGURANCA DO TRABALHO - 32h	Obrigatória
TI0061 - PROJETO FINAL DE CURSO - 96h	Obrigatória
TI0010 - ESTAGIO SUPERVISIONADO - 160h	Obrigatória
TK0134 - FUNDAMENTOS DE ADMINISTRAÇÃO - 32h	Obrigatória
TK0143 - ECONOMIA DA ENGENHARIA I - 64h	Obrigatória
CH Total: 384h.	
10º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CB0699 - ALGEBRA APLICADA I - 64h	Optativa
CK0114 - FUNDAMENTOS DE BANCOS DE DADOS - 96h	Optativa
HC0747 - INGLES TECNICO - 64h	Optativa
HD0767 - INTRODUCAO A METODOLOGIA CIENTIFICA - 64h	Optativa
HD0948 - REALIDADE SOCIOECONOMICA E POLITICA BRASILEIRA - 64h	Optativa
HD0957 - INTRODUCAO A SOCIOLOGIA - 64h	Optativa
HD0959 - INTRODUCAO AS CIENCIAS HUMANAS - 64h	Optativa
HLL0077 - LÍNGUA BRASILEIRA DE SINAIS - LIBRAS - 64h	Optativa
TI0062 - REDES DE COMUNICACOES - 64h	Optativa
TI0063 - COMUNICACOES MOVEIS I - 64h	Optativa
CB0699 - ALGEBRA APLICADA I - 64h	Optativa
CK0114 - FUNDAMENTOS DE BANCOS DE DADOS - 96h	Optativa
HC0747 - INGLES TECNICO - 64h	Optativa
HD0767 - INTRODUCAO A METODOLOGIA CIENTIFICA - 64h	Optativa
HD0948 - REALIDADE SOCIOECONOMICA E POLITICA BRASILEIRA - 64h	Optativa
HD0957 - INTRODUCAO A SOCIOLOGIA - 64h	Optativa
HD0959 - INTRODUCAO AS CIENCIAS HUMANAS - 64h	Optativa
HLL0077 - LÍNGUA BRASILEIRA DE SINAIS - LIBRAS - 64h	Optativa
TI0062 - REDES DE COMUNICACOES - 64h	Optativa
TI0063 - COMUNICACOES MOVEIS I - 64h	Optativa
TI0074 - SISTEMAS MICROPROGRAMADOS - 64h	Optativa
TI0075 - REDES DE COMPUTADORES I - 64h	Optativa
TI0076 - SISTEMAS DE TEMPO REAL - 64h	Optativa

TI0077 - INTELIGENCIA COMPUTACIONAL APLICADA - 64h	Optativa
TI0078 - FUNDAMENTOS PARA PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS - 64h	Optativa
TI0079 - REDES DE COMPUTADORES II - 64h	Optativa
TI0080 - DESENV DE APLICACOES PARA WEB - 64h	Optativa
TI0081 - MICROELETRONICA - 64h	Optativa
TI0082 - INSTRUMENTACAO E CONTROLE - 64h	Optativa
TI0083 - SISTEMAS E APLICACOES MULTIMIDIA - 64h	Optativa
TI0084 - COMPUTACAO MOVEL - 64h	Optativa
TI0085 - GESTAO DE PROJETOS EM TELEINFORMATICA - 64h	Optativa
TI0086 - GESTAO DE SERVICOS EM TELEINFORMATICA - 64h	Optativa
TI0087 - COMUNICACOES MOVEIS II - 64h	Optativa
TI0088 - INTRODUCAO AO PROCESSAMENTO ESTATISTICO DE SINAIS - 64h	Optativa
TI0089 - CONTROLE EM TEMPO REAL POR COMPUTADOR - 64h	Optativa
TI0090 - SISTEMAS INTELIGENTES EM CONTROLE E AUTOMACAO DE PROCESSOS - 64h	Optativa
TI0091 - INTRODUCAO A ROBOTICA - 64h	Optativa
TI0092 - MODELAGEM E CONTROLE DE ROBOS MOVEIS - 64h	Optativa
TI0093 - AQUISICAO DE BIOCINAIS - 64h	Optativa
TI0094 - TOPICOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA I - 48h	Optativa
TI0095 - TOPICOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA II - 48h	Optativa
TI0096 - TOPICOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA III - 48h	
TI0097 - INTRODUCAO AO RECONHECIMENTO DE PADROES - 64h	Optativa
TI0098 - FISICA QUANTICA PARA TELEINFORMATICA - 64h	Optativa
TI0099 - REDES INDUSTRIAIS - 64h	Optativa
TI0100 - COMPATIBILIDADE ELETROMAGNETICA - 64h	Optativa
TI0101 - INTRODUCAO A CRIPTOGRAFIA - 64h	Optativa
TI0102 - ENGENHARIA DE SOFTWARE - 64h	Optativa
TI0103 - PESQUISA OPERACIONAL PARA ENGENHARIA - 64h	Optativa
TI0104 - ELETROTECNICA APLICADA - 64h	Optativa
TI0105 - INTRODUCAO A MECANICA DOS SOLIDOS - 32h	Optativa
TK0142 - ADMINISTRAÇÃO GERAL - 64h	Optativa
TK0195 - GESTÃO DE CUSTOS - 64h	Optativa
TK0231 - SISTEMA DE INFORMAÇÃO GERENCIAL - 64h	Optativa
TK0243 - EMPREENDEDORISMO PARA ENGENHARIA - 32h	Optativa
TK0247 - TEORIA DAS DECISÕES - 32h	Optativa
ZZ001 - ATIVIDADES COMPLEMENTARES - 16h	Optativa
TD0921 - ENGENHARIA AMBIENTAL - 48h	Obrigatória
TK0218 - ÉTICA E LEGISLAÇÃO - 32h	Obrigatória
CH Total: 3616h.	

Código: 2009.1	
Matriz Curricular: ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA (DIURNO) - FORTALEZA - Presencial - Engenharia de Telecomunicações - MT - FORMAÇÃO	
Período Letivo de Entrada em Vigor 2013 – 2	
Carga Horária: Total Mínima 3600, Optativa Mínima 704	
Créditos por Período Letivo: Mínimo 10, Médio 10, Máximo 15	
Prazos em Períodos Letivo: Mínimo 4, Médio 40, Máximo 41	
1º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CB0695 - CALCULO FUNDAMENTAL - 160h	Obrigatória
CB0696 - INTRODUCAO A ALGEBRA - 128h	Obrigatória
CD0327 - FISICA FUNDAMENTAL - 128h	Obrigatória
CD0328 - FISICA EXPERIMENTAL PARA ENGENHARIA - 32h	Obrigatória
TC0617 - DESENHO PARA ENGENHARIA - 64h	Obrigatória
TI0044 - TECNICAS DE PROGRAMACAO PARA ENGENHARIA I - 128h	Obrigatória
TI0045 - PROJETO LOGICO DIGITAL - 128h	Obrigatória
TI0046 - INTRODUCAO A ENGENHARIA - 64h	Obrigatória
CH Total: 928h.	
2º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CH Total: 0h.	
3º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TI0047 - SINAIS E SISTEMAS - 128h	Obrigatória
TI0048 - MODELOS PROBABILISTICOS PARA ENGENHARIA - 128h	Obrigatória
TI0049 - MATEMATICA APLICADA PARA ENGENHARIA - 160h	Obrigatória
TI0050 - ELETROMAGNETISMO APLICADO - 160h	Obrigatória
TI0051 - SISTEMAS MICROPROCESSADOS - 96h	Obrigatória
CH Total: 672h.	
4º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TI0052 - TECNICAS DE PROGRAMACAO PARA ENGENHARIA II - 64h	Obrigatória
CH Total: 64h.	
5º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TD0943 - FENOMENOS DE TRANSPORTE - 64h	Obrigatória
TI0053 - GUIAS E ONDAS - 80h	Obrigatória
TI0054 - CIRCUITOS ELETRICOS - 96h	Obrigatória
TI0055 - PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS - 64h	Obrigatória
TI0056 - INTRODUCAO A TEORIA DA INFORMACAO - 64h	Obrigatória
CH Total: 368h.	
6º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TE0252 - FUNDAMENTOS DE MECANICA DOS SOLIDOS - 32h	Obrigatória

TH0230 - ELETROTÉCNICA - 32h	Obrigatória
TH0231 - LABORATÓRIO DE ELETROTÉCNICA - 32h	Obrigatória
TI0057 - CIRCUITOS ELETRONICOS - 96h	Obrigatória
TI0058 - SISTEMAS DE COMPUTACAO - 80h	Obrigatória
TI0059 - INTRODUCAO AOS SISTEMAS DE COMUNICACOES - 64h	Obrigatória
TI0060 - MATERIAIS ELTRONICOS E OPTOELETRONICOS - 64h	Obrigatória
CH Total: 400h.	
7º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CH Total: 0h.	
8º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CH Total: 0h.	
9º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TD0922 - HIGIENE INDUSTRIAL E SEGURANCA DO TRABALHO - 32h	Obrigatória
TI0010 - ESTAGIO SUPERVISIONADO - 160h	Obrigatória
TI0061 - PROJETO FINAL DE CURSO - 96h	Obrigatória
TK0134 - FUNDAMENTOS DE ADMINISTRAÇÃO - 32h	Obrigatória
TK0143 - ECONOMIA DA ENGENHARIA I - 64h	Obrigatória
CH Total: 384h.	
10º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CB0699 - ALGEBRA APLICADA I - 64h	Optativa
CK0114 - FUNDAMENTOS DE BANCOS DE DADOS - 96h	Optativa
HC0747 - INGLES TECNICO - 64h	Optativa
HD0767 - INTRODUCAO A METODOLOGIA CIENTIFICA - 64h	Optativa
HD0948 - REALIDADE SOCIOECONOMICA E POLITICA BRASILEIRA - 64h	Optativa
HD0957 - INTRODUCAO A SOCIOLOGIA - 64h	Optativa
HD0959 - INTRODUCAO AS CIENCIAS HUMANAS - 64h	Optativa
HLL0077 - LÍNGUA BRASILEIRA DE SINAIS - LIBRAS - 64h	Optativa
TI0062 - REDES DE COMUNICACOES - 64h	Optativa
TI0063 - COMUNICACOES MOVEIS I - 64h	Optativa
TI0064 - COMUNICACOES OPTICAS - 64h	Optativa
TI0065 - ANTENAS - 96h	Optativa
TI0066 - LABORATORIO DE PDS - 32h	Optativa
TI0067 - DISPOSITIVOS E SISTEMAS DE MICROONDAS - 80h	Optativa
TI0068 - DISPOSITIVOS OPTOELETRONICOS - 64h	Optativa
TI0069 - SISTEMAS DE COMUNICACOES DIGITAIS - 64h	Optativa
TI0070 - SISTEMAS DE COMUNICACOES VIA RADIO - 64h	Optativa
TI0071 - COMUNICACOES POR SATELITES - 64h	Optativa
TI0072 - LABORATORIO DE COMUNICACOES MOVEIS - 32h	Optativa
TI0073 - TV DIGITAL - 64h	Optativa
TI0074 - SISTEMAS MICROPROGRAMADOS - 64h	Optativa
TI0075 - REDES DE COMPUTADORES I - 64h	Optativa
TI0076 - SISTEMAS DE TEMPO REAL - 64h	Optativa
TI0077 - INTELIGENCIA COMPUTACIONAL APLICADA - 64h	Optativa

TI0078 - FUNDAMENTOS PARA PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS - 64h	Optativa
TI0079 - REDES DE COMPUTADORES II - 64h	Optativa
TI0080 - DESENV DE APLICACOES PARA WEB - 64h	Optativa
TI0081 - MICROELETRONICA - 64h	Optativa
TI0082 - INSTRUMENTACAO E CONTROLE - 64h	Optativa
TI0083 - SISTEMAS E APLICACOES MULTIMIDIA - 64h	Optativa
TI0084 - COMPUTACAO MOVEI - 64h	Optativa
TI0085 - GESTAO DE PROJETOS EM TELEINFORMATICA - 64h	Optativa
TI0086 - GESTAO DE SERVICOS EM TELEINFORMATICA - 64h	Optativa
TI0087 - COMUNICACOES MOVEIS II - 64h	Optativa
TI0088 - INTRODUCAO AO PROCESSAMENTO ESTATISTICO DE SINAIS - 64h	Optativa
TI0089 - CONTROLE EM TEMPO REAL POR COMPUTADOR - 64h	Optativa
TI0090 - SISTEMAS INTELIGENTES EM CONTROLE E AUTOMACAO DE PROCESSOS - 64h	Optativa
TI0091 - INTRODUCAO A ROBOTICA - 64h	Optativa
TI0092 - MODELAGEM E CONTROLE DE ROBOS MOVEIS - 64h	Optativa
TI0093 - AQUISICAO DE BISSINAIS - 64h	Optativa
TI0094 - TOPICOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA I - 48h	Optativa
TI0095 - TOPICOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA II - 48h	Optativa
TI0096 - TOPICOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA III - 48h	Optativa
TI0097 - INTRODUCAO AO RECONHECIMENTO DE PADROES - 64h	Optativa
TI0098 - FISICA QUANTICA PARA TELEINFORMATICA - 64h	Optativa
TI0099 - REDES INDUSTRIAIS - 64h	Optativa
TI0100 - COMPATIBILIDADE ELETROMAGNETICA - 64h	Optativa
TI0101 - INTRODUCAO A CRIPTOGRAFIA - 64h	Optativa
TI0102 - ENGENHARIA DE SOFTWARE - 64h	Optativa
TI0103 - PESQUISA OPERACIONAL PARA ENGENHARIA - 64h	Optativa
TI0104 - ELETROTECNICA APLICADA - 64h	Optativa
TI0105 - INTRODUCAO A MECANICA DOS SOLIDOS - 32h	Optativa
TK0142 - ADMINISTRAÇÃO GERAL - 64h	Optativa
TK0195 - GESTÃO DE CUSTOS - 64h	Optativa
TK0231 - SISTEMA DE INFORMAÇÃO GERENCIAL - 64h	Optativa
TK0243 - EMPREENDEDORISMO PARA ENGENHARIA - 32h	Optativa
TK0247 - TEORIA DAS DECISÕES - 32h	Optativa
ZZ001 - ATIVIDADES COMPLEMENTARES - 16h	Optativa
TD0921 - ENGENHARIA AMBIENTAL - 48h	Obrigatória
TK0218 - ÉTICA E LEGISLAÇÃO - 32h	Obrigatória
CH Total: 3616h	

Código: 2009.1B	
Matriz Curricular: ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA (DIURNO) - FORTALEZA - Presencial - Engenharia de Computação - MT – FORMAÇÃO	
Período Letivo de Entrada em Vigor: 2013 – 2	
Carga Horária: Total Mínima 3600, Optativas Mínima 704	
Prazos em Períodos Letivo: Mínimo 10, Médio 10, Máximo 15	
Créditos por Período Letivo: Mínimo 5, Médio 40, Máximo 41	
1º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CB0695 - CALCULO FUNDAMENTAL - 160h	Obrigatória
CB0696 - INTRODUCAO A ALGEBRA - 128h	Obrigatória
CD0327 - FISICA FUNDAMENTAL - 128h	Obrigatória
CD0328 - FISICA EXPERIMENTAL PARA ENGENHARIA - 32h	Obrigatória
CE0846 - QUIMICA GERAL PARA ENGENHARIA - 96h	Obrigatória
TC0617 - DESENHO PARA ENGENHARIA - 64h	Obrigatória
TI0044 - TECNICAS DE PROGRAMACAO PARA ENGENHARIA I - 128h	Obrigatória
TI0045 - PROJETO LOGICO DIGITAL - 128h	Obrigatória
TI0046 - INTRODUCAO A ENGENHARIA - 64h	Obrigatória
CH Total: 928h.	
2º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CH Total: 0h.	
3º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TI0047 - SINAIS E SISTEMAS - 128h	Obrigatória
TI0048 - MODELOS PROBABILISTICOS PARA ENGENHARIA - 128h	Obrigatória
TI0049 - MATEMATICA APLICADA PARA ENGENHARIA - 160h	Obrigatória
TI0050 - ELETROMAGNETISMO APLICADO - 160h	Obrigatória
TI0051 - SISTEMAS MICROPROCESSADOS - 96h	Obrigatória
CH Total: 672h.	
4º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TI0052 - TECNICAS DE PROGRAMACAO PARA ENGENHARIA II - 64h	Obrigatória
CH Total: 64h.	
5º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TD0943 - FENOMENOS DE TRANSPORTE - 64h	Obrigatória
TI0053 - GUIAS E ONDAS - 80h	Obrigatória
TI0054 - CIRCUITOS ELETRICOS - 96h	Obrigatória
TI0055 - PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS - 64h	Obrigatória
TI0056 - INTRODUCAO A TEORIA DA INFORMACAO - 64h	Obrigatória
CH Total: 368h.	
6º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TE0252 - FUNDAMENTOS DE MECANICA DOS SOLIDOS - 32h	Obrigatória

TH0167 - ELETROTECNICA - 64h	Obrigatória
TI0057 - CIRCUITOS ELETRONICOS - 96h	Obrigatória
TI0058 - SISTEMAS DE COMPUTACAO - 80h	Obrigatória
TI0059 - INTRODUCAO AOS SISTEMAS DE COMUNICACOES - 64h	Obrigatória
TI0060 - MATERIAIS ELTRONICOS E OPTOELETRONICOS - 64h	Obrigatória
CH Total: 400h.	
7º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CH Total: 0h.	
8º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CH Total: 0h.	
9º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TD0922 - HIGIENE INDUSTRIAL E SEGURANCA DO TRABALHO - 32h	Obrigatória
TI0010 - ESTAGIO SUPERVISIONADO - 160h	Obrigatória
TI0061 - PROJETO FINAL DE CURSO - 96h	Obrigatória
TK0134 - FUNDAMENTOS DE ADMINISTRAÇÃO - 32h	Obrigatória
TK0143 - ECONOMIA DA ENGENHARIA I - 64h	Obrigatória
CH Total: 384h.	
10º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CB0699 - ALGEBRA APLICADA I - 64h	Optativa
CK0114 - FUNDAMENTOS DE BANCOS DE DADOS - 96h	Optativa
HC0747 - INGLES TECNICO - 64h	Optativa
HD0767 - INTRODUCAO A METODOLOGIA CIENTIFICA - 64h	Optativa
HLL0077 - LÍNGUA BRASILEIRA DE SINAIS - LIBRAS - 64h	Optativa
HD0957 - INTRODUCAO A SOCIOLOGIA - 64h	Optativa
HD0959 - INTRODUCAO AS CIENCIAS HUMANAS - 64h	Optativa
HD0948 - REALIDADE SOCIOECONOMICA E POLITICA BRASILEIRA - 64h	Optativa
TI0062 - REDES DE COMUNICACOES - 64h	Optativa
TI0063 - COMUNICACOES MOVEIS I - 64h	Optativa
TI0065 - ANTENAS - 96h	Optativa
TI0064 - COMUNICACOES OPTICAS - 64h	Optativa
TI0066 - LABORATORIO DE PDS - 32h	Optativa
TI0067 - DISPOSITIVOS E SISTEMAS DE MICROONDAS - 80h	Optativa
TI0068 - DISPOSITIVOS OPTOELETRONICOS - 64h	Optativa
TI0069 - SISTEMAS DE COMUNICACOES DIGITAIS - 64h	Optativa
TI0070 - SISTEMAS DE COMUNICACOES VIA RADIO - 64h	Optativa
TI0071 - COMUNICACOES POR SATELITES - 64h	Optativa
TI0072 - LABORATORIO DE COMUNICACOES MOVEIS - 32h	Optativa
TI0073 - TV DIGITAL - 64h	Optativa
TI0074 - SISTEMAS MICROPROGRAMADOS - 64h	Optativa
TI0075 - REDES DE COMPUTADORES I - 64h	Optativa
TI0076 - SISTEMAS DE TEMPO REAL - 64h	Optativa
TI0077 - INTELIGENCIA COMPUTACIONAL APLICADA - 64h	Optativa
TI0078 - FUNDAMENTOS PARA PROCESSAMENTO	Optativa

DIGITAL DE IMAGENS - 64h	
TI0079 - REDES DE COMPUTADORES II - 64h	Optativa
TI0080 - DESENV DE APLICACOES PARA WEB - 64h	Optativa
TI0081 - MICROELETRONICA - 64h	Optativa
TI0082 - INSTRUMENTACAO E CONTROLE - 64h	Optativa
TI0083 - SISTEMAS E APLICACOES MULTIMIDIA - 64h	Optativa
TI0084 - COMPUTACAO MOVEI - 64h	Optativa
TI0087 - COMUNICACOES MOVEIS II - 64h	Optativa
TI0086 - GESTAO DE SERVICOS EM TELEINFORMATICA - 64h	Optativa
TI0085 - GESTAO DE PROJETOS EM TELEINFORMATICA - 64h	Optativa
TI0088 - INTRODUCAO AO PROCESSAMENTO ESTATISTICO DE SINAIS - 64h	Optativa
TI0089 - CONTROLE EM TEMPO REAL POR COMPUTADOR - 64h	Optativa
TI0090 - SISTEMAS INTELIGENTES EM CONTROLE E AUTOMACAO DE PROCESSOS - 64h	Optativa
TI0091 - INTRODUCAO A ROBOTICA - 64h	Optativa
TI0092 - MODELAGEM E CONTROLE DE ROBOS MOVEIS - 64h	Optativa
TI0093 - AQUISICAO DE BIOSSINAIS - 64h	Optativa
TI0096 - TOPICOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA III - 48h	Optativa
TI0095 - TOPICOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA II - 48h	Optativa
TI0094 - TOPICOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA I - 48h	Optativa
TI0088 - INTRODUCAO AO PROCESSAMENTO ESTATISTICO DE SINAIS - 64h	Optativa
TI0097 - INTRODUCAO AO RECONHECIMENTO DE PADROES - 64h	Optativa
TI0098 - FISICA QUANTICA PARA TELEINFORMATICA - 64h	Optativa
TI0099 - REDES INDUSTRIAIS - 64h	Optativa
TI0100 - COMPATIBILIDADE ELETROMAGNETICA - 64h	Optativa
TI0101 - INTRODUCAO A CRIPTOGRAFIA - 64h	Optativa
TI0102 - ENGENHARIA DE SOFTWARE - 64h	Optativa
TK0142 - ADMINISTRAÇÃO GERAL - 64h	Optativa
TI0104 - ELETROTECNICA APLICADA - 64h	Optativa
TI0105 - INTRODUCAO A MECANICA DOS SOLIDOS - 32h	Optativa
TI0103 - PESQUISA OPERACIONAL PARA ENGENHARIA - 64h	Optativa
TK0195 - GESTÃO DE CUSTOS - 64h	Optativa
TK0231 - SISTEMA DE INFORMAÇÃO GERENCIAL - 64h	Optativa
TK0243 - EMPREENDEDORISMO PARA ENGENHARIA - 32h	Optativa
TK0247 - TEORIA DAS DECISÕES - 32h	Optativa
ZZ001 - ATIVIDADES COMPLEMENTARES - 16h	Optativa
TD0921 - ENGENHARIA AMBIENTAL - 48h	Obrigatória
TK0218 - ÉTICA E LEGISLAÇÃO - 32h	Obrigatória
CH Total: 3616h.	

Código: 2009.1	
Matriz curricular: ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA (DIURNO) - FORTALEZA - Presencial - Engenharia de Computação e Engenharia de Telecomunicações - MT - FORMAÇÃO	
Período Letivo de Entrada em Vigor: 2009.1	
Carga Horária: Total Mínima 3600, Optativa Mínima 704	
Prazos em Períodos Letivo: Mínimo 10, Médio 10, Máximo 15	
Créditos por Período Letivo: Mínimo 4, Médio 40, Máximo 41	
1º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CB0695 - CALCULO FUNDAMENTAL - 160h	Obrigatória
CB0696 - INTRODUCAO A ALGEBRA - 128h	Obrigatória
CD0327 - FISICA FUNDAMENTAL - 128h	Obrigatória
CD0328 - FISICA EXPERIMENTAL PARA ENGENHARIA - 32h	Obrigatória
CE0846 - QUIMICA GERAL PARA ENGENHARIA - 96h	Obrigatória
TC0617 - DESENHO PARA ENGENHARIA - 64h	Obrigatória
TI0044 - TECNICAS DE PROGRAMACAO PARA ENGENHARIA I - 128h	Obrigatória
TI0045 - PROJETO LOGICO DIGITAL - 128h	Obrigatória
TI0046 - INTRODUCAO A ENGENHARIA - 64h	Obrigatória
CH Total: 928h.	
2º período	
Estrutura Curricular	Natureza
CH Total: 0h	
3º período	
Estrutura Curricular	Natureza
TI0047 - SINAIS E SISTEMAS - 128h	Obrigatória
TI0048 - MODELOS PROBABILISTICOS PARA ENGENHARIA - 128h	Obrigatória
TI0049 - MATEMATICA APLICADA PARA ENGENHARIA - 160h	Obrigatória
TI0050 - ELETROMAGNETISMO APLICADO - 160h	Obrigatória
TI0051 - SISTEMAS MICROPROCESSADOS - 96h	Obrigatória
CH Total: 672h.	
4º período	
Estrutura Curricular	Natureza
TI0052 - TECNICAS DE PROGRAMACAO PARA ENGENHARIA II - 64h	Obrigatória
CH Total: 64h.	
5º período	
Estrutura Curricular	Natureza
TD0943 - FENOMENOS DE TRANSPORTE - 64h	Obrigatória

TI0053 - GUIAS E ONDAS - 80h	Obrigatória
TI0054 - CIRCUITOS ELETRICOS - 96h	Obrigatória
TI0055 - PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS - 64h	Obrigatória
TI0056 - INTRODUCAO A TEORIA DA INFORMACAO - 64h	Obrigatória
CH Total: 368h	
6º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TE0252 - FUNDAMENTOS DE MECANICA DOS SOLIDOS - 32h	Obrigatória
TH0230 - ELETROTÉCNICA – 32	Obrigatória
TH0231 - LABORATÓRIO DE ELETROTÉCNICA - 32h	Obrigatória
TI0057 - CIRCUITOS ELETRONICOS - 96h	Obrigatória
TI0058 - SISTEMAS DE COMPUTACAO - 80h	Obrigatória
TI0059 - INTRODUCAO AOS SISTEMAS DE COMUNICACOES - 64h	Obrigatória
TI0060 - MATERIAIS ELTRONICOS E OPTOELETRONICOS - 64h	Obrigatória
CH Total: 400h	
7º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CH Total: 0h.	
8º período	
Estrutura Curricular	Natureza
CH Total: 0h.	
9º período	
Estrutura Curricular	Natureza
TD0922 - HIGIENE INDUSTRIAL E SEGURANCA DO TRABALHO - 32h	Obrigatória
TI0010 - ESTAGIO SUPERVISIONADO - 160h	Obrigatória
TI0061 - PROJETO FINAL DE CURSO - 96h	Obrigatória
TK0134 - FUNDAMENTOS DE ADMINISTRAÇÃO - 32h	Obrigatória
TK0143 - ECONOMIA DA ENGENHARIA I - 64h	Obrigatória
CH Total: 384h.	
10º período	
Estrutura Curricular	Natureza
CB0699 - ALGEBRA APLICADA I - 64h	Optativa
CK0114 - FUNDAMENTOS DE BANCOS DE DADOS - 96h	Optativa
HC0747 - INGLES TECNICO - 64h	Optativa
HD0767 - INTRODUCAO A METODOLOGIA CIENTIFICA - 64h	Optativa
HD0948 - REALIDADE SOCIOECONOMICA E POLITICA BRASILEIRA - 64h	Optativa

HD0957 - INTRODUCAO A SOCIOLOGIA - 64h	Optativa
HD0959 - INTRODUCAO AS CIENCIAS HUMANAS - 64h	Optativa
HLL0077 - LÍNGUA BRASILEIRA DE SINAIS - LIBRAS - 64h	Optativa
TI0062 - REDES DE COMUNICACOES - 64h	Optativa
TI0063 - COMUNICACOES MOVEIS I - 64h	Optativa
TI0064 - COMUNICACOES OPTICAS - 64h	Optativa
TI0065 - ANTENAS - 96h	Optativa
TI0066 - LABORATORIO DE PDS - 32h	Optativa
TI0067 - DISPOSITIVOS E SISTEMAS DE MICROONDAS - 80h	Optativa
TI0068 - DISPOSITIVOS OPTOELETRONICOS - 64h	Optativa
TI0069 - SISTEMAS DE COMUNICACOES DIGITAIS - 64h	Optativa
TI0070 - SISTEMAS DE COMUNICACOES VIA RADIO - 64h	Optativa
TI0071 - COMUNICACOES POR SATELITES - 64h	Optativa
TI0072 - LABORATORIO DE COMUNICACOES MOVEIS - 32h	Optativa
TI0073 - TV DIGITAL - 64h	Optativa
TI0074 - SISTEMAS MICROPROGRAMADOS - 64h	Optativa
TI0075 - REDES DE COMPUTADORES I - 64h	Optativa
TI0076 - SISTEMAS DE TEMPO REAL - 64h	Optativa
TI0077 - INTELIGENCIA COMPUTACIONAL APLICADA - 64h	Optativa
TI0078 - FUNDAMENTOS PARA PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS - 64h	Optativa
TI0079 - REDES DE COMPUTADORES II - 64h	Optativa
TI0080 - DESENV DE APLICACOES PARA WEB - 64h	Optativa
TI0081 - MICROELETRONICA - 64h	Optativa
TI0082 - INSTRUMENTACAO E CONTROLE - 64h	Optativa
TI0083 - SISTEMAS E APLICACOES MULTIMIDIA - 64h	Optativa
TI0084 - COMPUTACAO MOVEIS - 64h	Optativa
TI0085 - GESTAO DE PROJETOS EM TELEINFORMATICA - 64h	Optativa
TI0086 - GESTAO DE SERVICOS EM TELEINFORMATICA - 64h	Optativa
TI0087 - COMUNICACOES MOVEIS II - 64h	Optativa
TI0088 - INTRODUCAO AO PROCESSAMENTO ESTATISTICO DE SINAIS - 64h	Optativa
TI0089 - CONTROLE EM TEMPO REAL POR COMPUTADOR - 64h	Optativa
TI0090 - SISTEMAS INTELIGENTES EM CONTROLE E AUTOMACAO DE PROCESSOS - 64h	Optativa
TI0091 - INTRODUCAO A ROBOTICA - 64h	Optativa
TI0092 - MODELAGEM E CONTROLE DE ROBOS MOVEIS - 64h	Optativa
TI0093 - AQUISICAO DE BIOSINAIS - 64h	Optativa
TI0094 - TOPICOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA I - 48h	Optativa
TI0095 - TOPICOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA II - 48h	Optativa
TI0096 - TOPICOS ESPECIAIS EM ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA III - 48h	Optativa
TI0097 - INTRODUCAO AO RECONHECIMENTO DE PADROES - 64h	Optativa
TI0098 - FISICA QUANTICA PARA TELEINFORMATICA - 64h	Optativa
TI0099 - REDES INDUSTRIAIS - 64h	Optativa

TI0100 - COMPATIBILIDADE ELETROMAGNETICA - 64h	Optativa
TI0101 - INTRODUCAO A CRIPTOGRAFIA - 64h	Optativa
TI0102 - ENGENHARIA DE SOFTWARE - 64h	Optativa
TI0103 - PESQUISA OPERACIONAL PARA ENGENHARIA - 64h	Optativa
TI0104 - ELETROTECNICA APLICADA - 64h	Optativa
TI0105 - INTRODUCAO A MECANICA DOS SOLIDOS - 32h	Optativa
TK0142 - ADMINISTRAÇÃO GERAL - 64h	Optativa
TK0195 - GESTÃO DE CUSTOS - 64h	Optativa
TK0231 - SISTEMA DE INFORMAÇÃO GERENCIAL - 64h	Optativa
TK0243 - EMPREENDEDORISMO PARA ENGENHARIA	Optativa
TK0247 - TEORIA DAS DECISÕES - 32h	Optativa
ZZ001 - ATIVIDADES COMPLEMENTARES - 16h	Optativa
TD0921 - ENGENHARIA AMBIENTAL - 48h	Obrigatória
TK0218 - ÉTICA E LEGISLAÇÃO - 32h	Obrigatória
CH Total: 3616h.	

Código 2004.1	
Matriz Curricular: ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA (DIURNO) - FORTALEZA - Presencial - MT - FORMAÇÃO	
Período Letivo de Entrada em Vigor 2004 – 1	
Carga Horária: Total Mínima 3700, Optativa Mínima 218	
Prazos em Períodos Letivo: Mínimo 4, Médio 10, Máximo 15	
Créditos por Período Letivo: Mínimo 0, Médio 69, Máximo 70	
1º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CB0595 - CALCULO FUNDAMENTAL - 154h	Obrigatória
CD0290 - FISICA FUNDAMENTAL - 154h	Obrigatória
CD0328 - FISICA EXPERIMENTAL PARA ENGENHARIA - 32h	Obrigatória
CE0846 - QUIMICA GERAL PARA ENGENHARIA - 96h	Obrigatória
HC0776 - INGLES TECNICO - 144h	Obrigatória
TI0001 - INTRODUCAO A ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA - 77h	Obrigatória
TI0002 - TECNICAS DE PROGRAMACAO EM ENGENHARIA - 154h	Obrigatória
TI0003 - PROJETO LOGICO DIGITAL - 154h	Obrigatória
CH Total: 965h.	
2º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CH Total: 0h.	
3º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TI0005 - SISTEMAS MICROPROCESSADOS - 192h	Obrigatória
TI0006 - CIRCUITOS ELETRICOS E ELETRONICOS - 192h	Obrigatória
TI0007 - SINAIS E SISTEMAS - 115h	Obrigatória
TI0008 - MATEMATICA APLICADA A ENGENHARIA - 115h	Obrigatória
TI0009 - MODELOS PROBABILISTICOS P/ ENG. DE TELEINFORMATICA - 115h	Obrigatória
CH Total: 729h.	
4º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CD0207 - FISICA EXPERIMENTAL BASICA - 48h	Obrigatória
CH Total: 48h.	
5º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TI0004 - ELETROMAGNETISMO - 154h	Obrigatória
TD0918 - FENOMENOS DE TRANSPORTE - 58h	Obrigatória
TI0012 - COMUNICACOES ANALOGICAS E DIGITAIS - 115h	Obrigatória
TI0013 - SISTEMAS MICROPROGRAMADOS - 58h	Obrigatória
TI0015 - ELETRONICA APLICADA - 77h	Obrigatória
CH Total: 462h.	
6º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TI0014 - SISTEMAS DE COMPUTACAO - 115h	Obrigatória
TI0018 - PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS - 58h	Obrigatória

TI0019 - INTRODUCAO A TEORIA DA INFORMACAO E CODIFICACAO - 58h	Obrigatória
TI0020 - SISTEMAS DE COMUNICACOES MOVEIS I - 58h	Obrigatória
CH Total: 289h.	
7º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TI0010 - ESTAGIO SUPERVISIONADO - 160h	Obrigatória
TI0011 - INTRODUCAO A ENG DOS MATERIAIS OPTICOS-ELETRONICOS - 58h	Obrigatória
TI0016 - INTELIGENCIA COMPUTACIONAL APLICADA A ENGENHARIA - 58h	Obrigatória
TI0017 - INSTRUMENTACAO E CONTROLE - 58h	Obrigatória
TI0021 - REDES DE COMPUTADORES I - 58h	Obrigatória
CH Total: 392h.	
8º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TC0590 - DESENHO APLICADO A ENGENHARIA - 58h	Obrigatória
TH0164 - ELETROTECNICA - 58h	Obrigatória
TI0022 - SISTEMAS EM TEMPO REAL - 58h	Obrigatória
TI0024 - TRANSMISSAO E AQUISICAO DE SINAIS - 58h	Obrigatória
CH Total: 232h.	
9º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
TE0051 - ECONOMIA DA ENGENHARIA I - 77h	Obrigatória
TI0023 - PROJETO DE FINAL DE CURSO - 115h	Obrigatória
CH Total: 192h.	
10º Período	
Estrutura Curricular	Natureza
CE0845 - QUIMICA APLICADA A ENGENHARIA DE TELEINFORMATICA - 77h	Optativa
TD0904 - HIGIENE INDUSTRIAL E SEGURANCA DO TRABALHO - 38h	Optativa
TE0252 - FUNDAMENTOS DE MECANICA DOS SOLIDOS - 32h	Optativa
TH0165 - PROTECAO DE EQUIPAMENTOS ELETRONICOS SENSIVEIS - 58h	Optativa
TI0025 - GUIAS E ONDAS - 58h	Optativa
TI0026 - LABORATORIO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS - 58h	Optativa
TI0027 - REDES DE COMPUTADORES II - 77h	Optativa
TI0028 - COMUNICACAO POR SATELITE - 58h	Optativa
TI0029 - SISTEMAS DE COMUNICACOES OPTICAS - 58h	Optativa
TI0030 - SISTEMAS TELEFONICOS - 77h	Optativa
TI0031 - SISTEMAS DE COMUNICACOES VIA RADIO - 77h	Optativa
TI0032 - ANTENAS - 77h	Optativa
TI0033 - GESTAO DE PROJETOS EM TELEINFORMATICA - 58h	Optativa
TI0034 - GESTAO DE SERVICOS EM TELEINFORMATICA - 58h	Optativa
TI0035 - LABORATORIO DE COMUNICACOES DIGITAIS - 58h	Optativa
TI0036 - INTRODUCAO AO PROCESSAMENTO ESTATISTICO DE SINAIS - 58h	Optativa

TI0037 - FUNDAMENTOS PARA PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS - 77h	Optativa
TI0038 - FILTROS DIGITAIS NAO LINEARES APL. A SINAIS MULT. - 58h	Optativa
TI0039 - SISTEMAS DE COMUNICACOES MOVEIS II - 77h	Optativa
TI0040 - ESTUDO SUPLEMENTAR EM ENG. DE TELEINFORMATICA I - 38h	Optativa
TI0041 - ESTUDO SUPLEMENTAR EM ENG. DE TELEINFORMATICA II - 38h	Optativa
TI0042 - CONTROLE EM TEMPO REAL POR COMPUTADOR - 58h	Optativa
TI0043 - INTRODUCAO AS COMUNICACOES - 64h	Optativa
TI0105 - INTRODUCAO A MECANICA DOS SOLIDOS - 32h	Optativa
ZZ001 - ATIVIDADES COMPLEMENTARES - 16h	Optativa
TE0044 - ETICA E LEGISLACAO - 38h	Obrigatória
TE0062 - ORGANIZACAO DE EMPRESAS INDUSTRIAIS - 77h	Obrigatória
TF0276 - ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE - 58h	Obrigatória
CH Total: 1608h.	

ANEXO C

Questionário SEEQ

Segue abaixo o questionário SEEQ da metodologia SETE para avaliação de cursos que foi adaptado para ser aplicado nesta pesquisa para a avaliação de disciplinas do primeiro ano do curso de ETI.

	MUITO RUIM	RUIM	MODERADO (MÉDIO)	BOM	MUITO BOM
1 Você considera a disciplina Intelectualmente desafiadora e estimulante	①	②	③	④	⑤
2 Você aprendeu algo que você considera pertinente	①	②	③	④	⑤
3 Seu interesse sobre a disciplina cresceu como consequência da disciplina	①	②	③	④	⑤
4 Você aprendeu e compreendeu os conteúdos da disciplina do curso	①	②	③	④	⑤
5 O professor mostra entusiasmo ao ministrar a disciplina	①	②	③	④	⑤
6 O professor foi dinâmico e energético na condução da disciplina	①	②	③	④	⑤
7 O professor melhora a apresentação do conteúdo com senso de humor	①	②	③	④	⑤
8 O estilo de apresentação do professor ajuda o interesse durante a aula	①	②	③	④	⑤
9 A explicação do professor é clara	①	②	③	④	⑤
10 Os materiais da disciplina foram bem preparados e cuidadosamente transmitidos	①	②	③	④	⑤
11 Os objetivos propostos estão de acordo com o que foi ensinado durante a disciplina	①	②	③	④	⑤
12 O professor deu leituras que facilitaram a obtenção de notas de aula	①	②	③	④	⑤
13 Os estudantes são encorajados a participarem das discussões em sala de aula	①	②	③	④	⑤
14 Os estudantes são convidados a compartilhar suas idéias e conhecimento	①	②	③	④	⑤
15 Os estudantes são encorajados a perguntar e dar respostas-chaves a questionamentos	①	②	③	④	⑤
16 Os estudantes são encorajados a expor suas próprias idéias/questionamentos ao professor	①	②	③	④	⑤
17 O professor foi amigável na relação com cada estudante	①	②	③	④	⑤
18 O professor faz com que o aluno se sinta confortável em procurar sua ajuda extraclasse	①	②	③	④	⑤
19 O professor tem interesse genuíno em relação a cada estudante	①	②	③	④	⑤
20 O professor se mostra disponível no horário da aula e após a aula	①	②	③	④	⑤
21 O professor relaciona as implicações do conteúdo com várias teorias	①	②	③	④	⑤
22 O professor apresenta um <i>background</i> ou idéias/concepções originais desenvolvidas em classe	①	②	③	④	⑤
23 O professor apresenta seu ponto de vista quando julga adequado	①	②	③	④	⑤
24 O professor comenta adequadamente as pesquisas atuais desenvolvidas na área de estudo	①	②	③	④	⑤
25 Há disponibilidade das correções das avaliações/trabalhos de forma adequada	①	②	③	④	⑤
26 Os métodos de avaliação do estudante são justos e apropriados para a disciplina	①	②	③	④	⑤
27 As avaliações/materiais para os testes são trabalhados pelo professor	①	②	③	④	⑤
28 Requer a leitura de textos que estão disponíveis	①	②	③	④	⑤
29 Leituras, trabalhos de casa, etc, contribuem para a apreciação e compreensão do conteúdo	①	②	③	④	⑤
30 Comparado com outras disciplinas do curso, esta disciplina é ...	①	②	③	④	⑤
31 Comparado com outros professores do curso, este professor é ...	①	②	③	④	⑤
32 Dificuldade da disciplina, comparada as demais disciplinas, é (1-Muito fácil ... 3-Médio ... 5-Muito difícil)	①	②	③	④	⑤
33 Trabalho de casa da disciplina, comparado as outras disciplinas, é (1-Muito leve ... 3-Médio ... 5-Muito pesado)	①	②	③	④	⑤
34 O ritmo da disciplina é (1-Muito lento ... 3-Médio ... 5-Muito rápido)	①	②	③	④	⑤
35 Tempo disponibilizado, por semana, a disciplina extraclasse [(1) 0-2 (2) 2-4 (3) 4-6 (4) 6-8 (5) 8-10]	①	②	③	④	⑤
36 Nível de interesse sobre o assunto antes da disciplina (1-Muito baixo ... 3-Médio ... 5-Muito alto)	①	②	③	④	⑤
37 Motivo para fazer a disciplina	①	②	③	④	⑤
38 Quantidade de tempo na instituição	①	②	③	④	⑤
39 Nota esperada atingida na disciplina	①	②	③	④	⑤
	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

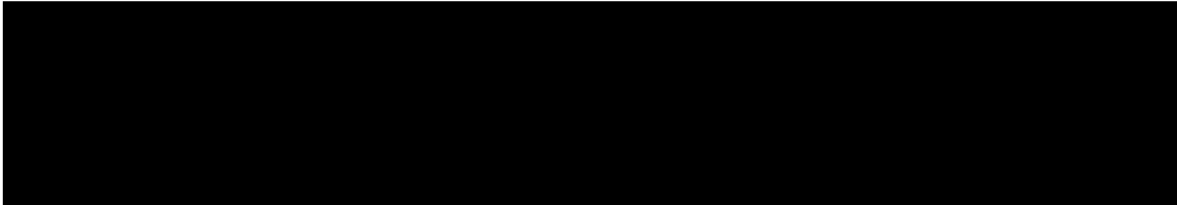
ANEXO D

Histórico Escolar

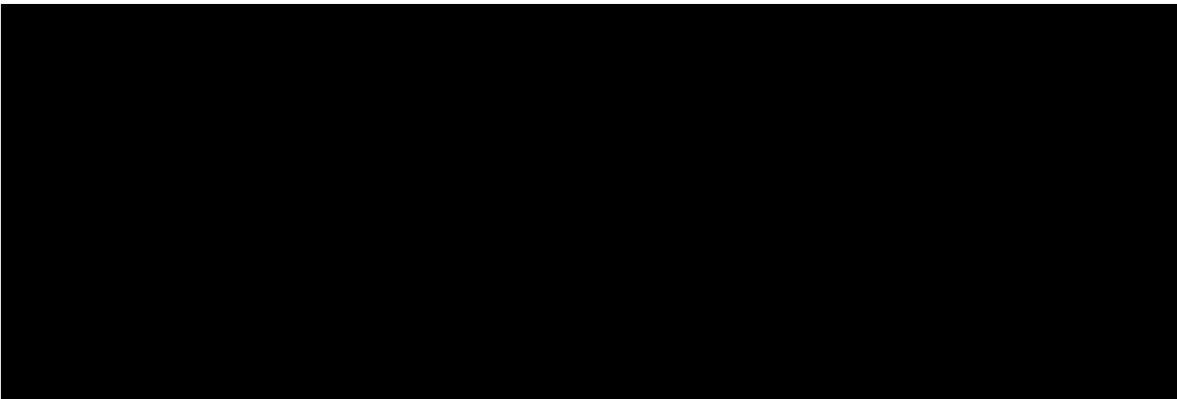
Segue abaixo um exemplo modelo de estrutura do Histórico Escolar (HE) em que os dados dos estudantes foram coletados para composição da base de dados os desempenhos dos alunos nesta pesquisa.



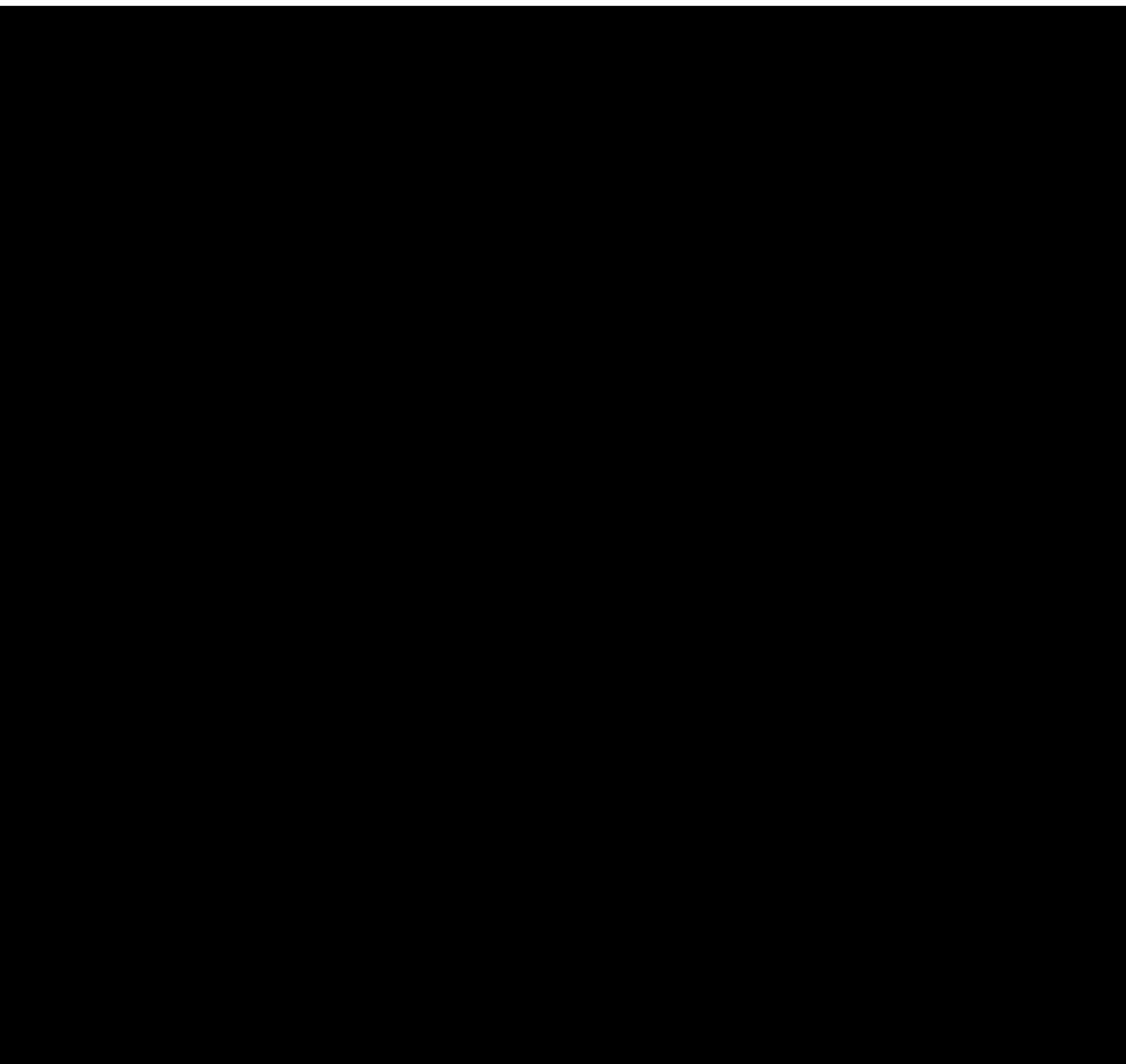
Dados Pessoais



Dados do Curso



Componentes Curriculares Cursados/Cursando





Componentes Curriculares Cursados/Cursando

--

Trancamentos e Matrículas Institucionais

--

Componentes Curriculares Obrigatórios Pendentes: 8

--

ANEXO E

Proposta de Criação do Curso

Segue abaixo a Proposta de Criação do Curso de Graduação em Engenharia de Teleinformática.



Universidade Federal do Ceará
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Teleinformática

Proposta de Criação do Curso de Graduação em
Engenharia de Teleinformática

Agosto de 2003

índice

Reitor da UFC

Prof. René Barreira

Pró-Reitora de Graduação

Profa. Ana Maria Iorio Dias

Diretor do Centro de Tecnologia

Prof. Ernesto da Silva Pitombeira

Chefe do Dep. de Engenharia de Teleinformática

Prof. Paulo César Cortez

Professores Colaboradores do Projeto

Prof. Msc.	Alexandre M. de Morais	Dep. de Eng. de Teleinformática
Prof. Msc.	Carlos Pimentel de Sousa	Dep. de Eng. de Teleinformática
Prof. Dr.	Elvio César Giraudo	Dep. de Eng. de Teleinformática
Profa. Dra.	Fátima N. Sombra de Medeiros	Dep. de Eng. de Teleinformática
Prof. PhD.	Helano de Sousa Castro	Dep. de Eng. de Teleinformática
Prof. Dr.	João C.M. Mota	Dep. de Eng. de Teleinformática
Prof. Dr.	Mario M. Fiallos Aguillar	Dep. de Eng. de Teleinformática
Prof. Dr.	Paulo César Cortez	Dep. de Eng. de Teleinformática
Prof. Dr.	Sérgio A. de Carvalho	Dep. de Eng. de Teleinformática
Prof. Dr.	Francisco Rodrigo P. Cavalcanti	Dep. de Eng. de Teleinformática
Prof. Dr.	José Neuman de Sousa	Dep. de Computação
Prof. Msc.	Mateus Mosca Viana	Dep. de Computação
Prof. Dr.	Sergio Sombra	Dep. de Física
Prof. Msc.	Gilvan Diógenes	Dep. de Eng. Elétrica

Responsável pelo Projeto
Prof. Carlos Pimentel de Sousa
Cel: 91088809

Sumário

I.	<u>Justificativa.....</u>	
		<u>.....5</u>
II.	<u>Objetivos.....</u>	
		<u>.....6</u>
	III.	<u>Perfil</u>
	<u>Profissional.....</u>	<u>7</u>
	IV.	<u>Estrutura Básica de</u>
	<u>Funcionamento.....</u>	<u>7</u>
	V.	<u>Do</u>
	<u>Ingresso.....</u>	<u>8</u>
	VI.	<u>Orientação</u>
	<u>Acadêmica.....</u>	<u>8</u>
	VII.	<u>Corpo</u>
	<u>Docente.....</u>	<u>9</u>
	VIII.	<u>Recursos</u>
	<u>Materiais.....</u>	<u>10</u>
	IX.	<u>Unidades</u>
	<u>Curriculares.....</u>	<u>11</u>
	X.	<u>Habilitação Modular</u>
	<u>Seqüenciada.....</u>	<u>13</u>
	XI.	<u>Projeto de Final de</u>
	<u>Curso.....</u>	<u>15</u>
	XII.	<u>Atividades de Estudo</u>
	<u>Suplementar.....</u>	<u>16</u>
	XIII.	<u>Integralização</u>
	<u>Curricular.....</u>	<u>17</u>

	XIV.	<u>Grade</u>	
<u>Curricular.....</u>			<u>22</u>
	XV.	<u>Cadeia de Pré-requisitos/DISCIPLINAS</u>	
		<u>.....</u>	<u>28</u>
	XVI.	<u>Ementas e</u>	
<u>Programas.....</u>			<u>30</u>

I – Justificativa

Atualmente, o mundo está vivenciando uma transformação em um ritmo nunca antes experimentado. Uma população crescente demandando por bens e serviços, numa escala ascendente, inserida num ecossistema finito, vem exigir da sociedade um maior grau de racionalização dos seus recursos em proveito de uma melhor redistribuição da riqueza, e de forma mais justa.

Antes, áreas do conhecimento tidas como independentes, estão agora, não apenas se tocando, mas transpondo suas fronteiras e levando ao surgimento de novas áreas do conhecimento humano. Mais do que uma mixagem, estamos testemunhando, uma convergência de tecnologias. Tal fenômeno está sendo vivenciado pelas áreas das Telecomunicações e Informática, gerando uma nova área que podemos chamar de Teleinformática. A sociedade da informação e da comunicação instala-se no mundo moderno de forma inexorável, exigindo do cidadão comum uma capacidade de adaptação cada vez mais rápida diante da impulsão dos vetores tecnológicos e ambientais, tanto no contexto pessoal e familiar, como no contexto profissional. [As telecomunicações associadas à informática são os grandes responsáveis pela agilidade e integrabilidade do fluxo da informação, constituindo-se, portanto, em elemento fundamental para a garantia da comunicação segura e disponível entre os povos, induzindo-os ao desenvolvimento generalizado. O desenvolvimento tecnológico dos setores das telecomunicações e da informática, bem como o setor da teleinformática que os integra, alcançou nesta última década um nível de complexidade extremamente elevado, apontando para novas formas de relações que indicam fortemente uma melhor qualidade de vida para os povos em geral. No Brasil, os efeitos dessa nova era são sentidos de diversas formas, tanto no âmbito social como no profissional. As oportunidades de trabalho nestes setores se multiplicam, fazendo surgir inclusive demandas reprimidas, onde o mercado de trabalho está ávido por mão de obra altamente qualificada, refletindo aqui a realidade mundial.](#)

[A racionalização dos bens e serviços neste novo campo, requer um engenheiro com um perfil de formação profissional diferenciado do engenheiro de comunicações e do engenheiro de computação. Além da fusão das telecomunicações com a informática, a área de Teleinformática tem agregado à tecnologia negócios e serviços. O engenheiro de teleinformática deve portanto, ser capaz de dominar as tecnologias pertinentes e ter uma compreensão integrada do mundo mercadológico, onde maior competitividade e melhor](#)

qualidade são objetos de uma busca contínua. Assim, a formação do engenheiro de telecomunicações deve ser atendida pela criação de um curso de engenharia de telecomunicações com estrutura curricular própria, e não como ênfase em cursos de engenharia elétrica, pois numa estrutura curricular comum, o aprofundamento de matérias de formação básica exigido pelas especificidades de cada uma das áreas , energia e telecomunicações, fica prejudicado, e em muitos casos até mesmo inviabilizado.

II – Objetivos

i. Gerais

Formar engenheiros em Engenharia de Telecomunicações com uma sólida e consistente formação profissional técnica e científica que o habilite a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas afins, considerando seus aspectos políticos, sócio-econômicos, ambientais e culturais, com visão ética e humanística em atendimento às necessidades da sociedade.

ii. Específicos

- Fornecer um conhecimento multidisciplinar atualizado das tecnologias empregadas nos sistemas de telecomunicações e sistemas de computação, incluindo aspectos de: processamento, transmissão e recepção da informação; sinais de comunicações; desempenho de sistemas de computação; e redes de comunicações.
- Habilitar o profissional nas seguintes áreas: engenharia de transmissão, antena e comutação; sistemas de transmissão de dados: vídeo e voz, por meio de cabos, fibra ótica, enlaces de microondas e satélites; sistemas de televisão e rádio; sistemas e redes de telefonia fixa e móvel; sistemas de comunicações ópticas; redes de alta velocidade; internet; computação móvel.
- Possibilitar o ingresso ágil e consistente em mercados emergentes, ainda carentes de mão-de-obra especializada.

III – Perfil Profissional

- planejar, conceber, especificar, projetar e implementar sistemas de comunicações e sistemas de computação, transmissão de voz, dados e imagem, bem como modelar e dimensionar os canais físicos de comunicações;
- realizar testes de aceitação e inspeção em equipamentos e sistemas de teleinformática;
- fiscalizar, executar vistorias e perícias, emitir laudos técnicos e estudos de modelagem e de viabilidade de sistemas de telecomunicações e computação;
- operar e manter sistemas e equipamentos de telecomunicações em geral;
- analisar projetos, oferecer consultoria técnica, orientação técnica, supervisionar e coordenar estudos e projetos de sistemas de comunicações e computação;
- desenvolver habilidades para acompanhar o acelerado desenvolvimento tecnológico da área de teleinformática;
- desenvolver softwares para integrar redes de informação;
- exercer atividades de gestão e gerência em empresas de teleinformática;
- propor soluções inovadoras que permitam maior qualidade dos produtos e serviços em teleinformática;
- realizar pesquisa e participar como agente no desenvolvimento de novas tecnologias.

IV - Estrutura Básica de Funcionamento

O curso de graduação em Engenharia de Teleinformática terá a seguinte estrutura básica de funcionamento.

- Carga horária de 3.540 horas com duração média de quatro anos.
- Currículo misto com disciplinas anuais e semestrais.
- Funcionamento predominantemente noturno.
- Turmas de 40 alunos.

V – Do Ingresso

- i. A entrada no curso de graduação em engenharia de telecomunicações se dará no início de cada ano, por concurso único de vestibular. Está também prevista a entrada por meio de transferência de alunos de outros cursos de graduação da UFC ou de outras instituições de ensino superior, sujeita a existência de vagas. Outras formas de entradas são objeto de estudo permanente.
- ii. A coordenação do curso de graduação em engenharia de telecomunicações irá a cada ano, estipular o número de vagas destinadas ao preenchimento por alunos transferidos de outros cursos ou por alunos já possuidores de um diploma de curso superior reconhecido pelo ministério da educação.

VI – Orientação Acadêmica

- i. Cada aluno deverá ter um orientador acadêmico designado pela coordenação desde o início do curso. Será permitido ao aluno, por solicitação escrita à coordenação, a mudança de orientador acadêmico.
- ii. A matrícula do aluno nas disciplinas anuais do primeiro ano e nas disciplinas semestrais do primeiro semestre, será feita automaticamente pela universidade. Nos demais semestres, a matrícula só será implantada pela coordenação com o acordo do orientador acadêmico.
- iii. O orientador acadêmico tem como função: orientar o aluno na formação acadêmica em geral e na seleção das disciplinas optativas; acompanhar o desempenho do aluno nas diversas disciplinas do curso; encaminhar o aluno para um acompanhamento psicopedagógico e psicológico quando for o caso.
- iv. Ao final das atividades de cada período letivo, o orientador acadêmico irá enviar à coordenação o resultado da avaliação de desempenho do aluno no formulário “Formulário de Avaliação de Desempenho Acadêmico”.

VII- Corpo Docente

O principal responsável pelas disciplinas do curso de graduação em engenharia de teleinformática é o Departamento de Engenharia de Teleinformática, que no atual momento, é composto pelos professores abaixo relacionados.

Prof. Msc.	Alexandre M. de Morais
Prof. Msc.	Carlos Pimentel de Sousa
Prof. Dr.	Elvio César Giraudo
Prof. Msc.	Erasmus Menotti
Profa. Dra.	Fátima N. Sombra de Medeiros
Prof. Dr.	Francisco Rodrigo P. Cavalcanti
Prof. Dr.	Guilherme de Alencar Barreto (Bolsa DCR/CNPq)
Prof. PhD.	Helano de Sousa Castro
Prof. Dr.	João César Moura Mota
Prof. Dr.	José Tarcísio Costa Filho
Prof. Dr.	Paulo César Cortez
Prof. Dr.	Rubens Viana Ramos (Bolsa DCR/CNPq)
Prof. Dr.	Sérgio Antenor de Carvalho

Além dos professores lotados no DETI o curso conta com a colaboração direta dos seguintes professores.

Prof. Dr.	Antonio Sérgio B.Sombra	(Dep. de Física)
Prof. Dr.	Giovanni B. Cardoso	(Dep. de Física)
Prof. Dr.	José Neuman de Sousa	(Dep. de Computação)
Prof. Dr.	José Riverson Rios	(Dep. de Computação)
Prof. Dr.	Javam Machado	(Dep. de Computação)
Prof. Msc	Gilvan Diógenes	(Dep. de Eng. Elétrica)
Prof. Msc.	Tomaz Nunes Cavalcante	(Dep. de Eng. Elétrica)

Devido a aposentadoria por motivos de saúde do prof. Dr. Mario M. Fiallos Aguillar se faz necessário no terceiro ano após o início do curso a contratação de um professor para

área de sistemas computação e computação móvel. E no quarto ano a contratação de um professor para solidificar a área de gestão e negócios em teleinformática.

VIII – Recursos Materiais

O curso de graduação em Engenharia de Teleinformática irá funcionar predominantemente no turno noturno, com algumas aulas a serem oferecidas no turno vespertino. Nestes períodos, as dependências do Centro de Tecnologia (sala de aulas e laboratórios) encontram-se com uma taxa de ocupação muito baixa. Assim, compartilharemos com os demais cursos as atuais dependências do CT, e tornar mais uniforme a taxa de ocupação do espaço físico atualmente existente no CT. Além dos laboratórios, materiais e equipamentos pertencentes ao DETI, contamos com o apoio do DEE para a utilização de seus laboratórios. Entre os recursos estão:

- Laboratório de Informática do CT (REENGE I e II)
- Laboratório de Circuitos Eletrônicos (DEE)
- Laboratório de Sistemas Digitais (DEE)
- Laboratório de Eletrotécnica (DEE)
- Laboratório de Teleinformática (DETI)
- Laboratório de Redes de Computadores (DETI)
- Laboratório de Comunicações Móveis (DETI)

Todas as disciplinas têm a bibliografia já adquirida ou em fase de aquisição pelo sistema de bibliotecas da UFC.

IX - Unidades Curriculares

A estrutura do curso de graduação em Engenharia de Teleinformática será, do ponto de vista pedagógico, composta pelas seguintes unidades curriculares:

1. Sistemas de Telecomunicações
2. Sistemas de Computação
3. Ciclo Básico
4. Gestão e Gerência em Teleinformática
5. Estágio

IX-1 A unidade curricular Sistemas de Telecomunicações será composta pelas seguintes disciplinas:

TI012 Comunicações Analógicas e Digitais
TI018 Processamento Digital de Sinais
TI019 Introdução a Teoria da Informação e Codificação
TI020 Sistemas de Comunicações Móveis I
TI024 Transmissão e Aquisição de Sinais
TI025 Guias e Ondas
TI026 Laboratório de Processamento Digital de Sinais
TI028 Comunicações por Satélite
TI029 Sistemas de Comunicações Ópticas
TI030 Sistemas Telefônicos
TI031 Sistemas de Comunicações Via Rádio
TI032 Antenas
TI035 Laboratório de Comunicações Digitais
TI036 Introdução ao Processamento Estatístico de Sinais
TI037 Fundamentos para Processamento Digital de Imagens
TI038 Filtros Digitais não Lineares Aplicados a Sinais

Multidimensionais

TI039 Sistemas de Comunicações Móveis II

IX-2 A unidade curricular Sistema de Computação será composta pelas seguintes disciplinas:

TI002 Técnicas de Programação em Engenharia
TI003 Projeto Lógico Digital
TI005 Sistemas Microprocessados
TI006 Circuitos Elétricos e Eletrônicos
TI013 Sistemas Microprogramados
TI014 Sistemas de Computação
TI015 Eletrônica Aplicada
TI016 Inteligência Computacional Aplicada à Engenharia
TI021 Redes de Computadores I
TI022 Sistemas em Tempo Real
TI027 Redes de Computadores II

IX-3 A unidade curricular Ciclo Básico será composta pelas seguintes disciplinas:

CB595 Cálculo Fundamental
CD290 Física Fundamental
CE839 Química Geral para Engenharia
TI001 Introdução a Engenharia de Teleinformática
TI004 Eletromagnetismo
TI007 Sinais e Sistemas
TI008 Matemática Aplicada à Engenharia
TI009 Modelos Probabilísticos para Engenharia de Teleinformática
TI011 Introdução à Engenharia dos Materiais Ópticos-eletrônicos

IX-4 A unidade curricular Gestão e Gerência em Teleinformática será composta pelas seguintes disciplinas:

TI023 Projeto de Final de Curso
TI033 Gestão de Projetos em Teleinformática
TI034 Gestão de Serviços em Teleinformática
TI040 Estudo Suplementar em Engenharia de Teleinformática I
TI041 Estudo Suplementar em Engenharia de Teleinformática II

IX-5 A unidade curricular Estágio será composta pelas seguintes disciplinas:

TI012 Estágio Supervisionado

X – Habilitação Modular Seqüenciada

Para efeito de habilitação o curso de graduação em Engenharia de Teleinformática estará dividido em três módulos. A habilitação modular seqüenciada permite que se estabeleça uma estreita relação entre um conjunto de disciplinas e as habilitações específicas, focalizando a importância das disciplinas na formação profissional do engenheiro de teleinformática.

- i. O módulo I será composto pelas seguintes disciplinas obrigatórias totalizando 1845 horas.

CB595	Cálculo Fundamental
CD290	Física Fundamental
HC776	Inglês Técnico
CD207	Física Experimental Básica
CE839	Química Geral para Engenharia
TI001	Introdução a Engenharia de Teleinformática
TI002	Técnicas de Programação para Engenharia
TI003	Projeto Lógico Digital
TI004	Eletromagnetismo
TI005	Sistemas Microprocessados
TI006	Circuitos Elétricos e Eletrônicos
TI007	Sinais e Sistemas
TI008	Matemática Aplicada a Engenharia
TI009	Modelos Probabilísticos para Engenharia de Teleinformática
TH164	Eletrotécnica

- ii. O módulo II será composto pelas seguintes disciplinas obrigatórias totalizando 1024 horas.

TI010	Estágio Supervisionado
TI011	Introdução a Engenharia dos Materiais Ópticos-eletrônicos
TC590	Desenho Aplicado a Engenharia
TD918	Fenômenos de Transporte
TI012	Comunicações Analógicas e Digitais
TI013	Sistemas Microprogramados
TI014	Sistemas de Computação
TI015	Eletrônica Aplicada
TI016	Inteligência Computacional Aplicada à Engenharia
TI017	Instrumentação e Controle
TI018	Processamento Digital de Sinais
TI019	Introdução a Teoria da Informação e Codificação
TI020	Sistemas de Comunicações Móveis I
TI021	Redes de Computadores I
TI022	Sistemas em Tempo Real

- iii. O módulo III será composto pelas seguintes disciplinas obrigatórias totalizando 396 horas.

TI023	Projeto de Final de Curso
TI024	Transmissão e Aquisição de Sinais
TE051	Economia da Engenharia I
TF276	Engenharia do Meio Ambiente
TE044	Ética e Legislação
TE062	Organização de Empresas Industriais

- iv. Após ter concluído o segundo ano, módulo I, o aluno terá adquirido os conteúdos de formação básica e estará apto a realizar análise qualitativa dos sistemas de telecomunicações e de computação.
- v. Após ter concluído o terceiro ano, compreendendo os módulos I e II, o aluno estará apto a desenvolver atividades profissionais no âmbito do tecnólogo de nível superior, podendo: realizar manutenção e operação em sistemas de telecomunicações e em sistemas de computação de grande porte; projetar sistemas de telecomunicações e sistemas de computação de pequeno porte; instalar redes de comunicações de dados; projetar circuitos elétricos e eletrônicos; projetar, instalar e manter redes locais de computadores, sistemas de segurança e instalações elétricas de baixa tensão.
- vi. Após ter concluído o quarto ano, compreendendo os módulos I, II e III, e ainda ter cursado com aproveitamento um número de disciplinas optativas suficientes para completar no mínimo 3.540 horas, o aluno fará jus a um Diploma de Engenheiro em Teleinformática, estando apto a desenvolver, em sua plenitude, atividades profissionais no âmbito da engenharia de teleinformática tais como: planejar, conceber, especificar, projetar e implementar sistemas de comunicações e sistemas de computação, transmissão de voz, dados e imagens, bem como modelar e dimensionar os canais físicos de comunicações, modulações e potências envolvidas; realizar testes de aceitação e inspeção em equipamentos e sistemas de teleinformática; fiscalizar, executar vistorias e perícias, emitir laudos técnicos e estudos de modelagem e de viabilidade de sistemas de telecomunicações e computação; operar e manter

sistemas e equipamentos de telecomunicações em geral; analisar projetos, oferecer consultoria técnica, orientação técnica, supervisionar e coordenar estudos e projetos de sistemas de comunicações e computação; desenvolver habilidades para acompanhar o desenvolvimento tecnológico da área de teleinformática; aplicar softwares para integrar redes de informação; realizar pesquisa e participar como agente no desenvolvimento de novas tecnologias; exercer atividades de gestão e gerência em empresas de teleinformática.

XI - Projeto de Final de Curso

A disciplina Projeto de Final de Curso consistirá de um trabalho de graduação a ser elaborado individualmente pelo estudante, orientado preferencialmente para desenvolvimento de um protótipo, na versão de um equipamento ou de um software, devidamente documentado na forma de uma monografia. A elaboração do Projeto de Final de Curso estará sujeita às seguintes normas:

- i. A orientação do Projeto de Final de Curso será efetuada por professores do quadro permanente da UFC, em efetivo exercício da atividade docente.
- ii. A matrícula na disciplina Projeto de Final de Curso estará condicionada a entrega de uma proposta ou projeto de trabalho contendo o aceite do professor orientador.
- iii. O Projeto de Final de Curso deverá ser estruturado obedecendo aos seguintes pontos:

I - Título;

II - Justificativa;

III - Objetivos;

IV - Metodologia;

V - Plano ou cronograma de execução;

VI - Orçamento;

VII - Fontes de financiamento, quando houver;

VIII – Bibliografia.

- iv. A versão final de toda documentação escrita deverá ser entregue à Coordenação do curso, com o visto do professor orientador, com antecedência de no mínimo 30 (trinta) dias do término do período letivo.
- v. O Trabalho de Final de Curso, resultado da disciplina Projeto de Final de Curso deverá ser submetida à defesa pública, mediante banca examinadora composta de 3 (três) membros, sendo um deles o próprio orientador.
- vi. Caberá à Coordenação de curso elaborar calendário para defesa dos trabalhos de fim de curso, ouvidos os respectivos orientadores e respeitado o calendário letivo da UFC.
- vii. A avaliação da disciplina Projeto de Final de Curso será registrada em formulário próprio, em sessão secreta, imediatamente após a defesa pública, onde cada membro da banca examinadora atribuirá nota de 0 (zero) a 10 (dez). A nota final corresponderá a média aritmética das notas atribuídas pelos membros da banca examinadora, sendo considerado aprovado o estudante que obtiver média igual ou superior ao mínimo exigido pelo sistema de avaliação da UFC.

XII – Atividades de Estudo Suplementar

O aluno é incentivado a desenvolver atividades de estudo suplementar tais como: participação nos programas de iniciação científica, iniciação à docência e PET; projetos de estruturação de laboratórios de ensino e de pesquisa; projetos de extensão; trabalhos em pesquisa, integrando-se aos grupos de pesquisa associados à pós-graduação, principalmente; participação em eventos científicos; seminários extra-classe; outras atividades acadêmicas reconhecidas pelo Colegiado da Coordenação. Embora seja bastante recomendado, as atividades de estudo suplementar são de caráter opcional. Sua integralização à estrutura curricular, com computação de carga horária, está sujeita às seguintes normas:

- i. As atividades de estudo suplementar poderão ser desenvolvidas ao longo de todo o curso.
- ii. A carga horária computada para as atividades de estudo suplementar será efetivada através do aproveitamento de estudos para as disciplinas TI040 -

Estudo Suplementar em Engenharia de Teleinformática I e TI041 - Estudo Suplementar em Engenharia de Teleinformática II.

- iii. O aluno deverá submeter ao colegiado da coordenação para apreciação, o relatório de atividades de estudo suplementar com o parecer do orientador acadêmico.
- iv. A coordenação divulgará no momento oportuno, os critérios para a avaliação do relatório de atividades de estudo suplementar.

XIII - Integralização Curricular

A definição da estrutura curricular de Curso de Graduação em Engenharia de Teleinformática baseou-se na **LEI 9.394 – LEI DE DIRETRIZES E BASE DA EDUCAÇÃO NACIONAL – LDB, DE 1996**, que estabeleceu as Diretrizes e Bases da Educação Nacional, assegurando às instituições de ensino superior ampla liberdade na composição da carga horária a ser cumprida para a integralização dos currículos, assim como na especificação das unidades de estudo a serem ministradas.

Os conteúdos pedagógicos propostos para o Curso, em consonância com o perfil profissional dos egressos, estão baseados na **RESOLUÇÃO CNE/CES 11 DE 11 DE MARÇO DE 2002**, e abrangem quatro grupos de disciplinas classificadas como: de conteúdos básicos, conteúdos de profissionalizantes, conteúdos específicos, e conteúdos complementares. As disciplinas com conteúdo de formação básica, todas obrigatórias, visam proporcionar ao aluno uma formação básica científica e tecnológica, que forneçam meios adequados para o desenvolvimento de uma visão crítica sobre o cenário em que está inserida sua profissão, incluindo as dimensões históricas, econômicas, políticas e sociais. As disciplinas com conteúdo de formação profissional, todas obrigatórias, têm por finalidade promover capacitação instrumental ao aluno, através do estabelecimento de métodos de análise e de síntese, e aprofundamento teórico-prático do ferramental que foi desenvolvido nas disciplinas de formação básica para que possa intervir no desenvolvimento da área da engenharia de teleinformática, seja na análise ou na síntese de soluções de problemas. As disciplinas com conteúdo de formação profissional específico, todas optativas (eletivas), têm por finalidade o aprimoramento de técnicas avançadas em uma área específica da engenharia de teleinformática, proporcionando ao aluno, à sua escolha,

um refinamento do campo de estudo que lhe seja mais atrativo. As disciplinas com conteúdo de formação complementar, todas optativas (eletivas), visam proporcionar aos alunos uma forma, à sua livre escolha, de complementar seus estudos, buscando seus conteúdos em qualquer área do saber existente na Universidade Federal do Ceará.

A tabela XIII.1 mostra a distribuição da carga horária mínima para obtenção diploma de graduação em engenharia de teleinformática com relação aos conteúdos básicos, profissionalizantes, específicos e complementares.

Disciplinas			Sub Total
	Conteúdos Básicos	Conteúdos Profissionalizantes	
	1377	1638	3015
	Estagio Supervisionado		160
	Projeto Final de Curso		108
Optativas (mínimas)	Conteúdos Específicos e Complementares		257
Total (mínimo)			3540

Tabela XIII.1

XIII.1 - Disciplinas com Conteúdos Básicos (aproximadamente 39% carga horária mínima)

Conteúdos	Disciplina	Carga Horária Parcial
Metodologia Científica e Tecnológica	TI001- Introdução a Engenharia de Teleinformática	72
Comunicação e Expressão	HC776- Inglês Técnico	144
Informática	TI002- Técnicas de Programação em Engenharia	54
Expressão Gráfica	TC590- Desenho Aplicado a Engenharia	54
Matemática	CB595- Cálculo Fundamental	144
	TI008- Matemática Aplicada à Engenharia	108
	TI009- Modelos Probabilísticos para Engenharia de Teleinformática	108
Física Mecânica dos Sólidos	CD290- Física Fundamental	144
	CD207- Física Experimental Básica	45
Fenômenos de Transporte	TD918- Fenômenos de Transporte	54
Eletricidade Aplicada	TH164- Eletrotécnica	54
Química	CE839- Química Geral para Engenharia	126
Ciência e Tecnologia dos Materiais	TI011- Introdução a Engenharia dos Materiais Ópticos-eletrônicos	54
Administração	TE062- Organização de Empresas Industriais	72
Economia	TE051- Economia da Engenharia I	72
Ciências do Ambiente	TF276- Engenharia do Meio Ambiente	54
Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania.	TE044- Ética e Legislação	36
TOTAL		1395

XIII.2 – Disciplinas com Conteúdos Profissionalizantes (aproximadamente 45% carga horária mínima)

Conteúdos	Disciplina	Carga Horária Parcial
Circuitos Elétricos Eletrônica Analógica	TI006- Circuitos Elétricos e Eletrônicos	180
	TI015- Eletrônica Aplicada	72
Circuitos Lógicos Eletrônica Digital	TI003- Projeto Lógico Digital	144
	TI005- Sistemas Microprocessados	180
	TI013- Sistemas Microprogramados	54
Algoritmos e Estruturas de Dados Organização de Computadores Paradigmas de Programação Sistemas Operacionais	TI002- Técnicas de Programação em Engenharia	90
	TI014- Sistemas de Computação	108
	TI022- Sistemas em Tempo Real	54
	TI021- Redes de Computadores I	54
Telecomunicações	TI012- Comunicações Analógicas e Digitais	108
	TI018- Processamento Digital de Sinais	54
	TI019- Introdução a Teoria da Informação e Codificação	54
	TI020- Sistemas de Comunicações Móveis I	54
	TI024- Transmissão e Aquisição de Sinais	54
Eletromagnetismo	TI004- Eletromagnetismo	144
Modelagem, Análise e Simulação de Sistemas	TI007- Sinais e Sistemas	108
	TI016- Inteligência Computacional Aplicada à Engenharia	54
Controle de Sistemas Dinâmicos e Instrumentação	TI017- Instrumentação e Controle	54
TOTAL		1620

XIII.3 - Disciplinas com Conteúdos Específicos

Conteúdos	Disciplina	Carga Horária
Gestão de Tecnologia	TI033- Gestão de Projetos em Teleinformática	54
	TI034- Gestão de Serviços em Teleinformática	54
Processamento de Sinais e Imagens	TI026- Laboratório de PDS	54
	TI036- Introdução ao Processamento Estatístico de Sinais	54
	TI037- Fundamentos para Processamento Digital de Imagens	72
	TI038- Filtros Digitais não Lineares Aplicados a Sinais Multidimensionais	54
Sistemas de Telecomunicações	TI028- Comunicação por Satélite	54
	TI029- Sistemas de Comunicações Ópticas	54
	TI030- Sistemas Telefônicos	72
	TI039- Sistemas de Comunicações Móveis II	72
	TI031- Sistemas de Comunicações Via Rádio	72
	TI032- Antenas	72
	TI035- Laboratório de Comunicações Digitais	54
Redes de Comunicações	TI027- Redes de Computadores II	72
Estudo Suplementar	TI040- Estudo Suplementar em Engenharia de Teleinformática I	36
	TI041- Estudo Suplementar em Engenharia de Teleinformática II	36
Sistemas Elétricos	TH165- Proteção de Equipamentos Eletrônicos Sistemas Elétricos	54

XIII.4 - Disciplinas com Conteúdo de Formação Complementar

É facultado ao aluno a livre escolha dentre as disciplinas ofertadas pela UFC aquelas que irão compor o conjunto das disciplinas com conteúdo de formação complementar, observando que a totalização das horas obtidas com essas disciplinas não pode ultrapassar a cinco por cento (5%) da carga horária total do curso.

XIV - Grade Curricular

O curso de graduação em Engenharia de Teleinformática será constituído pelas disciplinas listadas abaixo. A posição das disciplinas optativas na grade curricular vai depender exclusivamente da cadeia de pré-requisitos, listada na seção XV. Não constam nesta lista as disciplinas com conteúdo de formação complementar. A tabela XIV.1 sumariza a distribuição da carga horária mínima para a obtenção do diploma de graduação em engenharia de teleinformática com relação as disciplinas obrigatórias, optativas e estágio supervisionado.

Distribuição da Carga Horária			
Disciplinas	Obrigatórias	Optativas (mínimas)	Sub Total
	3123	257	3380
Estágio Supervisionado			160
Total			3540

Tabela XIV.1

Disciplinas Obrigatórias do Primeiro Ano				
Código	Disciplina	Horas por Semana		Carga Horária
		Sem. I	Sem. II	
CB595	Cálculo Fundamental	4.0	4.0	144
CD290	Física Fundamental	4.0	4.0	144
HC776	Inglês Técnico	4.0	4.0	144
TI001	Introdução a Engenharia de Teleinformática	2.0	2.0	72
TI002	Técnicas de Programação em Engenharia	2.2	2.2	144
TI003	Projeto Lógico Digital	2.2	2.2	144
CE839	Química Geral para Engenharia *	2.3	2.3	126
TOTAL		27	27	918

* uma aula de laboratório com duração de três horas a cada quinze dias

Disciplinas Obrigatórias do Segundo Ano				
Código	Disciplina	Horas por Semana		Carga Horária
		Sem. I	Sem. II	
TI004	Eletromagnetismo	4.0	4.0	144
TI005	Sistemas Microprocessados	3.2	3.2	180
TI006	Circuitos Elétricos e Eletrônicos	3.2	3.2	180
TI007	Sinais e Sistemas	3.0	3.0	108
TI008	Matemática Aplicada à Engenharia	3.0	3.0	108
TI009	Modelos Probabilísticos para Engenharia de Teleinformática	3.0	3.0	108
TH164	Eletrotecnica	2.1	---	54
CD207	Física Experimental Básica	---	3.0	45
TOTAL		26	26	927

Disciplinas Obrigatórias do Terceiro Ano				
Código	Disciplina	Horas por Semana		Carga Horária
		Sem. I	Sem. II	
TI011	Introdução a Engenharia dos Materiais Ópticos-eletrônicos	3.0	---	54
TC590	Desenho Aplicado a Engenharia	3.0	---	54
TI012	Comunicações Analógicas e Digitais	6.0	---	108
TI013	Sistemas Microprogramados	0.3	---	54
TI014	Sistemas de Computação	4.2	---	108
TI015	Eletrônica Aplicada	2.2	---	72
TI016	Inteligência Computacional Aplicada à Engenharia	---	3.0	54
TD918	Fenômenos de Transporte	---	3.0	54
TI017	Instrumentação e Controle	---	2.1	54
TI018	Processamento Digital de Sinais	---	3.0	54
TI019	Introdução a Teoria da Informação e Codificação	---	3.0	54
TI020	Sistemas de Comunicações Móveis I	---	3.0	54
TI021	Redes de Computadores I*	---	2.2	54
TI022	Sistemas em Tempo Real	---	3.0	54
TI010	Estágio Supervisionado	---	---	160
TOTAL		25	25	1042

* uma aula de laboratório com duração de duas horas a cada quinze dias

Disciplinas Obrigatórias do Quarto Ano				
Código	Disciplina	Horas por Semana		Carga Horária
		Sem. I	Sem. II	
TI023	Projeto de Final de Curso	3.0	3.0	108
TI024	Transmissão e Aquisição de Sinais	3.0	---	54
TE051	Economia da Engenharia I	4.0	---	72
TF276	Engenharia do Meio Ambiente	---	3.0	54
TE044	Ética e Legislação	---	2.0	36
TE062	Organização de Empresas Industriais	---	4.0	72
TOTAL		13	12	396

Disciplinas Optativas			
Código	Disciplina	Horas por Semana	Carga Horária
TI025	Guias e Ondas	3.0	54

TI026	Laboratório de PDS	0.3	54
TI027	Redes de Computadores II	2.2	72
TI028	Comunicação por Satélite	3.0	54
TI029	Sistemas de Comunicações Ópticas	3.0	54
TI030	Sistemas Telefônicos	4.0	72
TI031	Sistemas de Comunicações Via Rádio	4.0	72
TI032	Antenas	4.0	72
TI033	Gestão de Projetos em Teleinformática	3.0	54
TI034	Gestão de Serviços em Teleinformática	3.0	54
TI035	Laboratório de Comunicações Digitais	0.3	54
TI036	Introdução ao Processamento Estatístico de Sinais	3.0	54
TI037	Fundamentos para Processamento Digital de Imagens	4.0	72
TI038	Filtros Digitais não Lineares Apl. a Sinais Mult.	3.0	54
TI039	Sistemas de Comunicações Móveis II	4.0	72
TI040	Estudo Suplementar em Engenharia de Teleinformática I	2.0	36
TI041	Estudo Suplementar em Engenharia de Teleinformática II	2.0	36
TH165	Proteção de Equipamentos Eletrônicos Sensíveis	3.0	54
TI042	Controle em Tempo Real por Computador	2.1	54
TD904	Higiene Industrial Segurança no Trabalho	2.0	36
CE845	Química Aplicada a Engenharia de Teleinformática	2.2	72

XIV.1 Relação das Disciplinas Obrigatórias

1.	CB595	Calculo Fundamental
2.	CD290	Física Fundamental
3.	CE839	Química Geral para Engenharia
4.	HC776	Inglês Técnico
5.	TI001	Introdução a Engenharia de Teleinformática
6.	TI002	Técnicas de Programação em Engenharia
7.	TI003	Projeto Lógico Digital
8.	TH164	Eletrotecnica
9.	TI004	Eletromagnetismo
10.	TI005	Sistemas Microprocessados
11.	TI006	Circuitos Elétricos e Eletrônicos
12.	TI007	Sinais e Sistemas
13.	TI008	Matemática Aplicada a Engenharia
14.	TI009	Modelos Probabilísticos para Engenharia de Teleinformática
15.	CD207	Física Experimental Básica
16.	TC590	Desenho Aplicado a Engenharia
17.	TI010	Estagio Supervisionado
18.	TI011	Introdução a Engenharia dos Materiais Opticos-Eletrônicos
19.	TI012	Comunicações Analógicas e Digitais
20.	TI013	Sistemas Microprogramados
21.	TI014	Sistemas de Computação
22.	TI015	Eletrônica Aplicada
23.	TD918	Fenômenos de Transporte
24.	TI016	Inteligência Computacional Aplicada a Engenharia
25.	TI017	Instrumentação e Controle
26.	TI018	Processamento Digital de Sinais
27.	TI019	Introdução a Teoria da Informação e Codificação
28.	TI020	Sistemas de Comunicações Moveis I
29.	TI021	Redes de Computadores I
30.	TI022	Sistemas em Tempo Real
31.	TE051	Economia da Engenharia I
32.	TI023	Projeto de Final de Curso
33.	TI024	Transmissão e Aquisição de Sinais
34.	TE044	Ética e Legislação
35.	TE062	Organização de Empresas Industriais
36.	TF276	Engenharia do Meio Ambiente

XIV.2 Relação de Disciplinas Optativas

1.	CE845	Química Aplicada a Engenharia de Teleinformática
2.	TD904	Higiene Industrial e Segurança do Trabalho
3.	TH165	Proteção de Equipamentos Eletrônicos Sensíveis
4.	TI025	Guias e Ondas
5.	TI026	Laboratório de Processamento Digital de Sinais
6.	TI027	Redes de Computadores II

7.	TI028	Comunicação por Satélite
8.	TI029	Sistemas de Comunicações Ópticas
9.	TI030	Sistemas Telefônicos
10.	TI031	Sistemas de Comunicações Via Rádio
11.	TI032	Antenas
12.	TI033	Gestão de Projetos em Teleinformática
13.	TI034	Gestão de Serviços em Teleinformática
14.	TI035	Laboratório de Comunicações Digitais
15.	TI036	Introdução ao Processamento Estatístico de Sinais
16.	TI037	Fundamentos para Processamento Digital de Imagens
17.	TI038	Filtros Digitais não Lineares Aplicados a Sinais Multidimensionais
18.	TI039	Sistemas de Comunicações Moveis II
19.	TI040	Estudo Suplementar em Engenharia de Teleinformática I
20.	TI041	Estudo Suplementar em Engenharia de Teleinformática II
21.	TI042	Controle em Tempo Real por Computador

XV - Cadeia de Pré-requisitos

A grade curricular do curso de graduação em Engenharia de Teleinformática está sujeita à cadeia de pré-requisitos apresentada na tabela abaixo.

CB595	Cálculo Fundamental	sem pré-requisito
CD290	Física Fundamental	sem pré-requisito
CE839	Química Geral para Engenharia	sem pré-requisito
HC776	Inglês Técnico	sem pré-requisito
TI001	Introdução a Engenharia de Teleinformática	sem pré-requisito
TI002	Técnicas de Programação em Engenharia	sem pré-requisito
TI003	Projeto Lógico Digital	sem pré-requisito
TH164	Eletrotécnica	sem pré-requisito
TI004	Eletromagnetismo	CB595 E CD290
TI005	Sistemas Microprocessados	TI003
TI006	Circuitos Elétricos e Eletrônicos	CB595
TI007	Sinais e Sistemas	CB595 E CD290
TI008	Matemática Aplicada a Engenharia	CB595
TI009	Modelos Probabilísticos para Engenharia de Teleinformática	CB595
CD207	Física Experimental Básica	sem pré-requisito
TC590	Desenho Aplicado a Engenharia	sem pré-requisito
TI010	Estagio Supervisionado	sem pré-requisito
TI011	Introdução a Engenharia dos Materiais Ópticos-Eletrônicos	CB595 E CD290
TI012	Comunicações Analógicas e Digitais	TI007 E TI009
TI013	Sistemas Microprogramados	TI005 E TI006
TI014	Sistemas de Computação	TI002 E TI005
TI015	Eletrônica Aplicada	TI006
TD918	Fenômenos de Transporte	CB595 E CD290
TI016	Inteligência Computacional Aplicada a Engenharia	TI002 E TI007
TI017	Instrumentação e Controle	TI005 E TI007 E TI015
TI018	Processamento Digital de Sinais	TI007 E TI008
TI019	Introdução a Teoria da Informação e Codificação	TI003 E TI008 E TI009
TI020	Sistemas de Comunicações Móveis I	TI012
TI021	Redes de Computadores I	TI014
TI022	Sistemas em Tempo Real	TI014
TE051	Economia da Engenharia I	sem pré-requisito
TI023	Projeto de Final de Curso	sem pré-requisito
TI024	Transmissão e Aquisição de Sinais	TI007
TE044	Ética e Legislação	sem pré-requisito
TE062	Organização de Empresas Industriais	sem pré-requisito
TF276	Engenharia do Meio Ambiente	sem pré-requisito
CE845	Química Aplicada a Engenharia de Teleinformática	CE839
TD904	Higiene Industrial e Segurança e Trabalho	sem pré-requisito
TH165	Proteção de Equipamentos Eletrônicos Sensíveis	TI006
TI025	Guias e Ondas	TI004 E TI008
TI026	Laboratório de Processamento Digital de Sinais	TI005 E TI018
TI027	Redes de Computadores II	TI021
TI028	Comunicação por Satélite	TI012
TI029	Sistemas de Comunicações Ópticas	TI011 E TI012
TI030	Sistemas Telefônicos	TI012
TI031	Sistemas de Comunicações Via Rádio	TI004 E TI008

TI032	Antenas	TI004
TI033	Gestão de Projetos em Teleinformática	sem pré-requisito
TI034	Gestão e Serviços em Teleinformática	sem pré-requisito
TI035	Laboratório de Comunicações Digitais	TI012 E TI018
TI036	Introducao ao Processamento Estatístico de Sinais	TI007 E TI009
TI037	Fundamentos para Processamento Digital de Imagens	TI018
TI038	Filtros Digitais não Lineares Aplicados a Sinais Multidimensionais	TI007 E TI009
TI039	Sistemas de Comunicações Moveis II	TI020
TI040	Estudo Suplementar em Engenharia de Teleinformática I	sem pré-requisito
TI041	Estudo Suplementar em Engenharia de Teleinformática II	sem pré-requisito
TI042	Controle em Tempo Real por Computador	TI014 E TI017 E TI022

REFORMULAÇÃO CURRICULAR DE 2008

A integralização curricular passou a ser a seguinte:

Distribuição da Carga Horária			
Disciplinas	Obrigatórias	Optativas	Sub-Total
		2992	388
Estágio Supervisionado			160
Atividades Extra-Curriculares			160

MODIFICAÇÕES NO PROJETO

**ALTERAÇÕES PRESENTES NO PROCESSO 23067 P10220/08-49 APROVADO
PELA CÂMARA DE GRADUAÇÃO/CEPE**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE TELEINFORMÁTICA
CAMPUS DO PICI, CAIXA POSTAL 6007 CEP 60755-640
FORTALEZA – CEARÁ – BRASIL
FONE: (+55) 85 3366-9467 – FAX (+55) 85 33669468
URL: <http://www.deti.ufc.br/~cgget> e-mail cggeti@deti.ufc.br

Ofício Nº. 46/2007/CGETI

De: Coordenador do Curso de Graduação em Engenharia de Teleinformática
A: Coordenadora de Pesquisa e Acompanhamento Curricular – COPAC da
Pró-reitoria de Graduação da Universidade Federal do Ceará

Assunto: Adequações Curriculares

Prezada Profa.,

Em resposta ao Ofício no. 156/07 – PR/GR datado de 10 de julho de 2007 estou enviando os documentos disponíveis que respaldam as adequações curriculares realizadas no Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia de Teleinformática da UFC.

Atenciosamente,

Menotti Erasmo da Silva Machado
Coordenador do Curso de Graduação em
Engenharia de Teleinformática

**ALTERAÇÕES PRESENTES NO PROCESSO 23067 P10220/08-49 APROVADO
PELA CÂMARA DE GRADUAÇÃO/CEPE**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE TELEINFORMÁTICA
CAMPUS DO PICI, CAIXA POSTAL 6007 CEP 60755-640
FORTALEZA – CEARÁ – BRASIL
FONE: (+55) 85 3366-9467 – FAX (+55) 85 33669468
URL: <http://www.deti.ufc.br/~cget> e-mail cgeti@deti.ufc.br

Ofício Nº. 012/2005/CGETI

De: Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia de telecomunicações
À: Profa. Ana Maria Lório Dias – Pró-Reitoria de Graduação

Assunto: Solicitação

Prezada Pró-Reitoria,

A Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia de Telecomunicações solicita que seja modificado o edital para o vestibular de 2006.1 alterado para cinquenta (50) o número de vagas ofertadas. Informamos que esta modificação foi aprovada na 40ª reunião do departamento cuja ata enviamos em anexo.

Atenciosamente,
Prof. Carlos Pimentel de Sousa

ALTERAÇÕES PRESENTES NO PROCESSO 23067 P10220/08-49 APROVADO PELA CÂMARA DE GRADUAÇÃO/CEPE

ATA DA QUARTA REUNIÃO DA COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TELEINFORMÁTICA DO CENTRO DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ.

Aos vinte e um dias do mês de setembro do ano de dois mil e cinco, às quatorze horas, foi realizada a reunião da Coordenação da Graduação em Engenharia de Teleinformática, na sala da Secretaria do departamento de Engenharia de Teleinformática, em sessão presidida pelo Coordenador, o Professor Menotti Erasmo da Silva Machado, com a presença dos professores: Carlos Pimentel de Sousa, Elvio César Giraudo, e Sérgio Antenor de Carvalho;

ABERTURA DA SESSÃO Havendo número legal o Sr. Coordenador, Prof. Menotti Erasmo da Silva Machado, deu início à reunião, cuja pauta foi a seguinte.

01. EQUIVALÊNCIA DE DISCIPLINA
02. ATUALIZAÇÃO DO PROJETO PEDAGÓGICO DO CURSO
03. COBRAR A ENTREGA DO PLANO DE ENSINO
04. DISCUSSÃO SOBRE A ABERTURA DE VAGAS (Graduado, Transferência e Mudança de Curso)
05. COMUNICAÇÕES

O coordenador fez a exposição da pauta e apresentou as possíveis alternativas.

01. Foi exposta a necessidade da equivalência das disciplinas CD207 e CE836 para CD238 e CE846 respectivamente. Após colocada em votação, essa proposta foi aprovada por unanimidade.
02. O coordenador apresentou a necessidade da atualização do proj. ped. De acordo à solicitação da pró-reitoria de graduação. Dessa forma foi efetuada a atualização do crédito de todas as disciplinas do curso, levando-se em conta que 1 crédito equivale as 16hs de acordo com a portaria. Em seguida foi exposta a necessidade da inclusão de uma carga horária de atividades extra curriculares sem caráter disciplinar. A realização dessas atualizações foi colocada em regime de votação e aprovada por unanimidade.
03. Foi acordado que os membros das unidades curriculares solicitariam, aos professores membros, os planos de ensino de todas as disciplinas.
04. O coordenador sugeriu a oferta de 5 vagas para transferência de curso. Em seguida o prof. Carlos Pimentel propôs um aumento para 10 vagas, conforme planejado pela coordenação anterior. O prof. Sérgio Antenor e os representantes estudantis também concordam com essa sugestão. Por fim foi proposto que seriam 10 vagas sendo 8 para mudança de curso e 02 para transferência. Essa proposta foi colocada em votação e aprovada por unanimidade.

Após a discussão das propostas apresentadas, foi posto em votação sendo aprovada por unanimidade a terceira proposta.

ENCERRAMENTO DA SESSÃO: NADA MAIS HAVENDO A TRATAR, O Sr. Coordenador deu por encerrada a sessão e, para constar, eu Francisco Anagildo Carneiro de Sousa, lavrei a presente ata, a qual, de ser lida, será assinada por quem é de direito.

**ALTERAÇÕES PRESENTES NO PROCESSO 23067 P10220/08-49 APROVADO
PELA CÂMARA DE GRADUAÇÃO/CEPE**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE TELEINFORMÁTICA
CAMPUS DO PICI, CAIXA POSTAL 6007 CEP 60755-640
FORTALEZA – CEARÁ – BRASIL
FONE: (+55) 85 3366-9467 – FAX (+55) 85 33669468
URL: <http://www.deti.ufc.br/~cget> e-mail cgeti@deti.ufc.br

Ofício Nº. 21/2008 – CGETI

De: Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia de Teleinformática
Ao: diretor do Centro de Tecnologia

Assunto: solicitação faz

Prezado Diretor,

Solicitamos o encaminhamento, junto a câmara de Graduação, a proposta de adequação da matriz curricular do curso de graduação de Engenharia de Teleinformática de quatro para cinco anos.

Esclarecemos que a referida matriz curricular não altera nenhum pré-requisito, nem de conteúdo de nenhuma disciplina do atual currículo e que a mesma foi aprovada por unanimidade no colegiado da coordenação reunido em 21 de fevereiro de 2008, estando presentes todos os seus membros, e no departamento de engenharia de teleinformática por ampla maioria.

A adequação da matriz curricular proposta para o currículo 2004.1 do curso de graduação em Engenharia de Teleinformática de 8 semestres pra 10 semestres foi formulada tomando como base as seguintes premissas.

- Nos últimos 3 anos temos observado um aumento considerável na oferta de bolsas de P&D. A coordenação considera extremamente importante o envolvimento de alunos de graduação neste tipo de atividade, uma vez que isto exercita o relacionamento profissional dos alunos com o mercado de trabalho, além de complementar a sua formação técnico – científica. Para que esta atividade seja desempenhada em sua plenitude, é necessário que haja um espaço (tempo) disponível na matriz curricular para suportar adequadamente esta atividade extra curricular;
- Foi publicada a Resolução CNE/CES nº 2, de 18 de junho de 2007 (Diário Oficial da União, Brasília, 19 de junho de 2007, Seção 1, p. 6.), que se não disciplina, pelo menos sugere que os cursos de engenharia tenham sua matriz curricular integralizadas no mínimo 5 anos.
- O INEP avaliou o curso de Engenharia de Teleinformática em 8 de janeiro de 2008, atribuindo-lhe o conceito BOM em seu relatório. Como sugestão para a melhoria do curso, entre outras, o INEP sinaliza uma obediência à resolução citada no item anterior, o que foi prontamente acatada pela coordenação.

- A integralização do currículo em 5 anos aproxima o curso de graduação em Engenharia de Teleinformática dos demais cursos de Engenharia do Centro de Tecnologia, pelo menos nos seus aspectos gerais.

A seguir listamos as mudanças nas posições das disciplinas sugeridas para matriz curricular 2004.1.

DISCIPLINAS	SEMESTRE/ATUAL SEMESTRES PROPOSTO
TI004 ELETROMAGNETISMO	3/5
TH164 ELETROTECNICA	3/8
TC590 DESENHO APLICADO A ENGENHARIA	5/8
TI010 ESTAGIO SUPERVISIONADO	5/7
TI011 INTRODUÇÃO A ENG DOS MATERIAIS OPTICOS ELETRONICOS	5/7
TI014 SISTEMAS DE COMPUTAÇÃO	5/6
TD918 FENOMENOS DE TRANSPORTE	6/5
TI017 INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE	6/7
TI016 INTELIGENCIA COMPUTACIONAL APLICADA A ENGENHARIA	6/7
TI021 REDES DE COMPUTADORES I	6/7
TI022 SISTEMAS DE TEMPO REAL	6/8
TE051 ECONOMIA DA ENGENHARIA I	7/9
TI023 PROJETO DE FINAL DE CURSO	7/9
TI024 TRANSMISSÃO E AQUISIÇÃO DE SINAIS	7/8
TF276 ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE	8/10
TE044 ETICA E LEGISLAÇÃO	8/10
TE062 ORGANIZAÇÃO DE EMPRESAS INDUSTRIAIS	8/10

A tabela abaixo sumariza a distribuição da carga horária mínima para a obtenção do diploma de graduação em engenharia de teleinformática, que é de **3700 (três mil e setecentas horas)**. Para visualizar a distribuição da carga horária ao longo dos 10 semestres, listamos abaixo as disciplinas por semestre enfatizando a carga horária semanal. A posição das disciplinas optativas na matriz curricular vai depender exclusivamente da cadeia de pré-requisitos.

Distribuição da Carga Horária			
Disciplinas	Obrigatórias	Optativas (mínimas)	Sub Total
		2992	388
Estágio Supervisionado			160
Atividades Extra Curriculares (até 160 horas)			160
Disciplinas Obrigatórias do Primeiro Ano Sem. 1 e Sem. 2			
Código	Disciplina	Pré-requisito	Horas Semanais (semestres)
			Sem 1 Sem 2
CB595	Cálculo Fundamental	-	4.0
CD290	Física Fundamental	-	4.0
CD328	Física Experimental para Engenharia*	-	0.2
HC776	Inglês Técnico	-	4.0
TI001	Introdução a Engenharia de Teleinformática	-	2.0
TI002	Técnicas de Programação em Engenharia	-	2.2
TI003	Projeto Lógico Digital	-	2.2
CE839	Química Geral para Engenharia*	-	2.2

Disciplinas Obrigatórias do Segundo Ano (Sem. 3 e Sem. 4)			
Código	Disciplina	Pré-requisito	Horas Semanais (Semestre)
			Sem. 5 Sem. 6
TI006	Circuitos Elétricos e Eletrônicos	BC595	3.2
TI005	Sistemas Microprocessados	TI003	3.2
TI007	Sinais e Sistemas	BC595- CD290	3.0
TI008	Matemática Aplicada à Engenharia	BC595	3.0
TI009	Modelos Probabilísticos para Engenharia de Teleinformática	BC595	3.0

Disciplinas Obrigatórias do Terceiro Ano (Sem. 5 e Sem. 6)			
Código	Disciplina	Pré-requisito	Horas Semanais (Semestres)
			Sem. 5 Sem. 6
TI004	Eletromagnetismo	CB595 – CD290	4.0
TI012	Comunicações Analógicas e Digitais	TI007 – TI009	6.0 ---
TD918	Fenômenos de Transporte	CB595 – CD290	3.0 ---
TI013	Sistemas Microprogramados	TI005 – TI006	0.3
TI015	Eletrônica Aplicada.	TI006	2.2 ---
TI018	Processamento Digital de Sinais	TI007 – TI008	3.0
TI019	Introdução a Teoria da Informação e Codificação	TI003-TI008- TI009	— 3.0
TI020	Sistemas de Comunicações Móveis I	TI012	— 3.0
TI014	Sistemas de Computação	TI002 – TI005	4.2

Disciplinas Obrigatórias do Quarto Ano (Sem. 7 e Sem. 8)			
Código	Disciplina	Pré-requisito	Horas Semanais (semestres)
			Sem. 7 Sem. 8
TI010	Estágio Supervisionado	--	Até 20 horas
TI011	Introdução a Engenharia dos Materiais Ópticos-eletrônicos	BC595 – CD290	3.0
TI021	Redes de Computadores I	TI014	2.2
TI016	Inteligência Computacional Aplicada à Engenharia	TI002 – TI007	3.0
TI017	Instrumentação e Controle	TI005-TI007- TI015	2.2
TC590	Desenho Aplicado a Engenharia	---	3.0
TH164	Eletrotécnica	--	2.2
TH022	Sistemas em Tempo Real	TI014	3.0
TI024	Transmissão e Aquisição de Sinais	TI007	3.0

Disciplinas Obrigatórias do Quinto Ano (Sem. 9 e Sem. 10)			
Código	Disciplina	Pré-requisito	Horas Semanais (Semestre)
			Sem. 9 Sem.10
TI023	Projeto de Final de Curso	---	3.0
TE062	Organização de Empresas Industriais	---	4.0 ---
TE051	Economia da Engenharia I	---	4.0 ---
TE276	Engenharia do Meio Ambiente	---	3.0
TE044	Ética e Legislação	---	2.0

Legenda: X.Y -- X horas de teoria + Y hora de atividades de laboratório

Disciplinas Optativas			
Código	Disciplina	Pré-requisito	Horas por Semana
TI025	Guias e Ondas	TI004-TI008	3.0

TI026	Laboratório de PDS	TI005-TI018	0.3
TI027	Redes de Computadores II	TI021	2.2
TI028	Comunicação por Satélite	TI012	3.0
TI029	Sistemas de Comunicações Ópticas	TI025	3.0
TI030	Sistemas Telefônicos	TI004	4.0
TI031	Sistemas de Comunicações Via Rádio	TI025	4.0
TI032	Antenas	TI025	4.0
TI033	Gestão de Projetos em Teleinformática	-	3.0
TI034	Gestão de Serviços em Teleinformática	-	3.0
TI035	Laboratório de Comunicações Digitais	TI012-TI018	0.3
TI036	Introdução ao Processamento Estatístico de Sinais	TI007-TI009	3.0
TI037	Fundamentos para Processamento Digital de Imagens	TI018	4.0
TI038	Filtros Digitais não Lineares Apl. a Sinais Mult.	TI007-TI009	3.0
TI039	Sistemas de Comunicações Móveis II	TI020	4.0
TI040	Estudo Sup. Em Engenharia de Teleinformática I	-	2.0
TI041	Estudo Sup. Em Engenharia de Teleinformática II	-	2.0
TI042	Controle de Tempo Real por Computador	TI014-TI017-TI022	2.2
TH165	Proteção de Equipamentos Eletrônicos Sensíveis	--	3.0
CE845	Química Aplicada a Engenharia de Teleinformática	CE839	2.2

Atenciosamente,

Prof. Carlos Pimentel de Sousa
 Coordenador do Curso de Graduação em
 Engenharia de Teleinformática

Referências Bibliográficas

- [1] National Academy of Engineers (NAE). “The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century”. *National Academies Press*, Washington, DC, USA, 2004.
- [2] R. Adams, D. Evangelou, L. English, A. D. Figueiredo, N. Mousoulides, A. Pawley, C. Schifellite, R. Stevens, M. Svinicki, J. M. Trenor, and D. M. Wilson. “Multiple perspectives on engaging future engineers”. *J. Eng. Educ.*, vol. 100, no. 1: 48-88, 2011.
- [3] L. H. Jamieson and J. R. Lohmann. “Creating a culture for scholarly and systematic innovation in engineering education: Ensuring U.S. engineering has the right people with the right talent for a global society”. *ASEE*, Washington, DC, USA, 2009.
- [4] S. D. Sheppard, K. Macatangay, A. Colby, and W. M. Sullivan. “Educating Engineers: Designing for the Future of the Field”. *Jossey-Bass*, San Francisco, CA, USA, 2008.
- [5] F. H. Nakagawa, A. S. Felinto and M. T. Omori. “Inclusion of Teaching Slides in Games: Analysis of the Efficiency, Effectiveness and Satisfaction”. *IEEE Latin America Transactions*, Vol. 11, No. 6, December, 2013.
- [6] V. H. Marelim. *Avaliação Educacional: Teoria, Planejamento, Modelos*. Ibrasa, São Paulo, 2000.

- [7] R. W. Tyler. Basic Principles of Curriculum and Instruction. *University of Chicago Press*, Chicago, USA, 1950.
- [8] H. W. Marsh. Multidimensional ratings of teaching effectiveness by students from different academic settings and their relation to student/course/instructor characteristics. *Journal of Educational Psychology*, 75: 150-166, 1983.
- [9] J. McLean, P. Looker. Developing Learning Outcomes, Learning and Teaching Unit, UNSW. Available at <http://www.ltu.unsw.edu.au/content/course_prog_support/outcomes.cfm?ss50> (accessed 21 January 2013), 2006.
- [10] B. Bloom, Englehart, E. M. Furst, W. Hill, D. Krathwohl. Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive Domain. *Longmans, Green*, New York, Toronto, 1956.
- [11] J. Bingham. Guide to Developing Learning Outcomes, The Learning and Teaching Institute. *Sheffield Hallam University*, Sheffield, 1999.
- [12] T. Kellaghan, D. L. Stufflebeam. International handbook of educational evaluation. *Kluwer Academic Publishers*, Boston, v.2, 2003.
- [13] H. W. Marsh. Multidimensional students' evaluations of teaching effectiveness: a test of alternative higher-order structures. *Journal of Educational Psychology*, 83: 285-296, 1991.
- [14] H. W. Marsh, L. Roche. "Effects of grading leniency and low workload on students' evaluations of teaching: Popular myth, bias, validity, or innocent bystanders?" *Journal of Educational Psychology*, 92(1): 202-228, 2000.
- [15] H. W. Marsh, M. J. Dunkin. "Students' evaluations of university teaching: A multidimensional approach". In J.C. Smart (Ed.), Higher education: Handbook of theory and research. *Agathon Press*, Vol. 8: 143-223. New York, 1992.
- [16] P. E. Green, with contributions by J. Douglas Carroll. "Analyzing Multivariate Data". *Dryden Press*, Hinsdale, IL, 1978.
- [17] F. H. L. Vasconcelos, T. E. V. Silva, J. C. M. Mota. "The Context and Outcomes of Learning in Educational Evaluation An Engineering Course". *IEEE Latin America Transactions* (Aceito), November 2014.

- [18] H.-P. Yueh, T.-L. Chen, L.-A. Chiu, S.-L. Lee, and A.-B. Wang. "Student evaluation of teaching effectiveness of a nationwide innovative education program on image display technology". *IEEE Transactions on Education*, vol. 55, no. 3: 365-369, 2012.
- [19] G. H. Dunteman. "Principal components analysis". In: *Quantitative Applications in the Social Science*. Sage Publications, Newbury Park, 1989.
- [20] R. B. Cattell. "The scree test for the number of factors". *Multivariate Behavioral Research*, v.1: 245-276, 1966.
- [21] R. A. Harshman. "How can I know if it's 'real'?" A catalog of diagnostics for use with three-mode factor analysis and multidimensional scaling". In: Law, H.G., Snyder, C.W., Hattie, J.A., McDonald, R.P. (Eds.), *Research Methods for Multimode Data Analysis*. Praeger, New York, 566-591, 1984.
- [22] J. D. Carroll, J. Chang. "Analysis of individual differences in multidimensional scaling via an N-way generalization of 'Eckart-Young' decomposition". *Psychometrika* 35: 283-319, 1970.
- [23] R. Bro. "Multi-way Analysis in the Food Industry: Models, Algorithms and Applications". PhD Thesis. *University of Amsterdam (NL) and Royal Veterinary and Agricultural University (DK)*, 1998.
- [24] N. J. Entwistle. Approaches to studying and course perceptions: the case of the disappearing relationships. *Studies in Higher Education* 14: 155-156, 1989.
- [25] J. H. F. Meyer, M. W. Muller. Evaluating the quality of student learning. I - An unfolding analysis of the association between perceptions of learning context and approaches to studying at an individual level. *Studies in Higher Education* 15: 131-154, 1990.
- [26] M. Prosser, K. Trigwell. Student evaluations of teaching and courses: student study strategies as a criterion of validity. *Higher Education* 20: 135-142, 1990.
- [27] E. J. Van Rossum, S. M. Schenk. The relationship between learning conception, study strategy and learning outcome. *British Journal of Educational Psychology* 54: 73-83, 1984.
- [28] T. E. V. Silva, F. H. L. Vasconcelos, A. L. F. de Almeida, J. C. M. Mota, W. B. Andriola. "A new approach to analyze the curriculum structure using the Students' Evaluation of Education Quality instrument". *IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, USA, Oklahoma City. 2013.

- [29] T. E. V. Silva, F. H. L. Vasconcelos, J. C. M. Mota; A. L. F. de Almeida, W. B. Andriola. Ferramentas de Processamento e Análise de Informação Aplicadas ao Ensino de Engenharia. *XXXI Simpósio Brasileiro de Telecomunicações (SBrT)*, Fortaleza. 2013.
- [30] F. H. L. Vasconcelos, T. E. V. Silva, W. M. dos Santos, A. L. F. de Almeida, W. B. Andriola, J. C. M. Mota. “Multilinear Decomposition Application into Students’ Evaluation of Teaching Effectiveness”. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Berlin, Germany, 2013.
- [31] A. O. R. Franco, T. E. V. Silva, F. H. L. Vasconcelos , I. R Paiva. “Evaluating the Students’ Perception of the Teaching Effectiveness in a Teleinformatics Engineering”. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Berlin, Germany, 2013.
- [32] T. E. V. Silva, F. H. L. Vasconcelos, A. L. F. de Almeida, J. C. M. Mota, W. B. Andriola. “Multivariate Analysis for Students’ Evaluation of Teaching Effectiveness in Teleinformatics Engineering”. *International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)*, Hong Kong, China, 2012.
- [33] T. E. V. Silva, T. I. A Souza, F. F. Santos Filho, F. J. dos Santos, P. R. B. Gomes, G. O. Ribeiro, A. O. Nunes, F. H. L. Vasconcelos. “Análise de Componentes Principais Aplicadas a Avaliação Discente: Um Estudo de Caso em Ambientes Virtuais de Aprendizagem”. *Computer on the Beach*, Florianópolis, Brazil, 71-80, 2012.
- [34] F. H. L. Vasconcelos, T. E. V. Silva, P. R. B. Gomes, A. O. Nunes, W. B. Andriola, A. L. F. de Almeida, J. C. M. Mota. “Análise do Desempenho Discente em um Ambiente Virtual de Aprendizagem Através de Decomposições Tensoriais Multilineares”. *XXII Brazilian Symposium on Education Informatics*, Sergipe-Brazil, 2282-2292, 2011.
- [35] H. Hotelling. “Analysis of a complex of statistical variables into principal components”. *Journal of Educational Psychology*, v. 24: 417-441, 498-520, 1933.
- [36] G. H. Dunteman. “Principal components analysis”. In: *Quantitative Applications in the Social Science*. Newbury Park: Sage Publications, 1989.
- [37] P. E. Green. *Multivariate Data Analysis*. Cengage Learning, 2011.
- [38] J. N. R. Jeffers. Two case studies in the application of principal components analysis. *Applied Statistics*, 1967.

- [39] I. T. Jolliffe. Principal component analysis. *Springer*, New York, 1986.
- [40] B. G. Tabachnick, L. S. Fidell. Using Multivariate Statistics. *Allyn and Bacon*, London. 2001.
- [41] S. P. Reise, N. G. Waller, A. L. Comrey. Factor analysis and scale revision. *Psychological Assessment*, 12(3): 287-297, 2000.
- [42] L. R. Fabrigar, D. T. Wegener, R. C. MacCallum, E. J. Strahan. Evaluating the use of exploratory factor analysis in psychological research. *Psychological Methods*, 4(3): 272-299, 1999.
- [43] J. C. Hayton, D. G. Allen, V. Scarpello. Factor retention decisions in exploratory factor analysis: A tutorial on parallel analysis. *Organizational Research Methods*, 7(2): 191-207, 2004.
- [44] A. L. F. de Almeida, G. Favier, J. C. M. Mota, “Parafac-based unified tensor modeling for wireless communication systems with application to blind multiuser equalization”. *Signal Processing*, 2007.
- [45] A. Cichocki, R. Zdunek, A. H. Phan, and S.-I. Amari. “Nonnegative Matrix and Tensor Factorizations: Applications to Exploratory Multi-way Data Analysis and Blind Source Separation”. *John Wiley & Sons*. 2009.
- [46] T. G. Kolda, B. W. Bader. “Tensor decompositions and applications”. *Society for Industrial and Applied Mathematics*, vol. 51, no. 3: 45, 2009.
- [47] P. M. Kroonenberg. Applied Multiway Data Analysis. *Wiley*, New York, 2008.
- [48] E. Acar, C. A. Bingol, H. Bingol, R. Bro, and B. Yener, Multiway analysis of epilepsy tensors, *Bioinformatics*, 23: i10-i18, 2007.
- [49] R. B. Cattell. Parallel proportional profiles and other principles for determining the choice of factors by rotation, *Psychometrika*, 9: 267-283, 1944.
- [50] R. B. Cattell. The three basic factor-analytic research designs-their interrelations and derivatives, *Psych. Bull.*, 49: 499-452, 1952.
- [51] L. L. Thurstone. The vectors of mind. Chicago: *University of Chicago Press*, 1935.
- [52] A. Smilde, R. Bro, P. Geladi. “Multi-way Analysis: Applications in the Chemical Sciences”. *John Wiley & Sons*, 2004.

- [53] L. R. Tucker. Implications of factor analysis of threeway matrices for measurement of change, in *Problems in Measuring Change*, C. W. Harris, ed. *University of Wisconsin Press*: 122-137, 1963.
- [54] L. R. Tucker. The extension of factor analysis to three-dimensional matrices, in *Contributions to Mathematical Psychology*, H. Gulliksen and N. Frederiksen, eds. *Holt, Rinehardt, & Winston*, New York: 110-127, 1964.
- [55] L. R. Tucker. Some mathematical notes on three-mode factor analysis. *Psychometrika* 31: 279-311, 1966.
- [56] R. A. Harshman. "Foundations of the PARAFAC procedure: models and conditions for an 'explanatory' multi-modal factor analysis". *UCLA Work. Pap. Phon.* 16: 1-84, 1970.
- [57] R. A. Harshman. "Determination and proof of minimum uniqueness conditions for PARAFAC1". *UCLA Work. Pap. Phon.* 22: 111-117, 1972.
- [58] C. R. Rao, S. Mitra. *Generalized inverse of matrices and its applications*, Wiley, New York, 1971.
- [59] R. P. McDonald. A simple comprehensive model for the analysis of covariance structures: Some remarks on applications. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 33, 161, 1980.
- [60] Sanchez, B. R. Kowalski. Tensorial resolution: a direct trilinear decomposition, *Journal of Chemometrics*, 4: 29-45, 1990.
- [61] R. A. Harshman, M. E. Lundy. "Uniqueness proof for a family of models sharing features of tucker's three-mode factor analysis and parafac/candecomp". *Psychometrika*, vol. 61: 21, 1996.
- [62] J. R. Schott. *Matrix Analysis for Statistics*, John Wiley & Sons. New York, 1997.
- [63] C. N. Ho, G. D. Christian, E. R. Davidson. Application of the method of rank annihilation to quantitative analyses of multicomponent fluorescence data from the video fluorometer. *Analytical Chemistry*, 50: 1108-1113, 1978.
- [64] C. N. Ho, G. D. Christian, E. R. Davidson. Application of the method of rank annihilation to fluorescent multicomponent mixtures of polynuclear aromatic hydrocarbons. *Analytical Chemistry*, 52: 1071-1079, 1980.

- [65] C. N. Ho, G. D. Christian, E. R. Davidson. Simultaneous multicomponent rank annihilation and applications to multicomponent fluorescent data acquired by the video fluorometer. *Analytical Chemistry*, 53: 9298, 1981.
- [66] S. E. Leurgans, R. T. Ross, R. B. Abel. A decomposition for three-way arrays. *Siam Journal on Matrix Analysis and applications*, 14: 1064-1083, 1993.
- [67] S. E. Leurgans, R. T. Ross. Multilinear models: applications in spectroscopy. *Statistical Science*, 7: 289-319, 1992.
- [68] E. Sanchez, B. R. Kowalski. Tensorial calibration: II. second-order calibration. *Journal of Chemometrics*, 2: 265-280, 1988.
- [69] J. B. Kruskal, R. A. Harshman, M. E. Lundy. How 3-MFA data can cause degenerate PARAFAC solutions, among other relationships, in *Multiway Data Analysis*, Coppi R, Bolasco S (Eds). *Elsevier*, Amsterdam, 115-122, 1989.
- [70] N. D. Sidiropoulos, R. Bro. "On the uniqueness of multilinear decomposition of N-way arrays". *Journal of Chemometrics*, 14: 229-239, 2000.
- [71] J. M. F. Ten Berge, N. D. Sidiropoulos. Some new results on uniqueness in CANDECOMP/PARAFAC. *Psychometrika*, 67: 399-409, 2002.
- [72] H. Kiers. Some procedures for displaying results from three-way methods. *Journal of Chemometrics*, 14: 151-170, 2000.
- [73] R. Bro, H. A. L. Kiers. A new efficient method for determining the number of components in PARAFAC models. *J. Chemometrics*, 17: 274-286, 2003.
- [74] C. M. Andersen, R. Bro. Practical aspects of PARAFAC modeling of fluorescence excitation-emission data. *J. Chemometrics*, 17: 200-215, 2003.
- [75] P. Comon. Tensor decompositions: State of the art and applications, in *Mathematics in Signal Processing V*, J. G. McWhirter and I. K. Proudler, eds. *Oxford University Press*: 1-24, 2001.
- [76] L. De Lathauwer, B. De Moor, J. Vandewalle. A multilinear singular value decomposition, SIAM. *J. Matrix Anal. Appl.*, 21: 1253-1278, 2000.
- [77] C. A. Andersson, R. Bro. The N-way toolbox for MATLAB. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 52: 1-4. See also <http://www.models.kvl.dk/source/nwaytoolbox/>, 2000.

- [78] R. Bro. PARAFAC. Tutorial and applications. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 38: 149-171, 1997.
- [79] C. M. Licata. "Post-tenure faculty evaluation: Treat or opportunity?". *Washington, CC: Ashe-Eric*, 1986.
- [80] N. Whitman, E. Weiss. "Faculty evaluation: The use of explicit criteria for promotion, retention and tenure". *Higher Education Report*, n. 2, 1982.
- [81] B. P. Lulla. "Concept of educometrics". *B.I.E. Publications Unit, Bombay Teachers' Training College*, 1980.
- [82] J. Ainley, M. Long. "The Course Experience survey 1992 graduates". *Australian Government Publishing Service*, 1994.
- [83] G. Gibbs, S. Habeshaw, T. Habeshaw. "53 interesting ways to appraise your teaching". *Technical and Educational Services*, Bristol, 1988.
- [84] P. G. Parsons. "The Lancaster approaches to studying inventory and course perceptions questionnaire: a replicated study at the Cape Technikon". *South African Journal of Higher Education*, vol. 2: 103-111, 1988.
- [85] J. H. F. Meyer, M. W. Muller. "Evaluating the quality of student learning: I. An unfolding analysis of the association between perceptions of learning context and approaches to studying at an individual level". *Studies in Higher Education*, vol. 15: 131-154, 1990.
- [86] P. Ramsden, N. J. Entwistle. "Effects of academic departments on students' approaches to studying". *British Journal of Educational Psychology*, vol. 51: 368-383, 1981.
- [87] P. Ramsden. "A performance indicator of teaching quality in higher education: the Course Experience Questionnaire". *Studies in Higher Education*, vol. 16: 129-150, 1991.
- [88] P. Ramsden. "Report on the Course Experience Questionnaire trial". In: R. D. Linke Performance indicators in higher education: report of a trial evaluation study commissioned by the Commonwealth Department of Employment, Education and Training. Volume 2: supplementary papers. *Australian Government Publishing Service, Canberra*, 1991.
- [89] R. D. Linke. "Performance indicators in higher education: report of a Trial evaluation study commissioned by the Commonwealth Department of Employment, Education and Training". *Australian Government Publishing Service*, 1991.

- [90] H. W. Marsh, L. Roche. Effects of grading leniency and low workload on students' evaluations of teaching: Popular myth, bias, validity, or innocent bystanders? *Journal of Educational Psychology*, 92(1): 202-228, 2000.
- [91] H. W. Marsh. Students' evaluations of university teaching: Research findings, methodological issues, and directions for future research. *International Journal of Educational Research*, 11(3): 253-388, 1987.
- [92] R. E. Wright. Student evaluations of faculty: Concerns raised in the literature, and possible solutions. *College Student Journal*, 40(2): 417-422, 2006.
- [93] P. Seldin. Changing practices in evaluating teaching. A practical guide to improved faculty performance for promotion/tenure decisions. Bolton, MA: Anker, 1999.
- [94] J. A. Centra. Determining faculty effectiveness: Assessing teaching, research, and service for personnel decisions and improvement. San Francisco: Jossey-Bass, 1979.
- [95] J. Franklin. Interpreting the numbers: Using a narrative to help others read student evaluations of your teaching accurately. In K.G. Lewis (Ed.), Techniques and strategies for interpreting student evaluations [Special issue]. *New Directions for Teaching and Learning*, 87: 85-100, 2001.
- [96] T. Beran, C. Violato, D. Kline. What's the 'use' of student ratings of instruction for administrators? One university's experience. *Canadian Journal of Higher Education*, 17(1): 27-43, 2007.
- [97] L. P. Schmelkin, K. J. Spencer, E. S. Gellman. Faculty perspectives on course and teacher evaluations. *Research in Higher Education*, 38(5): 575-592, 1997.
- [98] H. W. Marsh. Students' evaluations of university teaching: Research findings, methodological issues, and directions for future research. *International Journal of Educational Research*, 11(3): 253-388, 1987.
- [99] L. C. Hodges, K. Stanton. Translating comments on student evaluations into the language of learning. *Innovative Higher Education*, 31: 279-286, 2007.
- [100] J. J. Ryan, J. A. Anderson, A. B. Birchler. Student evaluation: The faculty responds. *Research in Higher Education*, 12(4): 317-333, 1980.
- [101] J. Franklin, M. Theall. Who reads ratings: Knowledge, attitude and practice of users of student ratings of instruction. Paper presented at the Annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, 1989.

- [102] C. F. Eiszler. College students' evaluations of teaching and grade inflation. *Research in Higher Education*, 43(4): 483-501, 2002.
- [103] K. A. Feldman. Grades and college student's evaluations of their courses and teachers. *Research in Higher Education*, 4: 69-111, 1976.
- [104] F. Nasser, B. Fresko. Faculty view of student evaluation of college teaching. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 27(2): 187-198, 2002.
- [105] T. Baldwin, N. Blattner. Guarding against potential bias in student evaluations: What every faculty member needs to know. *College Teaching*, 51(1): 27-32, 2003.
- [106] J. C. Ory. Faculty thoughts and concerns about student ratings. In K.G. Lewis (Ed.), *Techniques and strategies for interpreting student evaluations* [Special issue]. *New Directions for Teaching and Learning*, 87: 3-15, 2001.
- [107] R. Sproule. Student evaluation of teaching: A methodological critique of evaluation practices. *Education Policy Analysis*, 8(50), 2000.
- [108] L. M. Aleamoni. Student rating myths versus research facts from 1924 to 1998. *Journal of Personnel Evaluation in Education*, 13(2): 153-166, 1999.
- [109] P. C. Abrami. Improving judgments about teaching effectiveness using teacher rating forms. In M. Theall, P.C. Abrami, and L.A. Mets (Eds.). *The student ratings debate: Are they valid? How can we best use them?* [Special issue]. *New Directions for Institutional Research* 109: 59-87, 2001.
- [110] M. Theall, J. Franklin. Looking for bias in all the wrong places: A search for truth or a witch hunt in student ratings of instruction? In M. Theall, P.C. Abrami, & L.A., 2001.
- [111] Mets (Eds.), *The student ratings debate: Are they valid? How can we best use them?* [Special issue]. *New Directions for Institutional Research*, 109: 45-56.
- [112] H. K. Wachtel. Student evaluation of college teaching effectiveness: A brief review. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 29(2): 191-121, 1998.
- [113] J. A. Centra. *Reflective faculty evaluation: Enhancing teaching and determining faculty effectiveness*. San Francisco: *Jossey-Bass*, 1993.
- [114] T. Beran, C. Violato, D. Kline, J. Frideres. The utility of student ratings of instruction for students, faculty, and administrators: A "consequential validity" study. *Canadian Journal of Higher Education*, 35(2): 49-70, 2005.

- [115] J. P. Campbell, W. C. Bozeman. The value of student ratings: Perceptions of students, teachers and administrators. *Community College Journal of Research and Practice*, 32(1): 13-24, 2008.
- [116] B. Algozzine, J. Beattie, M. Bray, C. Flowers, J. Gretes, L. Howley, G. Mohanty, F. Spooner. Student evaluation of college teaching: A practice in search of principles. *College Teaching*, 52(4): 134-141, 2004.
- [117] W. E. Cashin. Student ratings of teaching: The research revisited (IDEA Paper No. 32). Manhattan, KS: Kansas State University Center for Faculty Evaluation and Development, 1995.
- [118] L. A. Braskamp, J. C. Ory. Assessing faculty work: Enhancing individual and institutional performance. San Francisco: *Jossey-Bass*, 1994.
- [119] T. C. Wagenaar. Student evaluation of teaching: Some cautions and suggestions. *Teaching Sociology*, 23(1): 64-68, 1995.
- [120] M. L. Goldschmid. The evaluation and improvement of teaching in higher education. *Higher Education*, 7(2): 221-245, 1978.
- [121] A. R. Penny, R. Coe. Effectiveness of consultation on student ratings feedback: A metaanalysis. *Review of Educational Research*, 74(2): 215-253, 2004.
- [122] J. A. Kulik. Student ratings: Validity, utility, and controversy. In M. Theall, P.C. Abrami, & L.A. Mets (Eds.), The student ratings debate: Are they valid? How can we best use them? [Special issue]. *New Directions for Institutional Research*, 109: 9-25, 2001.
- [123] H. W. Marsh, L. A. Roche. Making students' evaluations of teaching effectiveness: The critical issues of validity, bias and utility. *American Psychologist*, 52: 1187-1197, 1997.
- [124] B. D. Wever, T. Schellens, M. Valcke, H. V. Keer. Content analysis schemes to analyze transcripts of online asynchronous discussion groups: A review. *Computers & Education*, 2006.
- [125] H. W. Marsh, M. Bailey. Multidimensional Students' Evaluations of Teaching Effectiveness: A Profile Analysis. *The Journal of Higher Education*, Vol. 64, No. 1.1993: 1-18.
- [126] A. O. R. Franco, T. E. V. Silva, H. L. V. Vasconcelos, I. R. Paiva. Evaluating the Students' Perception of the Teaching Effectiveness in a Teleinformatics Engineering. Berlim. Anais: *IEEE Educon*, 2013.

- [127] J. B. Biggs. Teaching for quality learning at university: What the student does. London: *Society for Research into Higher Education & Open University Press*, 1999.
- [128] H. W. Marsh, L. A. Roche. The use of students' evaluation of university teaching to improve teaching effectiveness. *ACT: Australian Department of Employment, Education, and Training*, Canberra, 1994.
- [129] R. A. Santiago, J. Tavares, M. C. Taveira, L. Lencastre, F. Gonçalves, F. Promover o sucesso académico através da avaliação e intervenção na Universidade. Braga: Conselho Académico, *Universidade do Minho*, 2001.
- [130] R. Felder, R. Brent. How to evaluate teaching. *Chemical Engineering Education*, 38(3): 202-204, 2004.
- [131] P. C. Abrami, S. D'Apollonia, P. A. Cohen. Validity of student ratings of instruction: What we know and what we do not. *Journal of Educational Psychology*, 82(2): 219-231, 1990.
- [132] R. Bernard, S. Normand. Une approche distincte de présentation et d'interprétation des résultats de l'appréciation de l'enseignement par les étudiants. *Mesure et Évaluation en Éducation*, 21(2): 85-117, 1998.
- [133] M. Coffey, G. Gibbs. The evaluation of Student Evaluation of Educational Quality questionnaire (SEEQ) in UK higher education. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 26(1): 89-93, 2001.
- [134] P. A. Cohen. Effectiveness of student rating feedback for improving college instruction: A metaanalysis of multisection validity studies. *Research in Higher Education*, 13(4): 321-341, 1980.
- [135] S. D'Apollonia, P. Abrami. Navigating student ratings of instruction. *American Psychologist*, 52(11): 1198-1208, 1997.
- [136] K. A. Feldman. Instructional effectiveness of college teachers as judged by teachers themselves, current and former students, colleagues, administrators, and external (neutral) observers. *Research in Higher Education*, 30: 137-194, 1989.
- [137] J. Fernández, M. A. Mateo. Student and faculty gender in ratings of university teaching quality. *Sex Roles*, 37: 11-12, 1997.
- [138] J. M. García, E. Congosto. Evaluación y calidad del profesorado. In T. González Ramírez (Coord.), *Evaluación y gestión de la calidad educativa: Un enfoque metodológico* (pp. 127-157). Ed. *Aljibe*, Málaga, 2000.

- [139] H. W. Marsh. Students' evaluations of university teaching: Dimensionality, reliability, validity, potential biases and utility. *Journal of Educational Psychology*, 76: 707-754, 1984.
- [140] H. W. Marsh. Students' evaluations of university teaching. Conferência no Seminário Percepções dos alunos sobre a qualidade do ensino. Braga: Conselho Académico, *Universidade do Minho*, 2001.
- [141] H. W. Marsh, M. J. Dunkin. Students' evaluation of teaching effectiveness: The stability of mean ratings of the same teachers over a 13-year period. *Teaching and Teacher Education*, 7: 303-314, 1992.
- [142] M. A. Mateo, J. F. Sanchez. Dimensiones de la calidad de la enseñanza universitaria. *Psicothema*, 5(2): 265-275, 1993.
- [143] H. W. Marsh, D. Hocevan. Student's evaluation of teaching effectiveness: The stability of mean ratings of the same teachers over a 13-year period. *Teaching and Teacher Education*, 7: 303-314, 1991.
- [144] H. W. Marsh, M. Bailey. Multidimensional of students' evaluations of teaching effectiveness. A profile analysis. *Journal of Higher Education*, 64: 1-18, 1993.
- [145] F. Marton, R. Säljö. On qualitative differences in learning: I - Outcome and Process. *British Journal of Educational Psychology*, 46: 4-11, 1976a.
- [146] F. Marton, R. Säljö. On qualitative differences in learning: II - Outcome as a function of the learner's conception of the task. *British Journal of Educational Psychology*, 46: 115-127, 1976b.
- [147] R. Sternberg, L. Zhang. Styles of thinking as a basis of differentiated instruction. *Theory into Practice*, London, v. 44, n. 3: 245-253, 2005.
- [148] K. Struyven, F. Dochy, S. Janssens. Students' perceptions about evaluation and assessment in higher education: a review. *Assessment and valuation in Higher Education*, v. 30, n. 4: 325-341, Aug., 2005.
- [149] J. P. Rickards, F. Friedman. The Encoding versus the external storage hypothesis in note taking. *Contemporary Educational Psychology*, v. 3, n. 3: 136-143, 1978.
- [150] S. B. Nolen, T. Haladyna. Personal and environmental influences on students' beliefs about effective study strategies. *Contemporary Educational Psychology*, v. 15, n. 2: 116-130, 1990.

- [151] P. Ramsden. The Context of learning in academic departments. In: Marton, F.; Hounsell, D.; Entwistle, N. (Ed.). *The Experience of learning: implications for teaching and studying in higher education*. *Scottish Academic Press*, Edinburgh: 198-217, 1997.
- [152] P. Ramsden. A Study of the relationship between student learning and its academic context. Tese (Doutorado em Educação) - *University of Lancaster*, Lancaster, 1981.
- [153] J. B. Biggs. *The Study Process Questionnaire (SPQ): Manual*. Hawthorn, Australia: *Australian Council for Educational Research*, 1987b.
- [154] N. J. Entwistle, V. Mccune, P. Walker. Conceptions, styles and approaches within higher education: Analytic abstractions and everyday experience. In R. Stenberg & L. F. Zang (Eds.), *Perspectives on cognitive, learning and thinking styles* (pp. 211-245). Mahwah, NJ: *Lawrence Erlbaum*, 2001.
- [155] N. J. Entwistle, J. H. F. Meyer, H. Tait. Students failure: Disintegrated perceptions of studying and the learning environment. *Higher Education*, 21: 249-261, 1991.
- [156] N. J. Entwistle, P. Ramsden. *Understanding student learning*. London: *Croom Helm*, 1983.
- [157] K. Struyven, F. Dochy, S. Janssens, S. Gielen. On the dynamics of students' approaches to learning: The effects of the teaching/learning environment. *Learning and Instruction*, 20: 1-16, 2006.
- [158] J. Vermunt, Y. Vermetten. Patterns in student learning: Relationships between learning strategies, conceptions of learning and learning orientations. *Educational Psychology Review*, 16: 359-384, 2004.
- [159] N. Y. Wong, W. Y. Lin, D. Watkins. Cross-cultural validation of models of approaches to learning: An application of confirmatory factor analysis. *Educational Psychology*, 16(3): 317-327, 1996.
- [160] L. S. Almeida. Inteligência e aprendizagem: Dos seus relacionamentos à sua promoção. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 8(3): 277-292, 1992.
- [161] L. S. Almeida. Cognição e aprendizagem: Como a sua aproximação conceitual pode favorecer o desempenho cognitivo e a realização escolar. *Psicologia: Teoria, Investigação e Prática*, 1: 17-32, 1996.
- [162] J. B. Biggs. The role of meta-learning in study processes. *British Journal of Educational Psychology*, 55: 185-212, 1985.

- [163] E. Boruchovitch. A Psicologia Cognitiva e a metacognição: Novas perspectivas para o fracasso escolar brasileiro. *Tecnologia Educacional*, 22(110/111): 22-28, 1993.
- [164] N. J. Entwistle. Motivational factors in students' approaches to learning. In R. R. Schmeck (Ed.), *Learning strategies and learning styles* (pp. 21-51). New York: *Plenum Press*, 1988.
- [165] J. Hattie, J. Biggs, N. Purdue. Effects of learning skills interventions on students: A meta analysis. *Review of Educational Research*, 66(2): 99-136, 1996.
- [166] J. Biggs, C. Tang. *Teaching for quality learning at university*. New York: *McGraw-Hill*, 2007.
- [167] J. M. Case, D. Marshall. Approaches to learning. In M. Tight, K. H. Mok, J. Huisman, & C. C. Morphew (Eds.), *The Routledge internacional handbook of higher education* (pp. 9-22). New York: *Routledge*, 2009.
- [168] F. M. Gerard. L'Indispensable subjectivité de l'évaluation. *Antipodes*, n. 156: 26-34, Avr, 2002.
- [169] H. Fry, S. Ketteridge, S. Marshall. Understanding student learning. In H. Fry, S. Ketteridge, & S. Marshall (Eds.), *A handbook for teaching and learning in higher education* (pp. 8-22). New York: *Routledge*, 2009.
- [170] G. Light, R. Cox, S. Calkins. *Learning and teaching in higher education: The reflective professional*. London: *Sage*, 2009.
- [171] B. Oliver. What is quality university learning and how might microlearning help to achieve it? In T. Hug (Ed.), *Didactics of microlearning: Concepts, discourses and examples* (pp. 365-380). Munster, Germany: *Waxmann*, 2007.
- [172] A. Robinson, M. Udall. Using formative assessment to improve student learning through critical reflection. In C. Bryan & K. Clegg (Eds.), *Innovative assessment in higher education* (pp. 92-99). New York: *Routledge*, 2006.
- [173] S. Wadhwa. *A handbook of teaching and learning*. New Delhi, India: *Sarup & Sons*, 2008.
- [174] D. A. Watkins. Comparing ways of learning. In M. Bray, B. Adamson, & M. Mason (Eds.), *Comparative education research: Approaches and methods* (pp. 299-314). Hong Kong, China: *Springer*, 2007.

- [175] C. Yu, A. Williams, C. F. Lin, W. -C Yu. Revisit planning effective multimedia instructions. In H. Song & T. Kidd (Eds.), *Human performance and instructional technology* (pp. 131-148). Hershey, PA: *IGI Global*, 2010.
- [176] M. Prosser, K. Trigwell. 'Student evaluation of teaching and courses: student learning approaches and outcomes as criteria of validity'. *Contemporary Educational Psychology*, 1991.
- [177] H. Frye, S. Ketteridge, Marshall. *A Handbook for Teaching and Learning in Higher Education*. London: *Kogan Page*, 2000.
- [178] M. Prosser, K. Trigwell. Relational Perspectives on Higher Education Teaching and Learning in the Sciences. *Studies in Science Education*, 33: 3160, 1999.
- [179] R. M. Harden. Outcome-based education: the ostrich, the peacock and the beaver. *Med Teach*, 29(7): 666-671, 2007a.
- [180] R. M. Harden. Learning outcomes as a tool to assess progression. *Med Teach*, 29(7): 678-682, 2007b.
- [181] R. M. Harden, J. R. Crosby, M. H. Davis. An introduction to outcome-based education. *Med Teach*, 21: 7-14, 1999.
- [182] Manogue, Brown. Managing the curriculum - for a change. *European Journal of Dental Education*, 11: 75-86, 2007.
- [183] G. Cummings, H. Lee, T. Macgregor. Factors contributing to nursing leadership: a systematic review. *Journal of Health Serv Res Policy*, 13 (4): 240-8, 2008.
- [184] L. W. Anderson, D. Krathwohl. (Eds.). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: *Longman*, 2001.
- [185] R.; M. Harden. Developments in outcome-based education. *Medical Teacher*, 24(2): 117-120, 2002.
- [186] B. S. Bloom. Some major problems in educational measurement. *Journal of Educational Research*, v. 38, n. 1: 139-142, 1944.
- [187] B. S. Bloom, J. T. Hastings, G. F. Madaus. *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. New York: *McGraw-Hill*, 923 p. 1971.

- [188] Bloom, B. S. Innocence in education. *The School Review*, v. 80, n. 3: 333-352, 1972.
- [189] B. S. Bloom. What we are learning about teaching and learning: a summary of recent research. *Principal*, v. 66, n. 2: 6-10, 1986.
- [190] P. Rosário, L. Almeida, J. C. Núñez, J. A. González-Pienda. Abordagem dos alunos à aprendizagem: Análise do construto. *Psico-USF*, 9(2): 117-127, 2004.
- [191] T. Donnon, K. Hecker. A model of approaches to learning and academic achievement of students from na inquiry based bachelor of health sciences program. *Canadian Journal of Higher Education*, 38(1): 1-19, 2008.
- [192] A. Duff. Approaches to learning: Factor invariance across gender. *Personality and Individual Differences*, 33: 997-1010, 2002.
- [193] A. Duff, E. Boyle, K. Dunleavy, J. Ferguson. The relationship between personality, approach to learning and academic performance. *Personality and Individual Differences* 36: 1907-1920, 2004.
- [194] M. A. Silveira. A Formação do Engenheiro Inovador. *Publicação da PUC-Rio*, Rio de Janeiro, 2005.
- [195] IEDI, Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. Formação de Engenheiros no Brasil: Desafio ao Crescimento e à Inovação. Julho, 2010.
- [196] CNE/CES, Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Superior, Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, Resolução CNE/CES 11, de 11 de Março de 2002.
- [197] Portaria Inep número 146, de 4 de setembro de 2008. Publicada no Diário Oficial, Seção 1: 32, de 5 de setembro de 2008.
- [198] P. Nascimento. Escassez de engenheiros: realmente um risco? Radar n. 6, Tecnologia, Produção e Comércio Exterior, IPEA, Brasília, 2010.
- [199] PCC, Proposta de Criação do Curso de Graduação em Engenharia de Teleinformática, Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia de Teleinformática, Agosto, 2003.
- [200] T. E. V. Silva. Evaluating the Teaching Effectiveness Using Multivariate Statistics, Universidade Federal do Ceará. (Dissertação de Mestrado Programa de Pós-graduação em Engenharia de Teleinformática), Fevereiro, 2013.

- [201] A. G. Cruz, R. S. Cadena, J. A. F. Faria, H. M. A. Bolini, C. Dantas, M. M. C. Ferreira, R. Deliza. “PARAFAC: Adjustment for modeling consumer study covering probiotic and conventional yogurt”. *Food Research International*, vol 45: 211-215, 2012.
- [202] UCE Birmingham. “Guide to Learning Outcomes”. Disponível em <http://www.ssdd.bcu.ac.uk/outcomes/#2.%20What%20are%20Learning%20Outcomes>. 2006.
- [203] R. Snow, L. Corno, D. Jackson. Individual differences in affective and cognitive functions. In: D. C. Berliner, R. C. Calfee. (Eds.) *Handbook of Educational Psychology*. New York: *MacMillan*: 243-310, 1996.
- [204] M. Battersby. So, what’s a learning outcome anyway? Vancouver: Centre for Curriculum, Transfer and Technology, *British Columbia Ministry of Advanced Education*, 1999.
- [205] F. H. L. Vasconcelos, T. E. V. Silva, J. C. M. Mota. “Multilinear Educational Data Analysis for Evaluation of Engineering Education”. *IEEE Latin America Transactions*. (Submitted). December, 2014.