

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

AVALIAÇÃO DA PERSPECTIVA COGNITIVISTA
COMO FERRAMENTA DE ENSINO-APRENDIZAGEM DA
GEOMETRIA DESCRITIVA
A PARTIR DO AMBIENTE HIPERMÍDIA HYPERCAL^{GD}

Régio Pierre da Silva

Tese de doutorado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito parcial para obtenção
do título de Doutor em
Engenharia de Produção.

Florianópolis
2005

S586a Silva, Régio Pierre da Silva

Avaliação da perspectiva cognitivista como ferramenta de ensino-aprendizagem da geometria descritiva a partir do ambiente hipermídia HyperCAL GD/ Régio Pierre da Silva ; orientação de Ricardo Miranda Barcia, co-orientação Harrysson Luiz da Silva. — Florianópolis : UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2005.

213 p.

Tese (doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, SC, 2005.

CDU: 371.3:514.18
37:681.327.16

DESCRITORES

Métodos e processos de ensino : Geometria descritiva
371.3 : 514.18
Ensino : Computação gráfica
37 : 681.327.16

Bibliotecária Responsável

Elenice Avila da Silva - CRB-10/880

Régio Pierre da Silva

**AVALIAÇÃO DA PERSPECTIVA COGNITIVISTA
COMO FERRAMENTA DE ENSINO-APRENDIZAGEM DA
GEOMETRIA DESCRITIVA
A PARTIR DO AMBIENTE HIPERMÍDIA HYPERCAL^{GD}**

**Esta tese foi julgada e aprovada para a
obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção
no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina**

Florianópolis, 25 de fevereiro de 2005.

**Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.
Coordenador do Programa.**

Banca Examinadora

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Orientador

Prof. Fábio Gonçalves Teixeira, Dr.
Examinador Externo

Prof. Harrysson Luiz da Silva, Dr.
Co-Orientador

Profa. Ana Elizabeth Moiseichyk, Dra.
Examinador Externo

Andréa Valéria Steil, Dra.
Moderadora

Agradecimentos

Ao Professor Ricardo Miranda Barcia, pela orientação, confiança e oportunidade de realizar este trabalho.

Ao Professor Harrysson Luiz da Silva, pela eficiente co-orientação, contribuindo para a construção do conhecimento científico.

Ao professores membros da banca examinadora, pelas contribuições e sugestões que enriqueceram este trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, pelas oportunidades de aprendizagem na busca de novos conhecimentos.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por permitir minha liberação para realização deste trabalho.

A minha mãe e irmã, pelo apoio e incentivo.

Ao meu pai, pelos valores ensinados com seu exemplo de vida.

A minha família: Tânia, Juliana e Débora. Agradeço por seu amor, pela dedicação e atenção, pela compreensão em todos os momentos e pela união que nos fortalece a cada dia.

A Deus, que me concedeu a graça de realizar este trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para este trabalho.

RESUMO

SILVA, Régio Pierre da. **Avaliação da perspectiva cognitivista como ferramenta de ensino-aprendizagem da Geometria Descritiva a partir do ambiente hipermídia HyperCAL^{GD}**. Florianópolis, 2005. 213 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2005.

Este trabalho tem por objetivo avaliar a metodologia de ensino da Geometria Descritiva segundo uma abordagem cognitivista a partir da utilização do ambiente hipermídia HyperCAL^{GD}. Esta metodologia de ensino se fundamenta na teoria da assimilação ou da aprendizagem significativa de Ausubel, a qual considera como fator mais importante para a aprendizagem o conhecimento que o aluno já possui. A aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com aspectos relevantes da estrutura cognitiva do indivíduo. A implementação desta metodologia exigiu que fossem realizadas alterações na organização e apresentação do conteúdo programático, dos procedimentos de ensino e na seleção dos recursos didáticos da disciplina. Desta maneira, a disposição axiomática (lógica) comumente encontrada no ensino tradicional da Geometria Descritiva passa a ter, gradualmente, um desenvolvimento com ênfase nos conhecimentos prévios dos alunos. Para a consecução desta metodologia de ensino foram utilizadas ferramentas e técnicas criadas por Novak e Gowin, sendo elas: mapas conceituais, organizadores prévios e apoio empírico-concreto. Como apoio empírico-concreto da Geometria Descritiva III foi utilizado o ambiente hipermídia de aprendizagem HyperCAL^{GD}. Um experimento foi realizado durante um semestre na disciplina ARQ-03320 Geometria Descritiva III, onde foram aplicados os princípios e as técnicas oriundas da aprendizagem significativa para um grupo experimental, e mantida a metodologia tradicional para um grupo de controle. O objetivo do experimento foi verificar as diferenças que poderiam surgir, a partir do uso das diferentes abordagens, em termos da habilidade do aluno para aplicar, associar, diferenciar e organizar hierarquicamente os conceitos de Geometria Descritiva. Para obter tais objetivos foram administrados, além dos testes de avaliação tradicionais, testes de associação no início e no fim da disciplina.

Palavras-chave: aprendizagem significativa, geometria descritiva, metodologia de ensino

ABSTRACT

SILVA, Régio Pierre da. **Avaliação da perspectiva cognitivista como ferramenta de ensino-aprendizagem da Geometria Descritiva a partir do ambiente hipermídia HyperCAL^{GD}**. Florianópolis, 2005. 213 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2005.

The aim of the present work is to evaluate the methodology underlying the teaching of Descriptive Geometry according to a cognitive approach and through the use of a hypermedia environment called HyperCAL^{GD}. This teaching methodology is based on the Ausubel's theory of assimilation or meaningful learning, a theory whose cornerstone is the student's previous knowledge. Meaningful learning is a process by which new information relates to relevant aspects of the individual's cognitive structure. The implementation of such methodology required modifications in the organization and presentation of course content, teaching procedures and didactic resources selection. Therefore, the axiomatic (logic) presentation, commonly found in previous expositions, changes gradually into a development based on previous the student's knowledge. Tools and Techniques created by Novak e Gowin were used: concept maps, advance organizers, and empirical-concrete support. For the latter, the hypermedia learning environment called, HyperCAL^{GD} was used in the teaching of Descriptive Geometry III, ARQ-03320. In this class, an experiment was conducted. Principles and techniques from meaningful learning were applied to a experimental group, whereas the traditional methodology was maintained for a control group. The purpose of the experiment was to look for differences that could arise from the use of these different approaches in terms of student's ability to apply, to associate, to differentiate and to hierarchically organize concepts of Descriptive Geometry. To achieve such a purpose, besides traditional achievement tests, association tests were administered at the beginning and at the end of the course.

Key-words: meaningful learning, descriptive geometry, teaching methodology

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE QUADROS	12
LISTA DE TABELAS	13
1. PROCESSO DE DEMARCAÇÃO DO FENÔMENO	15
1.1 DEMARCAÇÃO DO NÍVEL DE INVESTIGAÇÃO DO FENÔMENO	15
1.2 DESCRIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS OBJETIVAS	16
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	20
1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA	20
1.4.1 Objetivo geral	20
1.4.2 Objetivos específicos	20
1.5 HIPÓTESE DA PESQUISA	21
1.6 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....	21
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA	24
2.1 INTRODUÇÃO	24
2.2 CONCEPÇÕES PEDAGÓGICAS E RESPECTIVAS FUNDAMENTAÇÕES EPISTEMOLÓGICAS	24
2.2.1 Pedagogia diretiva	27
2.2.2 Pedagogia não diretiva	28
2.2.3 Pedagogia relacional	29
2.3 OS MODELOS PEDAGÓGICOS E A PRÁTICA DE SALA DE AULA	32
2.3.1 Características da abordagem tradicional	32
2.3.2 Características da abordagem comportamentalista	34
2.3.3 Características da abordagem cognitivista	36
2.4 O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO NA ABORDAGEM COGNITIVISTA	39
2.4.1 A teoria da epistemologia genética	40
2.4.2 A teoria do desenvolvimento social	45

2.4.3 A teoria da aprendizagem significativa	47
2.5 PLANEJAMENTO DE ENSINO: CONCEITOS, ETAPAS E ESTRUTURA DO PLANO	58
2.5.1 O planejamento de ensino segundo uma abordagem comportamentalista .	59
2.5.2 O planejamento de ensino segundo uma abordagem cognitivista	67
2.6 METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO	77
3. O ENSINO DA GEOMETRIA DESCRITIVA NO BRASIL E NA UFRGS	81
3.1 O PROCESSO HISTÓRICO DO ENSINO DA GEOMETRIA DESCRITIVA NO BRASIL	81
3.2 A METODOLOGIA DE ENSINO DA GEOMETRIA DESCRITIVA DA UFRGS	93
3.2.1 O plano de ensino da disciplina ARQ-03320 – Geometria Descritiva III	93
3.2.2 Análise do plano de ensino da ARQ-03320	96
3.2.2.1 Os conteúdos prévios para a ARQ-03320	96
3.2.2.2 Os objetivos	101
3.2.2.3 Os conteúdos	102
3.2.2.4 Os procedimentos de ensino	103
3.2.2.5 A avaliação	103
3.2.3 Constatações a partir da análise do plano de ensino da ARQ-03320	104
3.2.4 Principais equívocos cometidos pelos alunos	107
3.3 O HYPERCAL ^{GD} NO ENSINO DA GEOMETRIA DESCRITIVA DA UFRGS	111
3.3.1 O HyperCAL ^{GD}	111
3.3.2 A construção do HyperCAL ^{GD}	113
3.3.3 A implementação e o desenvolvimento do HyperCAL ^{GD}	115
3.3.4 A utilização do HyperCAL ^{GD} no ensino da geometria descritiva	116
4. PROCESSO DE INTERVENÇÃO	118
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	118
4.2 INSTRUMENTOS PARA O PRÉ-TESTE	119
4.3 INSTRUMENTOS PARA AVALIAÇÕES DE CONHECIMENTO	124
4.4 INSTRUMENTOS PARA O PÓS-TESTE	124

4.5 MATERIAIS EMPREGADOS NO EXPERIMENTO	124
4.5.1 Procedimentos utilizados no experimento	125
4.6 RESULTADOS DO EXPERIMENTO	129
4.6.1 Resultados do pré-teste	129
4.6.1.1 Teste de conhecimentos prévios	129
4.6.1.2 Teste de mapas conceituais	132
4.6.1.3 Teste de associação escrita de conceitos	134
4.6.2 Resultados do pós-teste	135
4.6.2.1 Teste de mapas conceituais	135
4.6.2.2 Teste de associação escrita de conceitos	137
4.6.3 Avaliação do conhecimento	138
4.6.4 Verificação do aproveitamento dos alunos	139
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	141
5.1 TRABALHO DE PESQUISA	141
5.1.1 O experimento	142
5.1.2 Resultados dos testes e avaliações	143
5.2 CONCLUSÕES	145
5.3 RECOMENDAÇÕES	149
6. REFERÊNCIAS	151
7. APÊNDICES	158
APÊNDICE 1 – PROVAS ARQ-03320 (TURMAS: B, C, D) NO ANO 1998/1	158
APÊNDICE 2 – LEVANTAMENTO DOS EQUÍVOCOS DAS PROVAS	162
APÊNDICE 3 – TESTE DE ASSOCIAÇÃO ESCRITA DIRIGIDA DE CONCEITOS	165
APÊNDICE 4 – TESTE DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS	170
APÊNDICE 5 – TESTE DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS	184
APÊNDICE 6 – TESTE DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS	202
APÊNDICE 7 – TESTE DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS	207

8. ANEXOS	209
ANEXO 1 – TÉCNICAS, INSTRUMENTOS E RECURSOS SUGERIDOS PARA CADA MODALIDADE DE AVALIAÇÃO (BLOOM)	209
ANEXO 2 – PLANO DE ENSINO DA ARQ-03317	210
ANEXO 3 – CONTEÚDOS DA DISCIPLINA GEOMETRIA DESCRITIVA EM 1912	213

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação do processo de assimilação e acomodação	44
Figura 2 – Um modelo para mapa conceitual	54
Figura 3 – Mapa conceitual de alguns conceitos da teoria de Ausubel	56
Figura 4 – Fluxograma do processo de planejamento de ensino	60
Figura 5 – Um modelo para organizar o ensino segundo a teoria de Ausubel	75
Figura 6 – Algoritmo dos processos da ciência	80
Figura 7 – Ensino tradicional: o aluno imagina o objeto a partir das projeções ..	106
Figura 8 – A interface do HyperCAL ^{GD}	113
Figura 9 – O processo de construção do HyperCAL ^{GD}	114
Figura 10 – O HyperCAL ^{GD} : o aluno conhece o objeto para entender a representação deste em projeção	117
Figura 11 – Tela para introdução do arquivo tipo ARFF no WEKA	123
Figura 12 – Mapa conceitual da disciplina ARQ-03320	128
Figura 13 – Mapa conceitual aluno #2 no pré-teste	185
Figura 14 – Mapa conceitual aluno #13 no pré-teste	186
Figura 15 – Mapa conceitual aluno #21 no pré-teste	186
Figura 16 – Mapa conceitual aluno #27 no pré-teste	187
Figura 17 – Mapa conceitual aluno #39 no pré-teste	187
Figura 18 – Mapa conceitual aluno #2 no pós-teste	188
Figura 19 – Mapa conceitual aluno #5 no pós-teste	189
Figura 20 – Mapa conceitual aluno #13 no pós-teste	190
Figura 21 – Mapa conceitual aluno #20 no pós-teste	191

Figura 22 – Mapa conceitual aluno #31 no pós-teste	192
Figura 23 – Mapa conceitual aluno #1 no pré-teste	193
Figura 24 – Mapa conceitual aluno #13 no pré-teste	194
Figura 25 – Mapa conceitual aluno #16 no pré-teste	195
Figura 26 – Mapa conceitual aluno #29 no pré-teste	196
Figura 27 – Mapa conceitual aluno #35 no pré-teste	197
Figura 28 – Mapa conceitual aluno #6 no pós-teste	198
Figura 29 – Mapa conceitual aluno #8 no pós-teste	199
Figura 30 – Mapa conceitual aluno #13 no pós-teste	199
Figura 31 – Mapa conceitual aluno #16 no pós-teste	200
Figura 32 – Mapa conceitual aluno #37 no pós-teste	201

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Modelos: biológicos, psicológicos e sociológicos	24
Quadro 2 – Modelos epistemológicos e pedagógicos	26
Quadro 3 – Concepção empirista	28
Quadro 4 – Concepção apriorista	29
Quadro 5 – Concepção construtivista	31
Quadro 6 – Total de alunos e provas analisadas por turma	107
Quadro 7 – Equívocos na prova 1 por turma	108
Quadro 8 – Equívocos na prova 2 por turma	109
Quadro 9 – Equívocos relacionados ao conteúdo da ARQ-03317 na prova 1	110
Quadro 10 – Equívocos relacionados ao conteúdo da ARQ-03317 na prova 2	111
Quadro 11 – Organização e seqüência dos conteúdos da disciplina	126
Quadro 12 – Modalidades de avaliação com base nos objetivos educacionais de Bloom	209

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados do Pré-teste conhecimentos prévios	129
Tabela 2 – Alunos que estão repetindo ou não a disciplina	130
Tabela 3 – Alunos que trabalham ou não trabalham durante o semestre	131
Tabela 4 – Ano de admissão dos alunos no curso de graduação	131
Tabela 5 – Número de disciplinas cursadas além da ARQ-03320	132
Tabela 6 – Avaliação dos mapas conceituais do pré-teste pelo critério 1	132
Tabela 7 – Avaliação dos mapas conceituais do pré-teste pelo critério 2	133
Tabela 8 – Avaliação dos mapas conceituais do pré-teste pelo critério 3	133
Tabela 9 – Avaliação dos mapas conceituais do pré-teste pelo critério 4	133
Tabela 10 – Regras geradas com <i>dataset</i> reduzido na turma experimental	134
Tabela 11 – Regras geradas com <i>dataset</i> reduzido na turma de controle	135
Tabela 12 – Avaliação dos mapas conceituais do pós-teste pelo critério 1	135
Tabela 13 – Avaliação dos mapas conceituais do pós-teste pelo critério 2	136
Tabela 14 – Avaliação dos mapas conceituais do pós-teste pelo critério 3	136
Tabela 15 – Avaliação dos mapas conceituais do pós-teste pelo critério 4	136
Tabela 16 – Regras geradas no pós-teste da turma experimental	137
Tabela 17 – Regras geradas no pós-teste da turma de controle	138
Tabela 18 – Resultado da avaliação de conhecimentos prova 1	138
Tabela 19 – Resultado da avaliação de conhecimentos prova 2	139
Tabela 20 – Alunos aprovados e não-aprovados dos grupos	139
Tabela 21 – Escores médios dos mapas conceituais no pré-teste	203
Tabela 22 – Escores médios dos mapas conceituais no pós-teste	204

Tabela 23 – Escores médios dos mapas conceituais no pré-teste	205
Tabela 24 – Escores médios dos mapas conceituais no pós-teste	206

1. PROCESSO DE DEMARCAÇÃO DO FENÔMENO

1.1 DEMARCAÇÃO DO NÍVEL DE INVESTIGAÇÃO DO FENÔMENO¹

A demarcação do nível de investigação do fenômeno analisado teve como marco inicial o projeto REENGE (Reengenharia do Ensino de Engenharia) implementado na Escola de Engenharia da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), no ano de 1997. Este projeto era parte integrante do PRODENGE (Programa de Desenvolvimento do Ensino de Engenharia), de iniciativa do governo brasileiro e financiado pelo Banco Mundial.

Semelhante ao movimento iniciado nos EUA nas décadas de 80/90 (*Business Process Reengineering*), que tinha por objetivo reestruturar os processos de negócios, o projeto REENGE buscava reestruturar os processos de ensino-aprendizagem dos cursos de graduação em engenharia com a utilização de recursos computacionais, novas tecnologias de informação, visando formar engenheiros com uma visão sistêmica (de integração) e com sólida formação básica nas respectivas áreas de engenharia.

A Escola de Engenharia, por sua vez, procurou elencar os subprojetos prioritários entre aqueles apresentados pelos departamentos que atendiam seus alunos. O subprojeto intitulado por “Reengenharia do ensino de Expressão Gráfica na Engenharia” foi considerado prioritário, principalmente, pela demanda de matrículas dos cursos de engenharia (civil, mecânica, elétrica, minas, materiais, química e cartográfica) atendidos pelo DEG (Departamento de Expressão Gráfica), que somam aproximadamente 4000 matrículas/ano, distribuídas nas disciplinas de desenho técnico e de geometria descritiva.

O projeto REENGE possibilitou recursos técnicos e financeiros para a implantação de um laboratório de informática com 21 computadores e a aquisição de programas computacionais necessários ao seu funcionamento, e à utilização de novas tecnologias de comunicação e informação no processo de

¹ Fenômeno é o conjunto de ocorrências objetivas transcendentais ao sujeito/pesquisador que investiga, numa perspectiva fenomenológica existencialista.

ensino-aprendizagem das disciplinas de expressão gráfica (sistemas operacionais, *browsers*, programas do tipo CAD).

Motivados pelas possibilidades oferecidas pelo projeto REENGE, o autor deste projeto de tese e outros professores do DEG tiveram a iniciativa de desenvolver e implantar um ambiente hipermídia de aprendizagem para a disciplina ARQ-03320 – Geometria Descritiva III (HyperCAL^{GD}), que trata da geração e operações gráficas (pertinência, interseções, planificação) com superfícies geométricas. Até então, o processo de ensino-aprendizagem adotado nessa disciplina caracterizava-se, basicamente, por uma “abordagem pedagógica tradicional” (MIZUKAMI 1986, p.15-16), centrada no professor, apoiada por técnicas e instrumentos convencionais de desenho (quadro negro, giz, compasso e esquadros).

Este ambiente de aprendizagem hipermídia já se encontra implementado e vem sendo utilizado pelos alunos desde 1999, permitindo algumas avaliações relativas ao seu desempenho.

A partir da descrição do conjunto de ocorrências objetivas, a perspectiva analítica se circunscreve na investigação dos impactos da introdução do ambiente de aprendizagem hipermídia no processo de ensino-aprendizagem da disciplina ARQ-03320 – Geometria Descritiva III, através dos resultados de pesquisa junto aos grupos de controle a serem definidos.

1.2 DESCRIÇÃO DAS OCORRÊNCIAS OBJETIVAS

O conjunto de ocorrências objetivas verificadas sobre este fenômeno é descrito a seguir:

Segundo Lacourt (1995, p.3), a Geometria Descritiva “é o ramo da matemática aplicada que tem por objetivo representar figuras sobre um plano, de tal maneira que, com o auxílio da geometria plana, pode-se interpretar os problemas em que se consideram três dimensões”. O desenho projetivo é o ramo da geometria que estuda as representações de figuras sobre uma superfície, resolvendo problemas relativos à forma, grandeza e posição.

O estudo da Geometria Descritiva na UFRGS é desenvolvido em duas disciplinas, ARQ-03317 – Geometria Descritiva II-A² e ARQ-03320 – Geometria Descritiva III, ambas de 30 horas, sendo que a Geometria Descritiva II-A é pré-requisito da Geometria Descritiva III;

As duas disciplinas constituem um bloco conceitual, teórico e metodológico. A Geometria Descritiva II-A trata da representação gráfica do ponto, da reta e do plano, como também de operações e resoluções gráficas com esses entes³ geométricos (verdadeira grandeza, pertinência, vistas auxiliares primárias e secundárias, interseções, paralelismo, perpendicularismo e distâncias). Essas operações são realizadas através do Método de Monge⁴. A Geometria Descritiva III estuda as superfícies, desde sua geração e representação assim como todas as operações gráficas pertinentes as mesmas, mencionadas anteriormente;

Essas duas disciplinas são oferecidas no primeiro e segundo semestres dos cursos de engenharia, respectivamente. Portanto, trabalham com alunos egressos do curso médio, que, na maioria das vezes, não apresenta conteúdos básicos para o estudo da Geometria Descritiva. A redução da carga horária das disciplinas relacionadas ao Desenho teria ocorrido, segundo Ulbricht, S. (1998, p.21), após a promulgação da lei federal 5692/71 que possibilitou a introdução de novas disciplinas no currículo do atual curso médio. Porém, esta reformulação acarretou uma carência de base teórica-metodológica relacionada a esta disciplina, com conseqüências graves no processo de aprendizagem dos alunos de graduação, que pela primeira vez se defrontam com a complexidade destes novos conteúdos;

² A disciplina de Geometria Descritiva I consistia em uma disciplina anterior a partir da qual se originaram as disciplinas Geometria Descritiva II-A e Geometria Descritiva III. Devido à legislação interna da UFRGS não se pode utilizar um nome de disciplina que já existiu para uma outra com características diferentes.

³ Entes na geometria são os elementos geométricos (ponto, reta e plano).

⁴ O método de Monge consiste num "método de representação por projeções cilíndricas ortogonais obtidas em dois planos de projeção perpendiculares entre si, assegurando a univocidade da correspondência objeto-imagem, no sentido desta para aquele" (PINHEIRO, 1977, p.8-9).

A terminologia utilizada na comunicação dos conteúdos das disciplinas, sustentada na axiomática⁵, se amparada com a representação bidimensional do objeto tridimensional, pode prejudicar um aluno iniciante no correto entendimento do conteúdo. Por exemplo: fala-se de um ponto no espaço e desenham-se três projeções deste; refere-se a um plano e desenham-se duas retas (representadas por quatro projeções);

A Geometria Descritiva trabalha com a representação do objeto, feita por duas ou mais vistas (projeções ortogonais do objeto) obtidas por procedimento analítico. Porém, a concepção dos objetos tridimensionais a partir da síntese das projeções é fundamental para a compreensão e resolução de problemas;

As dificuldades constatadas pelos alunos no processo de aprendizagem estão relacionadas à dinâmica dos processos psicológicos primários (percepção, imaginação e reflexão) frente aos diferentes processos de produção do conhecimento (empírico, metafísico e científico) e a respectiva fundamentação adotada para explicar o processo lógico da Geometria Descritiva. Essas dificuldades se referem tanto à passagem do objeto real (tridimensional) para a sua representação (bidimensional), quanto na restituição do objeto a partir de sua representação bidimensional;

Essa deficiência apresentada pode ser decorrente da carência de tecnologia multimeios capaz de auxiliar os alunos na concepção dos objetos e na apreensão da forma correta. Pois, toda percepção é a forma de um objeto sobre um fundo. Cada perspectiva de projeção percebida tem seus respectivos significados. Uma das possibilidades desta tecnologia multimeios (animações, modelos em realidade virtual, etc.) é integrar todas as projeções das figuras geométricas;

No entanto, a metodologia de ensino da Geometria Descritiva, na maioria dos casos, é ainda realizada através dos meios tradicionais com aulas

⁵ Axiomática é considerada como resultado da aritmetização da análise que ocorreu na matemática a partir da segunda metade do século XIX, resultante principalmente dos trabalhos de Weierstrass e Hilbert. Axiomatizar uma teoria significa, considerar, em lugar de objetos ou classes de objetos providos de caracteres intuitivos, símbolos oportunos, cujas regras são fixadas pelos axiomas. Como tais símbolos são desprovidos de qualquer referência intuitiva, a teoria formal assim obtida é passível de múltiplas interpretações, que se chamam modelos (ABBAGNANO, 1999, p.102).

expositivas, instrumentos manuais de desenho, seguindo as instruções do professor e um livro-texto como referência;

Essa metodologia de ensino está sustentada pela axiomática dificultando o processo de aprendizagem dos alunos, que devido à ausência do objeto em seu estudo, trabalham basicamente com os processos psicológicos primários: percepção (objeto em percepção), imaginação (objeto em imagem) e reflexão espontânea (objeto em conceito). A axiomática impossibilita a investigação da objetividade a partir das ocorrências objetivas do fenômeno, pois se sustenta no plano do “ente” que é de natureza metafísica⁶;

Desta forma, para cada conceito trabalhado existem significações e procedimentos diferentes desenvolvidos pelos alunos. Esses resultados não refletem o significado desejado aos referidos conceitos. Sendo assim, o mesmo objeto pode ter qualquer significado para cada aluno e, não ser indicativo de si mesmo;

Nessa perspectiva, os erros decorrentes das atividades dos alunos (exercícios e provas) demonstram que não existe relação entre o que se pretendia ensinar e o que demonstram ter aprendido. Assim, cada aluno apresenta seu entendimento e sua solução sem, contudo, alcançar a produção do conhecimento científico devido a falta de objetividade (verificação das ocorrências objetivas do fenômeno em estudo);

Além da falta de tecnologia multimeios, principalmente para apoiar o processo de mediação das transformações das representações bidimensionais (no ensino) para as tridimensionais (na aprendizagem) e vice-versa, existe um reduzido número de material didático e bibliográfico disponível para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem da Geometria Descritiva. A maioria das publicações disponíveis sobre os estudos das superfícies geométricas data das décadas de 1950 e 1960, quando a disciplina de Geometria Descritiva fazia parte do currículo, do que é chamado hoje, ensino médio.

⁶ Entende-se metafísica, nesse caso, como a relação de causa-efeito, onde a causa do efeito não se sustenta nele mesmo, mas em outra condição, irrevogável e absoluta.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

A partir do que foi exposto na descrição das ocorrências objetivas do fenômeno tem-se o seguinte problema de pesquisa:

Se a metodologia de ensino da Geometria Descritiva não fosse fundamentada na axiomática, a mesma se constituiria num instrumento de mediação para a aprendizagem de superfícies geométricas, a partir da utilização de ambientes de aprendizagem hipermídia?

1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.4.1 Objetivo geral

Caracterizar a necessidade de reestruturação do processo de ensino-aprendizagem da disciplina de Geometria Descritiva, a partir da metodologia de ensino, para que a mesma se constitua num instrumento de mediação para aprendizagem de superfícies geométricas.

1.4.2 Objetivos específicos

- Desenvolver a fundamentação teórica pertinente ao esclarecimento do objeto da pesquisa;
- Estruturar a metodologia de investigação da pesquisa;
- Identificar o processo de formação da disciplina de Geometria Descritiva no Brasil e na UFRGS;
- Caracterizar através das avaliações de aprendizagem, os principais equívocos desenvolvidos pelos alunos na referida disciplina;
- Desenvolver uma metodologia de intervenção fundamentada numa abordagem cognitivista, para ser testada nos alunos da disciplina ARQ-03320 – Geometria Descritiva III;
- Avaliar os resultados do processo de intervenção a partir da aplicação dos procedimentos de avaliação da abordagem cognitivista.

1.5 HIPÓTESE DA PESQUISA

A utilização da abordagem cognitivista se utilizada num ambiente de aprendizagem hipermédia como fundamento da metodologia de ensino da Geometria Descritiva, que se sustenta na axiomática, resolveria os problemas de aprendizagem dos alunos?

1.6 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A expressão gráfica é de fundamental importância na qualidade da formação dos profissionais de engenharia e arquitetura, tendo grande influência na percepção espacial, no raciocínio lógico e no embasamento teórico-prático para a solução gráfica de problemas complexos.

French e Vierck (1995, p.16-17) conceituam a expressão gráfica como “a linguagem do projetista, que utiliza para comunicar a outras pessoas, os projetos e os pormenores da construção”.

Como tal, a disciplina de Geometria Descritiva utiliza um sistema de projeções cilíndrico ortogonal elaborado por Gaspard Monge (1746 – 1818), com o objetivo de representar os objetos do espaço (tridimensionalidade) através de múltiplas projeções sobre planos ortogonais (bidimensionalidade) para estudar problemas relativos a sua forma, dimensão e posição.

A Geometria Descritiva requer o uso de recursos visuais para sua melhor compreensão. No ensino tradicional desta disciplina, esses recursos correspondem a perspectivas e fotografias dos objetos em estudo, além das próprias projeções mongeanas em *épura*⁷, o que exige um conhecimento prévio do aluno para entendê-las, o que não ocorre na realidade. O “ensino em museu” se baseava na utilização de maquetes que representavam a concretização das *épuras* dos elementos fundamentais, como também a representação de seções e interseções de superfícies. Os principais museus de Geometria Descritiva estavam localizados na Escola Nacional de Engenharia, no Colégio Militar do Rio de Janeiro e na faculdade de Engenharia

⁷ *Épura* é uma “figura plana que se supõe situada no plano que se desenha, caracterizada pelo traçado da linha de terra (interseção dos dois planos de projeção perpendiculares entre si) e que apresenta as projeções de um objeto” (PINHEIRO, 1977, p.10-11).

da Universidade do Estado da Guanabara (ULBRICHT, V. 1992, P.17-18). Esta forma de ensinar sofreu transformações em decorrência da redução da carga horária, que impossibilitava as aulas em museu e pela redução dos investimentos em educação, inviabilizando a construção e a manutenção de maquetes para este fim. Então, cortou-se o vínculo mediático com a objetividade e, portanto com a possibilidade de produção de conhecimento em Geometria Descritiva.

Atualmente, as escolas de engenharia estão incorporando, em seus processos de ensino-aprendizagem, o computador como um recurso pedagógico visando melhorar o desempenho desses processos. Assim, torna-se possível a utilização de tecnologias de informação e comunicação (TICs) que dependem desse suporte computacional, como visto nos trabalhos de Valente (2004) e Giunta (2004). Outra possibilidade viabilizada é o resgate do trabalho com maquetes no ensino. Não a maquete tradicional, mas a virtual através do uso de realidade virtual e animações.

Embora a incorporação desses recursos tecnológicos apresente esta potencialidade, Lion (1997, p.23-24) alerta sobre os mitos existentes quando da utilização dessas novas tecnologias:

- a supremacia dos produtos sobre os processos;
- a idéia de que a simples incorporação de novos meios gera novas pedagogias;
- os posicionamentos extremos de ter a tecnologia ou como panacéia ou apenas como mecanismo de controle social.

Outra situação apontada por Demo (1999, p.40-41) diz respeito ao uso das novas tecnologias para a reprodução do modelo tradicional de ensino. O autor considera um desafio para os pesquisadores o manejo adequado da presença virtual, concebida como outra dimensão do real, situação onde é possível acontecer a aprendizagem.

Assim sendo, ressalta-se a importância de se investigar quais são os impactos que a introdução dessas novas tecnologias produzem nas formas de ensinar e de aprender a Geometria Descritiva nas instituições de ensino em todos os níveis.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

2.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo pretende-se apresentar a fundamentação teórico-metodológica utilizada no presente trabalho.

Mediante a descrição das ocorrências objetivas, a perspectiva analítica se circunscreve na investigação dos impactos da introdução do ambiente hipermídia para aprendizagem de Geometria Descritiva no processo de ensino-aprendizagem da disciplina Geometria Descritiva III (ARQ-03320), do DEG – UFRGS. O ponto central do problema consiste em investigar se a metodologia de ensino utilizada na Geometria Descritiva não fosse fundamentada na axiomática, a mesma constituiria num instrumento de mediação para a aprendizagem de superfícies geométricas a partir da utilização deste ambiente hipermídia. Portanto, necessita-se analisar o processo de ensino-aprendizagem utilizado na disciplina e qual seria uma alternativa para resolver o problema de pesquisa estabelecido.

Nesse sentido, a fundamentação teórico-metodológica traz para essa análise as concepções pedagógicas e as suas respectivas fundamentações epistemológicas que resultam em modelos pedagógicos. Bem como, as relações destes modelos com a prática da sala de aula através das características das diferentes abordagens.

Como alternativa metodológica para resolver o problema de pesquisa, segundo uma abordagem cognitivista, apresenta-se algumas teorias que contribuem para o processo de construção do conhecimento. Assim como, objetivando auxiliar na análise do processo de ensino-aprendizagem da disciplina, é estudado o processo de planejamento de ensino. São apresentados modelos distintos deste processo de planejamento. Um modelo segundo uma abordagem comportamentalista, e um modelo segundo uma abordagem cognitivista.

Portanto, o objetivo deste capítulo é buscar subsídios teóricos para estabelecer a metodologia de investigação desta pesquisa.

2.2 CONCEPÇÕES PEDAGÓGICAS E RESPECTIVAS FUNDAMENTAÇÕES EPISTEMOLÓGICAS

De acordo com Becker (2001, p. 29), várias disciplinas pretendem contribuir na tarefa de teorizar o processo ensino-aprendizagem. A sociologia, principalmente através do positivismo teve, e ainda tem, forte influência sobre o processo educativo. Além desta, através do Quadro 1 o autor mostra as relações entre o indivíduo e o meio, também segundo a biologia e a psicologia.

Quadro 1 – Modelos biológicos, psicológicos e sociológicos.

Biologia		Psicologia		Sociologia	
Modelo	Teoria	Modelo	Teoria	Modelo	Teoria
Or ← M	Lamarckismo	R ← E	Associacionismo e Behaviorismo	I ← Ms	Positivismo
Or → M	Darwinismo e Neo-Darwinismo	R → E	Gestalt Carl Rogers	I → Ms	Idealismo
Or ↔ M	Biologias Relacionais	R ↔ E	Psicologia Genética	I ↔ Ms	Dialética

Fonte: BECKER (2001, p.30).

Onde: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Or} = \text{organismo} \\ \text{M} = \text{meio} \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{R} = \text{resposta} \\ \text{E} = \text{estímulo} \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} \text{I} = \text{indivíduo} \\ \text{Ms} = \text{meio social} \end{array} \right.$

A partir do Quadro 1, as relações entre o indivíduo e o meio segundo as teorias da biologia e as da psicologia podem ser esclarecidas com base no estudo sobre o nascimento da inteligência realizado por Piaget (1970). Neste estudo, Piaget buscou relacionar quais são os fatores que segundo as teorias biológicas da adaptação são suscetíveis de esclarecer o desenvolvimento da inteligência humana. Para Piaget, as diferentes soluções biológicas são paralelas as diferentes teorias da inteligência e podem esclarecer estas últimas, mediante uma formulação da generalidade de seu mecanismo:

- lamarckismo, segundo o qual o organismo é aperfeiçoado de fora para dentro, pelo meio ambiente, que por suas pressões e imposições provoca a formação de hábitos ou acomodações individuais que, ao fixarem-se hereditariamente amoldam os órgãos.

A esta concepção corresponde em psicologia ao associacionismo/behaviorismo, para o qual o conhecimento resulta de hábitos adquiridos sem que nenhuma atividade interna (que constituiria a inteligência como tal) condiciona estas aquisições;

- darwinismo, que corresponde ao pré-formismo, onde as estruturas têm uma origem puramente endógena, atualizando-se as variações virtuais, simplesmente, no contato permanente com o meio, que assim exerce um papel de “detector”. Na psicologia, a concepção correspondente (Gestalt) considera que a inteligência se desenvolveria mediante a manifestação de uma série de estruturas pré-formadas, que se impõem de dentro para fora (à percepção e à inteligência), a medida que se manifestarem as necessidades provocadas pelo contato com o meio. As estruturas expressariam a própria textura do organismo e de suas características hereditárias, não sendo elaboradas pelo sujeito em função de sua experiência. A percepção não pode dar-se em termos de associação de elementos isolados. As percepções são gestaltens, ou totalidades;
- biológicas relacionais, que corresponde a teoria da assimilação, a qual considera que o organismo e o meio constituem um todo indissociável. A par das mutações fortuitas, é preciso levar em conta as variações adaptativas que implicam, ao mesmo tempo, uma estrutura própria do organismo e uma ação do meio. Na psicologia, a concepção correspondente concebe a inteligência como o desenvolvimento de uma atividade assimiladora, cujas leis fundamentais são dadas a partir da vida orgânica e cujas sucessivas estruturas são elaboradas com interação dela própria com o meio exterior.

Para Piaget, a estas três relações correspondem: o empirismo, o apriorismo e o construtivismo, respectivamente.

A psicologia, no século XX, recebeu cooperação de muitas áreas científicas, e passou a ser aplicada em vários campos da atividade humana,

dentre eles a educação. Muitos pensadores, e em especial Watson⁸ contribuíram para o reconhecimento da psicologia como uma ciência natural, consistindo na naturalização das ciências humanas. A partir de Watson, os behavioristas acreditaram ser possível o controle total do comportamento humano. De um modo geral, o behaviorismo teve, e tem ainda, uma participação na educação. Das escolas psicológicas existentes, esta foi a que conformou definitivamente a prática pedagógica do mundo ocidental, que vem sendo questionada. No início do século passado, estudiosos como Jean Piaget e Lev Vygotsky introduziram a corrente interacionista ou construtivista, a qual considera que o sujeito como corpo, mente e consciência tem parte ativa no processo de desenvolvimento, sendo que este acontece na interação do sujeito com o ambiente (RAMOS, 1996, p.29, p.31).

Conforme Becker (2001, p. 29), os modelos pedagógicos representados pela relação ensino-aprendizagem são legitimados ou fundamentados teoricamente por uma epistemologia, como pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2 – Modelos epistemológicos e pedagógicos.

Epistemologia		Pedagogia	
Modelo	Teoria	Modelo	Teoria
$S \leftarrow O$	Empirismo	$A \leftarrow P$	Diretiva
$S \rightarrow O$	Apriorismo	$A \rightarrow P$	Não-diretiva
$S \leftrightarrow O$	Construtivismo	$A \leftrightarrow P$	Relacional

Fonte: BECKER (2001, p.29).

Onde: $\left\{ \begin{array}{l} S = \text{sujeito} \\ O = \text{objeto} \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} A = \text{aluno} \\ P = \text{professor} \end{array} \right.$

De acordo com Becker (1993, p.9), os modelos pedagógicos apresentados no Quadro 2, “ficam evidenciados na prática pedagógica, através de um fenômeno polarizador que tende a valorizar o professor, o aluno, ou as

⁸ Watson assume a validade para o homem, dos resultados de experimentos realizados com animais, considerando que a diferença existente entre o homem e os animais está nos tipos de comportamento que exibem. Watson aprimora o conceito de condicionamento clássico de Berkhetev e Pavlov, construindo uma descrição objetiva e rigorosa para o reflexo condicionado (RAMOS, 1996, p. 29).

relações entre o professor e o aluno”. Esta tendência de polarização caracteriza a pedagogia diretiva, a pedagogia não diretiva e a pedagogia relacional, respectivamente. Estes modelos têm conseqüências diretas sobre o processo de construção do conhecimento, sendo apresentadas a seguir algumas de suas características.

2.2.1 Pedagogia diretiva

Com uma fundamentação epistemológica no empirismo, a pedagogia centrada no professor tende a valorizar relações hierárquicas, enfatizando a transmissão do conhecimento que, segundo esta concepção, é algo que vem do mundo do objeto, podendo estar no meio físico ou social. Sendo assim, o objeto é determinante do sujeito. No objetivismo, o aluno é resultante e resultado da realidade.

Segundo Becker (1993, p.10), na psicologia este modelo tem base no associacionismo em geral, no behaviorismo e no neobehaviorismo, conforme mostra o Quadro 1. Watson e Skinner foram os dois principais teóricos desta corrente, que contribuiu por recuperar a importância dos fatores ambientais e sociais no desenvolvimento. O pensamento behaviorista se reflete na pedagogia, pela importância atribuída ao planejamento do ensino, com uma definição clara dos objetivos a serem alcançados em termos de comportamento, com a preparação do ambiente da aprendizagem e das seqüências a serem seguidas até o objetivo, incluindo a definição dos mecanismos de reforço.

Na prática pedagógica, o poder excessivo conferido ao ambiente tem reflexo negativo sobre o aluno, que é controlado por este e mantém uma postura passiva. Pois, este modelo de pedagogia diretiva não lhe confere liberdade de ação, além das previstas no planejamento de ensino. Apesar de Skinner considerar que as situações pessoais podem influenciar na percepção do ensino, em geral as diferenças individuais não são consideradas e o plano de ensino é elaborado de forma massificada (RAMOS, 1996, p.30).

De forma sintetizada, o Quadro 3 apresenta algumas características da concepção pedagógica com fundamentação epistemológica empirista.

Quadro 3 - Concepção Empirista.

	EMPIRISMO
Características Básicas	mecanismo de associação, ambientalismo, reducionismo
Escolas / Tendências	associacionismo, reflexologia, behaviorismo, neobehaviorismo
Tratamento dado ao erro	execração, abominação, exercício para a promoção do acerto
Papel do professor	transmissor / expositor do conhecimento, estimulador
Papel do aluno	receptor do conhecimento, responder aos estímulos (fazer conexões)
Aprendizagem	adquirir conhecimento, absorver o que é transmitido; modificação do comportamento; exercício ou prática inicial de matéria apreendida; experiência; cópia; emissão de respostas.
Conhecimento	informação; idéia ou noção obtida; vivência ; experiência adquirida; tudo aquilo que fica armazenado no pensamento a partir da vivência de cada um.
Desenvolvimento	modificação; mudança qualitativa; através de situações estimulantes.
Inteligência	capacidade de guardar conhecimento; acervo de informações conservadas e entendidas.
Ensino	transmissão de conhecimentos; punição; castigo; treino; disciplinamento.

Fonte: FORTUNA (1997 *apud* SILVA, T. 1999, p. 13).

2.2.2 Pedagogia não-diretiva

A pedagogia centrada no aluno, por sua vez, atribui ao aluno capacidades que ele ainda não possui, com relação à especificidade de cada área, como: domínio do conhecimento sistematizado, informações devidamente organizadas, capacidade de abstração e domínio das didáticas. Segundo Becker (1993, p.10), este modelo de pedagogia não-diretiva tem suporte na obra de Carl Rogers, pelos mentores da escola nova, e pela psicologia da gestalt. Tem fundamentação epistemológica no apriorismo – inatista ou maturacionista, que considera como dadas, na bagagem hereditária, todas as condições de possibilidade do conhecimento.

Nesta concepção, a prática pedagógica se reflete na organização do campo de percepção pelo professor que tem papel de facilitador, criando condições favoráveis para o aluno dar sentido aos estímulos a partir das estruturas da inteligência pré-formadas no sujeito. Desta forma, toda a atividade do conhecimento é exclusiva do sujeito e o meio não participa dela. O

Quadro 4 apresenta as características de uma concepção pedagógica fundamentada por uma epistemologia apriorista⁹.

Quadro 4 - Concepção Apriorista.

	APRIORISMO
Características Básicas	estrutura da inteligência pré-formada, ou suas leis de percepção; capacidade inata; faculdade.
Escolas / Tendências	humanismo de Carl Rogers; Gestalt.
Tratamento dado ao erro	complacência; determinismo interno
Papel do professor	facilitador, organizador de condições favoráveis ao insight.
Papel do aluno	desenvolver o conhecimento; deixar que o conhecimento ou suas leis venham à tona.
Aprendizagem	dar sentido aos estímulos a partir das estruturas internas e pré-formadas no sujeito .
Conhecimento	reconhecimento; conteúdos inatos
Desenvolvimento	evolução ordenada e sistemática das potencialidades no crescimento do organismo, resultante de fatores hereditários, assim como da influência ambiental; aprimoramento.
Inteligência	faculdade de compreender; potencialidade do intelecto; capacidade de perceber qualidades e atributos; capacidade inata.
Ensino	organização do campo de percepção

Fonte: FORTUNA (1997 *apud* SILVA, T. 1999, p. 13).

2.2.3 Pedagogia relacional

De acordo com Becker (1993, p.11), a pedagogia centrada na relação entre o professor e o aluno encontra fundamentação epistemológica no interacionismo do tipo construtivista. A psicologia genética de Piaget, a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel¹⁰, a obra de Paulo Freire e as pedagogias de fundamentação marxista, como: psicologia do desenvolvimento de Vygotsky, Gramsci, Wallon; etc., oferecem suporte para esta pedagogia. Desta forma, este modelo procura dialetizar os pólos da relação pedagógica considerando as bagagens diferenciadas que cada um traz consigo. Do modelo centrado no professor é resgatada a importância dada ao conteúdo sistematizado pelas várias ciências, e o saber do professor. Do modelo

⁹ Apriorista no sentido que sempre haverá uma substância última que a priori determina para o sujeito, na sua consciência, o que seria a realidade. Corresponde ao idealismo metafísico.

¹⁰ Também conhecida como teoria da assimilação ou das organizações formais.

centrado no aluno resgata-se o saber construído, a capacidade de construir conhecimento e a experiência de vida.

Segundo a concepção construtivista, as formas ou estruturas de conhecimento não são dadas na bagagem hereditária, nem é resultado da organização dos objetos ou do meio físico ou social, por força da pressão deste meio, mas é construído por um processo de interação entre o sujeito e o meio. O meio, por si só, não se constitui “estímulo”. E o sujeito, por si só, não se constitui “sujeito” sem a mediação do meio (físico e social). A prática de formas autoritárias no ensino opõe-se à construção do sujeito epistêmico, que se constitui como tal na medida em que ele se faz, na medida em que ele se constitui como um conjunto de relações através dos processos de assimilação e de acomodação combinados. A assimilação serve como um desafio sobre a acomodação, a qual faz originar novas formas de organização, pela diferenciação dos esquemas (BECKER, 1993, p.21-22).

A assimilação consiste em integrar um elemento exterior ao esquema conceitual (estruturas cognitivas em evolução ou já acabadas), podendo provocar, ou não, um desequilíbrio ou conflito cognitivo. A acomodação implica levar em conta as particularidades do objeto a ser assimilado, modificando as estruturas cognitivas e reestruturando o sistema de conhecimentos (GARCIA & FABREGAT, 1998, p. 87). Portanto, a assimilação envolve a interpretação de eventos em termos de estruturas cognitivas existentes, enquanto que a acomodação se refere à mudança da estrutura cognitiva para compreender o meio. Assim, “a acomodação é a resposta do sujeito aos desafios do meio integrados por assimilação” (BECKER 1993, p.13).

Nesta concepção, a construção do conhecimento se dá através da ação do sujeito. Uma ação de segundo nível, que uma vez cessada a ação prática, ou de primeiro nível, é objeto de apropriação dos seus mecanismos, por uma ação de segunda ou enésima potência. Segundo Becker (1993, p. 28), “trata-se da ação própria da tomada de consciência, da experiência lógico-matemática, da abstração reflexionante¹¹. Ação que, sem nunca abandonar totalmente a

¹¹ Abstração significa “descolar” ou “isolar” no sentido representativo. Elege-se e coloca-se em evidência um determinado aspecto de um objeto ou situação, em detrimento a outros. Pela

abstração empírica, a relativiza a tal ponto que o sujeito recorre a ela quando achar necessário, sem ser vítima da pressão do meio”.

Casas (1994, p.73) procura delinear uma pedagogia construtivista, salientando que a tese central desta concepção é que o conhecimento não é algo que se recebe passivamente, senão que o sujeito cognoscente (o aluno) o constrói a partir de sua atividade intelectual. Pode-se afirmar, então, que a função de seu sistema cognitivo consiste em organizar o mundo de sua experiência mediante um processo contínuo de assimilações e acomodações. As características da concepção pedagógica com fundamentação epistemológica construtivista são apresentadas, resumidamente, no Quadro 5.

Quadro 5 - Concepção Construtivista.

	CONSTRUTIVISMO
Características Básicas	importância da ação e da troca.
Escolas / Tendências	escola russa – histórico-social; Piaget; Freinet.
Tratamento dado ao erro	saber relativo, denúncia, sinalizador; supõe esquemas interpretativos e hipóteses; compreensão do erro (como e porque) para redirecionar as situações de ensino-aprendizagem; resgate da positividade do erro.
Papel do professor	problematizador; alguém com quem se troca; investigador; postura experimental.
Papel do aluno	construtor do conhecimento; deve gerá-lo dentro de si na relação com o meio.
Aprendizagem	assimilar um objeto de conhecimento às estruturas cognitivas, acomodando-as por meio da ação.
Conhecimento	produto da ação sobre algo que se transforma; conhecer é inserir em um sistema de relações (organizar, estruturar e explicar) o vivido.
Desenvolvimento	espontâneo, ligado ao processo da embriogênese (refere-se ao desenvolvimento do corpo, do sistema nervoso e das funções mentais), englobando a totalidade das estruturas do conhecimento; explica a aprendizagem.
Inteligência	produto da relação sujeito-objeto através dos mecanismos de acomodação e assimilação.
Ensino	provocação, solicitação do aluno no sentido de apropriar-se do objeto do conhecimento a partir das suas hipóteses e experiências e do seu nível de desenvolvimento através de apropriados exemplos negativos, para levá-lo à reflexão e ao exame de soluções precipitadas.

Fonte: FORTUNA (1997 *apud* SILVA, T. 1999, p. 14).

abstração pode-se isolar e também generalizar certos aspectos ou atributos das coisas (KESSELRING 1990, p.3-21). A abstração reflexionante consiste numa diferenciação, separando uma característica para transferi-la, e uma nova diferenciação acarreta a necessidade de integração em novas totalidades sem as quais a assimilação cessa de funcionar, sendo o princípio comum da formação das novidades (BECKER 1993, p. 23).

2.3 OS MODELOS PEDAGÓGICOS E A PRÁTICA DE SALA DE AULA

Como visto, cada modelo pedagógico, a partir de uma concepção epistemológica, traz características próprias que se traduzem em aspectos observáveis no cotidiano da sala de aula. Estes aspectos estão relacionados a maneira como: o ensino é conduzido, a aprendizagem é realizada, se dá a atuação e participação do professor e do aluno neste processo, entre outros.

Com relação ao modelo de pedagogia não-diretiva, Becker (2001, p. 19-20) coloca que este modelo está mais presente nas concepções pedagógicas e epistemológicas do que na prática de sala de aula. Pois, como visto, a epistemologia que fundamenta esta postura pedagógica é a apriorista, que considera o ser humano já portador do conhecimento na sua herança genética. Este modelo pedagógico não será tratado no desenvolvimento desta pesquisa.

A seguir, serão apresentadas considerações sobre as práticas pedagógicas segundo as abordagens tradicional e comportamentalista, que seguem um modelo de pedagogia diretiva. E a abordagem cognitivista que segue o modelo de pedagogia relacional.

2.3.1 Características da abordagem tradicional

- Conhecimento – o conhecimento humano tem um caráter cumulativo, sendo adquirido pelo indivíduo por meio da transmissão cultural, de modelos e raciocínios prontos que devem ser imitados. A inteligência, ou qualquer atividade cognitiva se restringe a capacidade de acumular e/ou armazenar informações. Estas informações sobre o mundo devem ir das mais simples às mais complexas para que o ser humano seja capaz de incorporá-las. A necessidade de decompor a realidade no sentido de simplificá-la para o aluno, conduz a uma forma de raciocínio dedutivo na organização de ensino (MIZUKAMI 1986, p.10-11).
- Ensino-aprendizagem – a educação subordina-se à instrução, considerando a aprendizagem do aluno como um fim em si mesmo. A aprendizagem consiste na aquisição de informações, demonstrações e imitações de modelos, com uma reprodução sem

crítica. O ensino preocupa-se mais com a variedade e quantidade de noções, conceitos, informações, do que com a formação do pensamento reflexivo. Enfatizando a correção, beleza e formalismo, ressalta seu caráter reducionista, considerando-o um processo de receptividade. O ensino volta-se ao que é externo ao aluno: o programa, as disciplinas e o professor (MIZUKAMI 1986, p. 13-14).

- Professor-aluno – o professor é considerado a fonte principal de informações, o especialista, a quem cabe transmitir os conteúdos pré-definidos. O professor detém o poder decisório sobre os conteúdos, a metodologia, a avaliação e a forma de interação na sala de aula, que se traduz numa relação vertical (professor-aluno). Compete a ele, informar e conduzir seus alunos em direção aos objetivos que lhes são externos. O aluno assume um papel passivo e receptivo, sem questionamentos, preocupando-se em realizar as tarefas propostas pelo professor (MIZUKAMI 1986, p. 14-15).
- Metodologia – freqüentemente se baseia na aula expositiva e nas demonstrações do professor à classe. O método expositivo tem por pressuposto basear a aprendizagem no exercício do aluno. Tal atividade intelectual do aluno refere-se aos exercícios de repetição, aplicação e recapitulação, que somente tem início ao término da exposição do professor. Este sistematiza o conhecimento e propõe tarefas de aprendizagem quase sempre padronizadas, ignorando as diferenças individuais. Logo, todos os alunos devem seguir o mesmo ritmo de trabalho, estudar o mesmo livro-texto, utilizar o mesmo material didático, repetir os mesmos conhecimentos. Privilegiam-se o verbal (o escrito e oral), as atividades intelectuais (memorização) e o raciocínio abstrato. Reprimem-se os elementos da vida emocional ou afetiva, por serem impeditivos da consecução do ensino (MIZUKAMI 1986, p. 15-17).
- Avaliação – consiste em verificar se o aluno é capaz de reproduzir de forma automática e sem variações o conteúdo que lhe foi transmitido. Este resultado é considerado um produto da aprendizagem, medido pela quantidade e exatidão de informações que o aluno consegue

reproduzir, através da utilização de instrumentos de avaliação, como: as provas, os exames, os exercícios, etc. (MIZUKAMI 1986, p.15-17). Entretanto, a avaliação não se preocupa com o porque dos resultados obtidos (como exemplo: o porque do baixo índice de acertos).

O modelo de pedagogia diretiva está presente na maioria das salas de aula, segundo uma abordagem tradicional que não se fundamenta implícita ou explicitamente em teorias empiricamente validadas (de ensino, aprendizagem, desenvolvimento humano, etc.), mas numa prática educativa e na sua transmissão de geração a geração. A epistemologia empirista subjacente nesta abordagem considera que o conhecimento provém essencialmente do meio e, dessa forma, é transmitido ao indivíduo na escola (MIZUKAMI 1986, p.18).

2.3.2 Características da abordagem comportamentalista

- Conhecimento – o conhecimento é uma “descoberta” e é nova para o indivíduo que a faz. Porém, este conhecimento já se encontrava na realidade exterior. Os comportamentalistas ou behavioristas, da mesma forma que os instrumentalistas e os positivistas lógicos, consideram a experiência ou a experimentação planejada como a base do conhecimento (MIZUKAMI 1986, p.19).
- Ensino-aprendizagem – a organização racional deste processo é considerada como fundamental nesta abordagem. O ensino consiste num arranjo e planejamento de contingência de reforço sob as quais os alunos realizam uma aprendizagem eficaz. Este arranjo depende de elementos observáveis na presença dos quais o comportamento ocorre e é controlado. A aprendizagem se caracteriza por mudanças comportamentais, que são garantidas pela programação de ensino (MIZUKAMI 1986, p. 30-31).
- Professor-aluno – o papel do professor consiste em planejar, desenvolver e analisar o processo de ensino-aprendizagem, visando o desempenho do aluno de forma maximizada, com economia de tempo, esforços e custos. Ao aluno cabe receber e reagir ao

estímulo, fornecendo uma resposta de acordo com o comportamento final esperado. No que se refere às relações interpessoais, estas não são enfatizadas (MIZUKAMI 1986, p. 31-32).

- Metodologia – somente após o estabelecimento dos objetivos comportamentais (o que se espera do aluno) é feita a programação das etapas do processo e das contingências necessárias para alcançá-los. Os conteúdos selecionados visam os objetivos e habilidades que levam a competência¹², considerando aspectos observáveis do comportamento. Esta abordagem inclui tanto a aplicação da tecnologia educacional e as estratégias de ensino, quanto as formas de reforço do relacionamento professor-aluno. A tecnologia educacional consiste na maneira sistemática de planejar, conduzir e avaliar o processo de ensino-aprendizagem em termos de objetivos específicos, empregando uma combinação eficiente de recursos humanos e materiais. O módulo de ensino é considerado como um conjunto de atividades que facilita a aquisição de um ou vários objetivos de ensino (MIZUKAMI 1986, p. 32-34).
- Avaliação – consiste na constatação de que o programa foi cumprido adequadamente pelo aluno, sendo a garantia de que ele aprendeu e atingiu os objetivos propostos. A avaliação realizada no início do processo de ensino-aprendizagem tem o objetivo de verificar se o aluno possui (ou não) habilidades ou conhecimentos necessários para iniciar uma unidade de estudo ou avançar no programa. No decorrer do processo a avaliação serve para informar o aluno sobre o seu progresso na execução do programa estabelecido e fornecer elementos para o professor reformular sua estrutura. No final do processo, a avaliação tem como finalidade oferecer informações sobre a consecução dos objetivos propostos (MIZUKAMI 1986, p.34-35).

¹² O ensino baseado na competência é caracterizado por: especificação dos objetivos em termos comportamentais; especificação dos meios para se determinar o desempenho (de acordo com níveis indicados de critérios); fornecimento de uma ou mais formas de ensino pertinentes aos objetivos; e tornar público os objetivos, critérios, procedimentos e atividades alternativas (MIZUKAMI 1986, p.33)

A abordagem comportamentalista, tal como a abordagem tradicional, segue um modelo de pedagogia diretiva, que enfatiza o produto obtido, a transmissão cultural, a influência do meio, o direcionamento e o controle do que está sendo aprendido. No entanto, fundamenta-se não numa prática cristalizada através dos tempos, mas em resultados experimentais do planejamento ou contingências de reforço. Em termos metodológicos, a abordagem comportamentalista se diferencia da tradicional pela ênfase dada a programação de ensino para torná-lo mais eficiente (MIZUKAMI 1986, p.36).

2.3.3 Características da abordagem cognitivista

- Conhecimento – não se origina apenas de um sujeito consciente de si mesmo, nem somente de um objeto constituído. O conhecimento resulta de interações que se produzem entre esses dois elementos, do qual ele depende. O conhecimento é construído a partir da ação sobre o objeto e da transformação deste, através da apreensão dos mecanismos dessa transformação, vinculados com as ações transformadoras. Da assimilação do real para as estruturas de transformações, o conhecimento se constrói nas estruturas elaboradas pela inteligência enquanto prolongamento direto da ação (MIZUKAMI 1986, p.64).
- Ensino-aprendizagem – esta abordagem enfatiza os processos cognitivos e a investigação científica. O ensino deve ser baseado no ensaio e no erro, na pesquisa e na solução de problemas por parte do aluno, levando-o à descoberta e à compreensão da estrutura fundamental do conhecimento. O ensino consiste em processos e não em produtos de aprendizagem. A verdadeira aprendizagem se dá no exercício operacional da inteligência, pois pressupõe uma abstração, que leva à compreensão das relações. Então, o ensino deve progressivamente conduzir o aluno ao desenvolvimento de operações (mecanismos gerais do ato de pensar/conhecer inerentes à inteligência), evitando a formação de hábitos que constituem a fixação de uma forma de ação, sem reversibilidade e associatividade.

O ensino dos fatos deve ser substituído pelo ensino de relações (MIZUKAMI 1986, p. 75-77).

- Professor-aluno – o professor deve possuir o domínio dos conteúdos de sua disciplina e a estrutura da mesma, para propor problemas aos alunos, provocando desequilíbrios e desafios. Além de sua função de problematizador, deve assumir o papel de investigador, pesquisador, orientador, coordenador, levando o aluno a trabalhar de forma mais independente possível. O aluno assume papel ativo e suas atividades básicas consistem em: observar, comparar, relacionar, analisar, justapor, compor, levantar hipóteses, argumentar, etc. Propondo-se à investigação, a experimentação e a solução de problemas relacionados ao objeto de estudo. A relação professor-aluno deve propiciar reciprocidade intelectual e cooperação moral e racional (MIZUKAMI 1986, p. 77-78). Segundo Becker (2001, p.27), “o professor além de ensinar passa a aprender e o aluno além de aprender passa a ensinar”.
- Metodologia – coerente com a ênfase dada pela abordagem, que está na capacidade do aluno integrar e processar as informações. A organização do ensino deve contribuir para o desenvolvimento dos mecanismos intelectuais, permitindo a participação ativa do aluno. Uma metodologia correspondente implica em programas, técnicas, e condições flexíveis, respeitando o ritmo de trabalho individual e/ou do grupo, com atividades e materiais de ensino diversificados. A estratégia de trabalho em grupo é importante na socialização do aluno, sendo decisivo no desenvolvimento intelectual deste. A interação social promove o compartilhamento de idéias, responsabilidades e decisões, necessário ao desenvolvimento operatório do ser humano. O ensino deve tender para a construção de operações pelo aluno, sendo baseado na investigação (atividade intelectual no decorrer da qual se formam as novas noções e operações). O problema será auto-regulador da investigação, consistindo num plano de ação impregnado de uma finalidade. A concepção piagetiana considera que a apreensão da realidade, por

parte do indivíduo, depende de seus esquemas anteriores. Portanto, é necessário que se conheça as estruturas de conhecimento para construir uma seqüência epistemológica, pois toda noção e operação possuem uma história, da qual são produto (MIZUKAMI 1986, p. 78-82).

- Avaliação – não visa o desempenho acadêmico padronizado. A avaliação consiste em verificar se o aluno adquiriu noções e operações, estabeleceu relações através da investigação. E se é capaz de aplica-las às novas situações. O rendimento pode ser avaliado com relação a sua aproximação a uma norma qualitativa pretendida. Este rendimento pode ser verificado através de reproduções livres, com expressões próprias, explicações práticas, explicações causais, etc. O controle do aproveitamento deve ser apoiado em múltiplos critérios, de forma a considerar a assimilação e a aplicação em situações variadas. As soluções erradas, incompletas ou distorcidas dos alunos devem ser levadas em consideração na ação docente (MIZUKAMI 1986, p.82-83).

O modelo de pedagogia relacional apresenta-se na prática, através de uma abordagem cognitivista. Esta abordagem enfatiza os processos cognitivos e a investigação científica. O ensino abrange a pesquisa, a investigação e a solução de problemas. Não simplesmente a transmissão do conhecimento, demonstrações e aplicações de modelos. O aspecto fundamental do ensino é a construção do conhecimento, através de processos e não produtos de aprendizagem, como nas abordagens anteriores.

Segundo Becker (1993, p. 9), as concepções pedagógicas, “traduzidas didaticamente, podem avançar, retardar ou até impedir o processo de construção do conhecimento”. Entender a fundamentação epistemológica, subjacente à prática pedagógica, auxilia o professor no planejamento de situações de aprendizagem coerentes e comprometidas com o modelo pedagógico adotado. Casas (1994, p.61) salienta que, levar em consideração qualquer uma dessas concepções poderá trazer conseqüências diretas no ensino, pois os diferentes posicionamentos do professor frente ao processo

educativo implicarão em diferentes maneiras de organizar as experiências de aprendizagem.

Mediante as abordagens pedagógicas apresentadas anteriormente, pretende-se trazer, no próximo item, subsídios teóricos que podem fundamentar o processo do planejamento de ensino em concordância com a abordagem cognitivista, que é de interesse para esta pesquisa.

2.4 O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO NA ABORDAGEM COGNITIVISTA

Segundo Minguet (1998, p.6-7), várias teorias que concebem a aprendizagem e a educação como um processo interativo, através do qual o sujeito constrói seu próprio conhecimento, oferecem diferentes alternativas a respeito de como se produz tal processo. Entre elas cabe ressaltar as seguintes:

- a teoria da epistemologia genética de Jean Piaget. Define-se como construtivista, pois considera essencial no processo de construção humana a necessidade de ajustar a ação educativa à zona de desenvolvimento real do sujeito. E de propiciar interações que provoquem conflito cognitivo como desencadeadoras de desequilibrações¹³ e reequilibrações¹⁴ como base da construção do conhecimento;
- a teoria do desenvolvimento social de Lev S. Vygotsky. As teses de Vygotsky destacam a atividade mental no processo de construção do conhecimento da realidade. Este processo tem como base as interações sociais que o sujeito estabelece com o meio, nas quais o pensamento e a linguagem servem de instrumentos para planejar e executar as ações que ele realiza, em virtude da mediação e negociação com os outros. A lei da dupla função e a zona proximal

¹³ Desequilíbrio consiste em perturbações resultantes de conflitos cognitivos momentâneos, que uma vez ultrapassadas ou superadas conduzem a novas construções.

¹⁴ Reequilíbrio é o processo de equilíbrio obtido a partir das regulações (são reações as perturbações ou conflitos enfrentados pelo sujeito) e das compensações (são ações utilizadas para neutralizar ou anular um determinado efeito da perturbação).

de desenvolvimento (ZPD) são dois princípios fundamentados por Vygostsky, que situam a ação educativa (mediação) acima do desenvolvimento real;

- a teoria da aprendizagem significativa de David P. Ausubel. Segundo esta teoria, a aprendizagem se fundamenta numa estrutura cognitiva formada pela organização do conhecimento em uma hierarquia conceitual, que se baseia nas inter-relações estabelecidas entre os diferentes elementos que a compõem. A aprendizagem significativa consiste em relacionar os conhecimentos novos com os conhecimentos prévios ou experiências anteriores, incluindo-os de forma coerente com o conhecimento organizado na sua estrutura cognitiva. Para tanto, utiliza os organizadores prévios das novas aprendizagens como pontes cognitivas. Esta teoria tem importantes implicações educativas, que se referem a seqüenciação da aprendizagem e as metodologias de ensino e avaliação. Também contribuem com as técnicas educativas desenvolvidas por Novak e Gowin, que facilitam aos sujeitos uma elaboração pertinente da informação e a construção de significados.

2.4.1 A teoria da epistemologia genética

A formação e o desenvolvimento do conhecimento se explicam a partir de um processo central de equilíbrio, que vai desde determinados estados de equilíbrio a outros qualitativamente diferentes, através de desequilíbrios e reequilibrações. O equilíbrio cognitivo baseia-se em dois componentes: a assimilação que consiste na incorporação de um elemento exterior no esquema conceitual, mantendo a estrutura organizada; e a acomodação, que implica levar em conta as particularidades do objeto a ser assimilado, criando uma nova estrutura (GARCIA e FABREGAT 1998, p.86-87).

Portanto, a assimilação ocorre quando o sujeito interpreta a informação (categoriza objetos, conceitos ou situações) provinda do meio segundo suas estruturas conceituais (esquema cognitivo prévio), conferindo, assim, significados à realidade. Ou seja, através da assimilação o sujeito adapta as formas da realidade aos conceitos que possui. A acomodação implica na

modificação dos conceitos anteriores por conceitos novos, e podendo modificar a própria estrutura conceitual através de uma nova reintegração do produto conceitual anterior (GARCIA e FABREGAT 1998, p.104).

Na concepção piagetiana, os conhecimentos não são apenas produtos da aprendizagem, nem de condições inatas ou de processos sócio-lingüísticos. Portanto, não procedem da simples experiência dos objetos, nem de uma programação pré-formada no sujeito, mas de construções sucessivas com constantes elaborações de novas estruturas (GARCIA e FABREGAT 1998, p.82).

Segundo Becker (1993, p. 19-20), esta concepção tem a ação como verdadeiro elemento constituinte do sujeito epistêmico. É a ação combinada da assimilação e da acomodação que explica a existência dos esquemas¹⁵ e sua organização. Esta organização resulta de um processo de interação, pois depende da ação do sujeito e do objeto ao mesmo tempo. O mundo do objeto fornece o conteúdo (assimilação) e o mundo do sujeito cria novas formas (acomodação). Assim, o conhecimento, como forma e conteúdo, vai sendo construído pelas sucessivas assimilações e acomodações.

Neste processo de ação e construção progressiva, a experiência tem sua importância relativizada, mas não anulada. Pois em todos os níveis cognitivos ela é necessária ao desenvolvimento da inteligência. Segundo Becker (1993, p. 13), para Piaget a experiência pode ser física ou lógico-matemática. A experiência física consiste em agir sobre os objetos e retirar deles, por abstração simples ou empírica, qualidades que lhe são próprias (atuar sobre os objetos para discernir suas propriedades). E, a experiência lógica-matemática consiste também em agir sobre os objetos, mas retirando qualidades da ação sobre os objetos ou da coordenação das ações (atuar para conhecer os resultados da coordenação das ações). Segundo Garcia e Fabregat (1998, p.84), “a experiência física – ativa e assimiladora – antecede à estruturação lógico-matemática”.

¹⁵ Os esquemas são “estruturas mentais, ou cognitivas, pelas quais os indivíduos intelectualmente se adaptam e organizam o meio. Assim sendo, os esquemas são tratados, não como objetos reais, mas como conjuntos de processos dentro do sistema nervoso”. Os esquemas não são observáveis, são inferidos e, portanto, são construtos hipotéticos (WADSWORTH,1996).

De acordo com Becker (1993, p. 22-25), da mesma forma que o conhecimento é construído pela diferenciação dos esquemas resultantes da ação combinada de assimilação e acomodação, Piaget volta a tratar da diferenciação a partir os processos de abstração, que são abstração empírica e abstração refletidora. Que são explicadas a seguir:

- abstração empírica – é aquela que se apóia sobre os objetos físicos ou sobre os aspectos materiais da própria ação. Porém, para abstrair as propriedades de um objeto, é necessário utilizar instrumentos de assimilação (estabelecimento de relações, significações) resultantes de esquemas sensório-motores ou conceituais não fornecidos por este objeto, mas construídos anteriormente pelo sujeito. No entanto, este tipo de abstração busca atingir os dados do objeto, não se referindo aos esquemas propriamente. Estes ficam limitados em apenas enquadrar em formas os conteúdos observados;
- abstração refletidora – é a abstração que se apóia sobre tais formas e sobre as atividades cognitivas do sujeito (esquemas ou coordenação de ações, operações) para delas retirar certas propriedades e utiliza-las para outras finalidades (novas adaptações, novos problemas). Esta abstração é refletidora em dois sentidos complementares: o reflexionamento, que transfere para um patamar superior (B) aquilo que foi retirado do patamar inferior (A), como exemplo, a passagem de uma ação sensório-motora à representação; e a reflexão, que consiste na reconstrução e reorganização sobre o patamar superior (B) daquilo que foi transferido do inferior (A), ou por em relação os elementos extraídos de (A) com os já situados em (B).

O processo de reflexionamento pode retirar “material” de duas fontes: dos observáveis, que correspondem aos objetos ou ações do sujeito em suas características materiais (aquilo que a experiência permite comprovar em uma leitura imediata dos fatos presentes por si mesmos); e dos não observáveis, que são coordenações das ações do sujeito (são inferências explícitas ou implícitas, que o sujeito realiza sobre os objetos). Segundo Garcia e Fabregat (1998, p.94), “tais conceituações supõem observações objetivas e inferências

logicamente válidas. No entanto, na realidade as comprovações dependem das percepções do sujeito e podem dar lugar a inferências falsas”.

A abstração refletidora pode ser observada em todos os estágios de desenvolvimento cognitivo, desde o estágio sensório-motor até o estágio das operações formais. Sendo que, nos estágios superiores a reflexão se dá através da tomada de consciência¹⁶ do sujeito. Enquanto processo, a abstração reflexionante que se tornou objeto de tomada de consciência é chamada de abstração refletida. E é chamada de abstração pseudo-empírica, quando embora sejam abstraídos elementos a partir dos objetos materiais, as propriedades constatadas são, na realidade, introduzidas nesses objetos por atividade do sujeito.

Para Garcia e Fabregat (1998, p.104-105), na teoria piagetiana somente acontece aprendizagem a partir dos desequilíbrios produzidos pelos conflitos cognitivos e entre os processos de assimilação e acomodação. No entanto, as respostas aos conflitos ou perturbações podem ser não adaptativas, neste caso o sujeito não adquire consciência do conflito e não produz modificação da estrutura conceitual. Por outro lado, estas respostas podem ser adaptativas, neste caso o sujeito tem consciência do conflito, podendo propiciar modificação estrutural, restabelecendo o equilíbrio e, desta forma, ocorre a aprendizagem. A Figura 1 apresenta esquematicamente o processo de assimilação e acomodação que produz a equilibração e as reequilibrações.

¹⁶ Para Piaget, a consciência não existe antes da ação do sujeito. Ela é construída pelo próprio sujeito na medida em que ele se apropria da coordenação de suas ações (BECKER 2001, p.26).

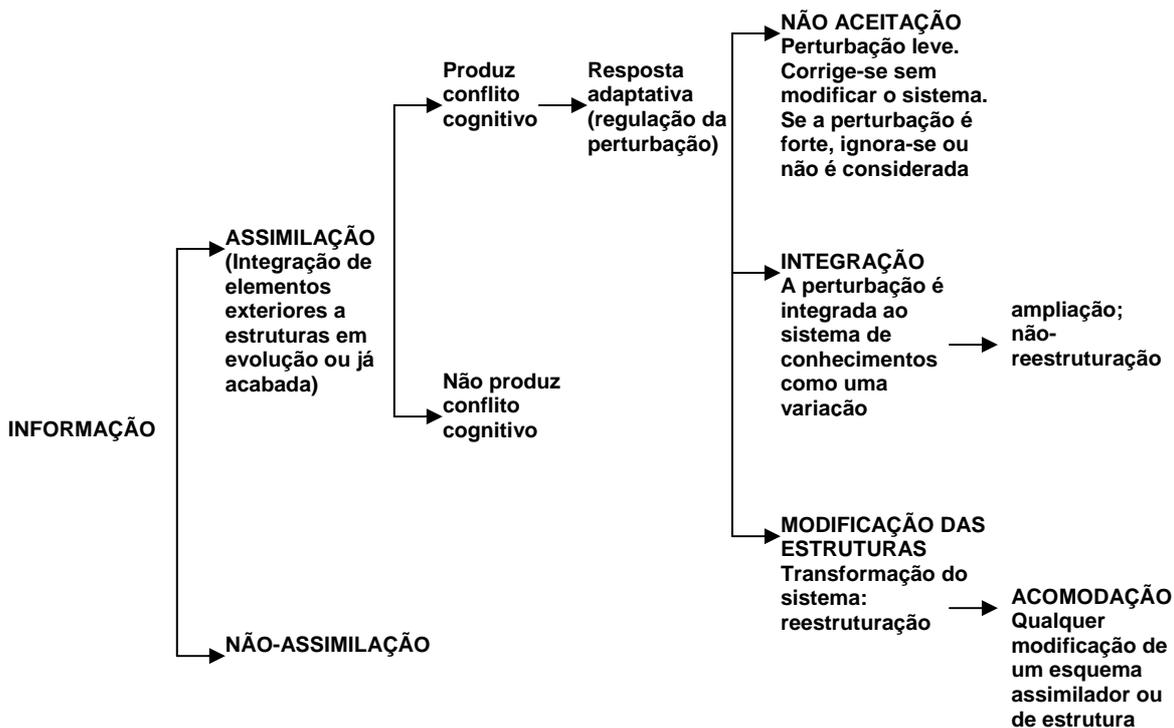


Figura 1 – Representação do processo de assimilação e acomodação.
 Fonte: GARCIA e FABREGAT (1998, p.90).

De acordo com Garcia e Fabregat (1998, p.105-106), as implicações educativas resultantes desta teoria estão relacionadas:

- ao conceito de sujeito – que é considerado o protagonista do processo ensino-aprendizagem. E por isso todo processo é planejado e realizado em função do sujeito (programas, conteúdos, avaliação, etc.), pois é ele que constrói, solitariamente, seu próprio conhecimento através de sua interação com os objetos;
- a maneira como fica definida a ação docente – que deverá planejar e potencializar as condições da atividade dos alunos. O professor deve provocar conflitos adequados aos níveis cognitivos do sujeito, gerando desequilíbrios e reequilibrações, através dos quais o sujeito se desenvolve;
- as maneiras de ensinar ou modalidades didáticas – devem incitar os sujeitos à ação e oferecer oportunidade para que eles transformem e construam seu próprio conhecimento sobre a realidade; e

- a adequação do espaço para o desenvolvimento do ensino-aprendizagem – que devem oferecer uma interação dinâmica, com a diversificação de recursos pedagógicos.

2.4.2 A teoria do desenvolvimento social

Segundo Reig e Gradolí (1998, p.109), a teoria de Vygotsky se fundamenta nos seguintes conceitos básicos: a interação entre aprendizagem e desenvolvimento, tendo como conceito principal o da zona proximal de desenvolvimento (ZPD); o conceito de internalização, sendo o processo da construção interna da consciência através de mediações externas (a construção individual na interação social); e o processo de formação de conceitos, como a consolidação do processo de autoconstrução da pessoa.

Vygotsky delimita dois níveis evolutivos: o real (o que o sujeito é capaz de fazer por si mesmo); e o potencial (o que o sujeito é capaz de fazer ao ser ajudado). Para então definir a ZPD, como sendo a “distância entre o nível real de desenvolvimento, determinado pela capacidade de resolver independentemente um problema, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através de uma resolução de um problema sob a orientação de um adulto ou em colaboração com outro colega mais capaz” (VYGOTSKY 1984, p.133 *apud* REIG e GRADOLÍ 1998, p.114).

O conceito de internalização consiste na reconstrução interna de uma operação externa. Pois, qualquer função ou operação no desenvolvimento da pessoa ocorre em dois níveis: na esfera social (entre as pessoas, como categoria interpsicológica); e na esfera psicológica (dentro da pessoa, como categoria intrapsicológica).

Portanto, a internalização é um processo que transforma os fenômenos sociais em fenômenos psicológicos através de signos. Sendo que, o desenvolvimento da pessoa (funções psicológicas superiores) precisa estar mediado e estimulado pela interação social, que deve estar situada na ZPD para gerar a aprendizagem¹⁷ (REIG e GRADOLÍ 1998, p.117).

¹⁷ A natureza interativa do processo de construção do conhecimento é que, se o conteúdo que o sujeito vai aprender estiver excessivamente acima de suas possibilidades de lhe dar

A internalização é possibilitada pelo que se denomina a lei da dupla função. Que se refere ao processo único desenvolvido pela pessoa na formação de suas funções psicológicas superiores¹⁸ através da mediação externa, implicando numa interação social, e da mediação interna, pela qual se constrói a estrutura cognitiva. A mediação externa é possibilitada por agentes culturais que imediatizam o contato do aluno com a realidade (por resumir, valorizar e interpretar a informação a transmitir). A mediação interna ocorre quando o aluno capta e interioriza a informação relacionando-a e interpretando-a mediante a utilização de estratégias de processamento (REIG e GRADOLÍ 1998, p.117-119).

Apesar de considerar a aquisição dos conceitos como um processo único, Vygotsky distingue a aprendizagem destes em formação de conceitos espontâneos e formação de conceitos científicos. Os conceitos espontâneos formam-se no contexto da interação social e necessitam de um meio para dirigir o pensamento (um signo, a palavra). Neles, a atividade consciente se orienta aos objetos e não aos próprios conceitos, pois o sujeito desconhece as relações conceituais. Na formação dos conceitos científicos, a consciência¹⁹ se dirige aos próprios conceitos, ao ato do pensamento. (REIG e GRADOLÍ 1998, p.120-122).

Algumas das implicações educativas oriundas da teoria de Vygotsky analisadas por Reig e Gradolí (1998, p.124-126) são citadas a seguir:

- sendo a aprendizagem concebida como o motor do desenvolvimento, ela deve estar centrada nas funções que estão se desenvolvendo. Neste sentido, as atividades de aprendizagem devem ser dirigidas a níveis educativos que ainda não se têm, “porque o que já se sabe não se pode aprender”. As atividades que o aluno pode realizar com ajuda são indicativas do estado evolutivo deste;

significado, ou se esta totalmente ajustado a tais necessidades, não se produz desequilíbrio, bloqueando a possibilidade de mudança (REIG e GRADOLÍ 1998, p.117).

¹⁸ As funções psicológicas superiores estão relacionadas com as abstrações refletidoras a partir das coordenações das ações.

¹⁹ Para Vygotsky, tomar consciência significa generalização do pensamento. Ou seja, considera-se que “existe um sistema de relações de generalidades” (REIG e GRADOLÍ 1998, p.122).

- mediante esta concepção de aprendizagem, os processos educativos são de grande importância, sendo concebidos como mediadores externos que facilitam a internalização. Sendo assim, o professor deve potencializar todas as ações que ajudem o aluno na construção do conhecimento;
- o trabalho em grupo deve ser potencializado, pois é outra possível fonte de aprendizagem. As atividades realizadas em grupo promovem a interação pessoal facilitando o desenvolvimento cognitivo do aluno;
- as interações educativas devem ocorrer dentro da ZPD. Para isto, as situações de interação devem ser adequadas, possibilitando a “colocação de andaimes²⁰” ideacionais e operacionais.

2.4.3 A teoria da aprendizagem significativa

A teoria de David P. Ausubel denominada como teoria da assimilação ou das organizações formais, também conhecida como teoria da aprendizagem significativa, considera a construção intelectual do sujeito em função da utilização dos conceitos como organizadores da nova informação. Assim, esta nova informação adquire significado para o sujeito e contribui para consolidar e desenvolver a estrutura cognitiva já existente. Nesta concepção, o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é o conhecimento prévio que o sujeito possui.

O conceito de estrutura cognitiva e o de conceitos inclusivos (ou subsunçores²¹) oferecem o suporte que fundamenta a teoria da aprendizagem

²⁰ A aprendizagem a partir de Vygotsky considera a ação educativa como um processo de colocação e retirada de andaimes (armação-desarmação). Este processo possui dois aspectos: primeiro, o agente cultural (mediador externo) define a tarefa de aprendizagem além da zona de desenvolvimento real do sujeito, de maneira que a situação de interação seja desequilibradora; e segundo, a ação por parte do agente cultural deve ser inversamente proporcional à capacidade do sujeito dar significação ao conteúdo em estudo. (REIG e GRADOLÍ 1998, p. 117).

²¹ Subsunçor, também conhecido como idéia-âncora, é uma idéia (conceito ou proposição) mais geral, que funciona como subordinador de outros conceitos na estrutura cognitiva e como ancoradouro no processo de assimilação. Como resultado desta ancoragem, o próprio subsunçor é modificado e diferenciado (MOREIRA e MASINI 1982, p.104).

significativa (MARTINEZ-MUT e GARFELLA 1998, p.137-138) e (MOREIRA e MASINI 1982, p.7).

No contexto de aprendizagem de certos assuntos, Ausubel refere-se à estrutura cognitiva do sujeito como sendo o conteúdo e a organização de suas idéias naquela área particular de conhecimento. Assim, a estrutura cognitiva consiste num sistema de conceitos organizados hierarquicamente, no qual elementos mais específicos de conhecimento são relacionados aos conceitos mais gerais. Estes conceitos são as representações que o sujeito faz de sua experiência sensorial (MARTINEZ-MUT e GARFELLA 1998, p.138) e (FARIA 1989, P.8).

A estrutura cognitiva apresenta três variáveis que influenciam a aprendizagem e a relação ou permanência do material logicamente significativo. São elas a disponibilidade, a discriminabilidade e a estabilidade das idéias de um sujeito em uma área específica do conhecimento ou de uma disciplina. Estas três variáveis serão explicadas a seguir.

A disponibilidade se refere à existência de idéias pertinentes (relevantes) na estrutura cognitiva em nível de inclusividade apropriado para o novo material. Caso isto não ocorra, o novo material será armazenado de forma arbitrária (aprendizagem mecânica). Se este novo material for relacionado com idéias pouco pertinentes produzirá uma significação ambígua e instável. A disponibilidade, além de se referir aos conhecimentos prévios e suas propriedades organizativas, também faz referência ao desenvolvimento cognitivo, ou a adequação da estrutura cognitiva às atividades de aprendizagem (MARTINEZ-MUT e GARFELLA 1998, p.139).

A discriminabilidade se refere a capacidade de distinguir o material novo dos conhecimentos prévios. Se o sujeito estabelecer uma determinada semelhança do novo material à estrutura cognitiva existente, ou não conseguir estabelecer diferenças entre ambos, ele produzirá significado ambíguo e confuso pela falta de dissociabilidade²². Os organizadores comparativos têm a função de auxiliar nesta diferenciação, facilitando a aprendizagem objetiva. Não

²² Dissociabilidade – característica pela qual um conceito incorporado à estrutura cognitiva mantém-se diferenciado da idéia- âncora durante um certo período de tempo (MOREIRA e MASINI 1982, p103).

sendo necessários caso as idéias inclusivas sejam claras e estáveis (MARTINEZ-MUT e GARFELLA 1998, p.139).

A estabilidade e clareza das idéias tornam possível a permanência da informação na memória e a transferência sobre a aprendizagem de novos conhecimentos, que se relacionam significativamente com os inclusores na memória de longo prazo (MARTINEZ-MUT e GARFELLA 1998, p.139).

As idéias e informações novas podem ser aprendidas e retidas na medida em que os conceitos relevantes e inclusivos estejam claros e disponíveis na estrutura cognitiva do sujeito, funcionando como ponto de ancoragem para as novas idéias e conceitos. Neste processo de assimilação, ocorre uma interação entre os conceitos mais relevantes e inclusivos com as novas informações. Os primeiros funcionando como ancoradouro, abrangendo e integrando as novas informações e, ao mesmo tempo, modificando-se em função do novo material incluído (MOREIRA e MASINI 1982, p. 4).

Desta forma, a aprendizagem significativa consiste em um processo, pelo qual a informação a ser assimilada se relaciona com conceitos já existentes na estrutura cognitiva do sujeito (conceitos inclusores ou subsunçores), possibilitando que tal informação adquira significado para ele. A relação de inclusão entre estes conceitos, de caráter intencional com a aprendizagem, se caracteriza como: derivativa, quando o novo material é aprendido como um exemplo específico de um conceito estabelecido na estrutura cognitiva, ou quando sustenta ou ilustra uma proposição geral previamente aprendida; e correlativa, quando o novo material é uma extensão, elaboração, modificação das proposições já aprendidas (MARTINEZ-MUT e GARFELLA 1998, p.140-141; FARIA 1989, p.20-21; MOREIRA e MASINI 1982, p.19).

Para Ausubel a aprendizagem significativa abrange três aspectos-chaves, que são a formação e a assimilação de conceitos, a diferenciação progressiva de conceitos e a reconciliação integrativa. Tendo como referências: Martinez-Mut e Garfella (1998, p.143-146); Faria (1989, p.25-32); e Moreira e Masini (1982, p.10, 21-23), estes três aspectos serão, brevemente, comentados a seguir.

A formação de conceitos consiste em descobrir os atributos definidores dos objetos mediante a observação. Refere-se a uma forma de interiorização que se produz por via indutiva e espontânea, baseada em experiências contextuais específicas e através da aprendizagem por descobrimento. É uma aprendizagem que apesar de estar relacionada ao estágio cognitivo²³ pré-operacional, pode ainda acontecer nos estágios cognitivos posteriores como procedimento para a resolução de problemas. A formação dos conceitos consiste em descobrir os atributos definidores dos objetos mediante observação. Neste processo de formação de conceitos são realizadas análises discriminativas, abstrações e generalizações.

A assimilação de conceitos acontece nos estágios cognitivos seguintes, desde o estágio cognitivo operatório-concreto até o das operações formais (idade escolar, adolescentes e adultos). O processo de assimilação conceitual ocorre mediante a aprendizagem por recepção, onde o mediador externo apresenta os atributos criteriais dos conceitos possibilitando a relação, a diferenciação e a reconciliação integradora com os conceitos prévios já disponíveis na estrutura cognitiva do sujeito, conferindo significado ao novo material.

Na assimilação conceitual, pode haver necessidade de colocação de “andaimos” empíricos dos exemplares dos atributos de critério para estabelecer relações conceituais, isto acontece no estágio operatório-concreto. Também, no estágio operatório-formal pode acontecer de determinados conceitos a serem assimilados não terem sido formados no marco conceitual. Neste caso, dever-se-ia proceder a sua formação por descobrimento, ou aprendê-los por recepção. Em ambas aprendizagens, deve-se utilizar inclusores que permitirão estruturar as novas informações, incorporando-as de forma significativa na estrutura cognitiva.

²³ Os estágios de desenvolvimento cognitivo foram identificados por Piaget. Embora estejam associados a faixas de idade, eles variam para cada indivíduo. De acordo com Piaget estes estágios são: Sensorio-Motor (0-2 anos), no qual a inteligência assume a forma de ações motoras, estando relacionada a prática (aparelhos reflexos, pouca socialização e relação social de coação); Pré-Operatório (2-6 anos), no qual a inteligência é de natureza intuitiva, com aspectos da função simbólica (linguagem, pensamento egocêntrico e socialização efetiva); Operatório-Concreto (6-12 anos) o pensamento é lógico mas depende de um referencial concreto; e Operatório-formal (a partir dos 12 anos) o pensamento é lógico e envolve operações abstratas (RAMOS 1996, p.40-45).

Segundo a teoria de Ausubel, o desenvolvimento de conceitos relacionados a uma área específica de conhecimento, ou de uma disciplina, é facilitado quando as idéias mais gerais, mais inclusivas de um conceito são introduzidas inicialmente. E, posteriormente, através de um processo progressivo, vai se diferenciando em termos de detalhe e de especificidade. Este processo de diferenciação progressiva estabelece hierarquias conceituais organizadas na estrutura cognitiva, permitindo que os conceitos adquiram cada vez mais complexidade. Esta aprendizagem significativa impulsiona o incremento dos conceitos existentes.

O desenvolvimento da estrutura cognitiva, também, é explicado por outro mecanismo estabelecido por Ausubel. Trata-se da reconciliação integrativa, que consiste no delineamento explícito das relações entre idéias, de assinalar semelhanças e diferenças entre as mesmas, e de reconciliar inconsistências reais ou aparentes. Na medida em que a reconciliação integrativa permite esclarecer os significados, estabelecendo-se hierarquias conceituais e compreendendo-se a vinculação entre elas, encontra-se uma solução para os conflitos gerados por uma dissonância cognitiva. Estes conflitos (tensão e confusão cognitiva) podem estar relacionados, por exemplo:

- a utilização de termos múltiplos para representar conceitos intrinsecamente equivalentes (sem referência contextual);
- quando são apresentados, paralelamente, tópicos de um mesmo material de aprendizagem que têm relações entre si, sem que estas sejam evidenciadas;
- quando na apresentação de conceitos aparentemente semelhantes não forem explicitadas as diferenças importantes, estes serão percebidos e retidos como idênticos.
- a falta de discriminação para distinguir as diferenças e semelhanças entre as idéias adquiridas e o novo material a ser internalizado, isto decorre ao estabelecer uma certa analogia entre os dois conjuntos de idéias;
- a aparente contradição estabelecida entre as idéias já adquiridas e as novas proposições do material de aprendizagem. Fazendo com

que estas sejam assimiladas de forma isolada, sem relação com a estrutura prévia.

Em Faria (1989, p.33) são apresentadas algumas estratégias e procedimentos de ensino importantes para a aprendizagem significativa por recepção. Estas estratégias também podem contribuir para resolver ou impedir os conflitos (ou problemas de aprendizagem) citados anteriormente. Entre estas estratégias e procedimentos destacam-se: os organizadores prévios e os apoios empírico-concretos, que serão explicados a seguir. Do ponto de vista do planejamento do ensino, estes recursos devem ser preparados com base nas características de cada unidade de ensino.

Os organizadores prévios são materiais introdutórios, pertinentes e inclusivos, usados para facilitar a aprendizagem de um determinado conteúdo ou unidade de disciplina. Eles têm por finalidade servir de pontes cognitivas entre os conhecimentos prévios do aluno (inclusores) e os novos conteúdos e, assim, facilitar a significância da aprendizagem. Deve-se recorrer a esta estratégia, quando a relação conceitual não se estabelece de maneira direta e clara para o aluno. Estes organizadores são apresentados no início de uma unidade de ensino, antes do próprio material a ser aprendido, oferecendo uma visão geral deste material. No entanto, não podem ser confundidos com resumo ou introdução, que não apresentam hierarquia conceitual (generalidade e inclusividade) (MARTINEZ-MUT e GARFELLA 1998, p.142; FARIA 1989, p.33-34; e MOREIRA e MASINI 1982, p.12).

Considerando as características de cada unidade de ensino, os organizadores prévios podem ser classificados como organizador expositivo e organizador comparativo. O organizador expositivo é utilizado quando a unidade de ensino é pouco familiar ao aluno, sendo constituído de conceitos ou proposições relevantes, em um nível superior de inclusividade, mas próximo em relação ao novo material. O organizador comparativo é utilizado quando o novo material é relativamente familiar ao aluno. Além de prover uma estrutura conceitual que serve de ancoragem, aumenta a discriminabilidade do novo material de aprendizagem com idéias similares disponíveis na estrutura cognitiva do aluno, e que podem gerar conflitos, que podem ser verificados através de avaliações (FARIA 1989, p.35-36; MOREIRA e MASINI 1982, p.12).

Com relação aos apoios empírico-concretos, em geral, estão relacionados a elementos tangíveis da realidade que nos cerca como objetos genuínos ou figuras que os representam. No entanto, estes apoios podem ser também verbais. Assim, palavras que expressam exemplos particulares ou atributos de um conceito são apoios empírico-concretos adequados para aprendizagem de proposições abstratas e conceitos secundários²⁴. No caso de se tratar de relações entre conceitos secundários expressos em uma proposição complexa a ser aprendida, o professor deve certificar-se de que o aluno conhece estes conceitos, utilizando técnicas apropriadas para este fim. Para, então, apresentar os apoios empírico-concretos, auxiliando na compreensão das relações entre os conceitos secundários. Isto é válido tanto para o aluno que se encontra no estágio das operações concretas, quanto para o aluno que já se encontra no estágio das operações formais ou lógico-formais, mas que ingressa em um novo e complexo campo de aprendizagem (FARIA 1989, p.38-40).

Mediante a importância dos princípios trabalhados na teoria de Ausubel, de grande poder explanatório e abrangência na área da aprendizagem e desenvolvimento cognitivo humano, e também por contribuir na organização do ensino, Novak e Gowin elaboraram técnicas baseadas nesta teoria. Entre as quais, destacam-se os mapas conceituais, que representam uma tentativa de utilização da referida teoria como um sistema de referência para a preparação de materiais de ensino, que facilitem a aprendizagem significativa por recepção. (MARTINEZ-MUT e GARFELLA 1998, p.129-131; FARIA 1989, p.82; e MOREIRA e MASINI 1982, p.98). A partir destes autores, pretende-se, a seguir, apresentar algumas características dos mapas conceituais.

Os mapas conceituais são diagramas que apresentam os conceitos e as relações hierárquicas²⁵ entre os mesmos. Estas relações são significativas e

²⁴ Conceitos secundários são aqueles que o sujeito aprende sem basear-se na experiência concreta. São geralmente adquiridos por assimilação de conceitos. Enquanto os conceitos primários são aqueles aprendidos na relação com a experiência concreta, são adquiridos por formação de conceitos.

²⁵ Hierárquico quer dizer, neste contexto, que os conceitos mais gerais de um determinado domínio de conhecimento, ou de uma disciplina, devem situar-se na parte superior, e os conceitos mais específicos na parte inferior.

estabelecidas na forma de proposições²⁶, explicitadas nas linhas que ligam os conceitos contidos nos mapas, conforme Figura 2.

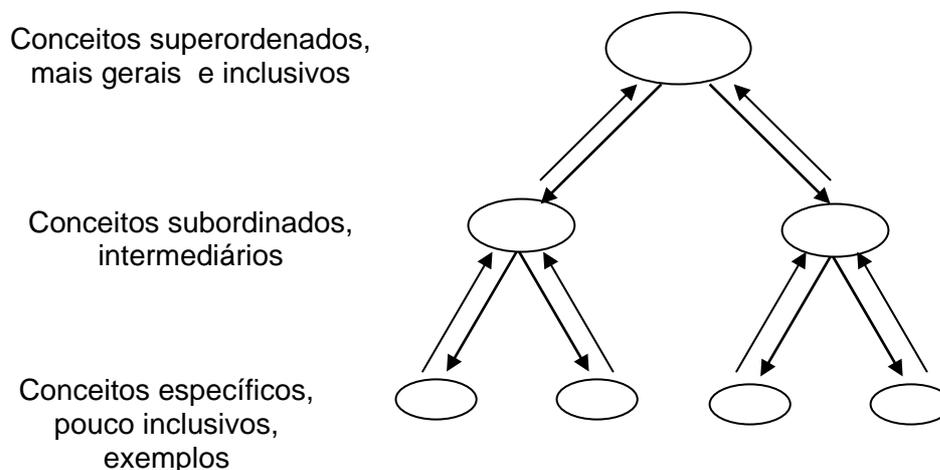


Figura 2 – Um modelo para mapa conceitual.
Fonte: MOREIRA e MASINI (1982, p.47).

A forma hierárquica de elaboração do mapa conceitual não infere que o mesmo seja um recurso de exploração unidirecional, pois para promover a reconciliação integrativa, o ensino deve ser organizado de tal forma que possibilite um movimento bidirecional durante a exploração das relações contidas no mapa (subordinação e superordenação), a medida em que uma nova informação seja apresentada. A aprendizagem subordinada é o aprendizado de um novo conceito ou proposição que pode ser relacionado a conceitos relevantes, mais inclusivos, já existentes na estrutura cognitiva do sujeito. A aprendizagem superordenada é o aprendizado de um novo conceito ou proposição que pode abranger idéias relevantes, menos inclusivas, presentes na estrutura cognitiva do sujeito.

Como recurso pedagógico, os mapas conceituais apóiam tanto a ação do professor quanto a ação do aluno. Para o professor, eles oferecem um meio de planejar e organizar as atividades direcionadas a uma aprendizagem significativa, a partir dos conhecimentos prévios do aluno. Para o aluno, eles auxiliam na tomada de consciência de suas construções pessoais, a partir da

²⁶ Proposição – é constituída de dois ou mais termos conceituais unidos por palavras para formar uma unidade semântica.

explicitação dos conhecimentos prévios, com o objetivo de estabelecer relações com os novos conhecimentos, reestruturando os esquemas e as estruturas cognitivas já existentes.

Os mapas conceituais são instrumentos capazes de:

- enfatizar a estrutura conceitual dos conteúdos de uma disciplina ou unidades desta, e o papel dos sistemas conceituais no seu desenvolvimento (MOREIRA e MASINI 1982, p.51);
- mostrar que os conceitos de uma certa disciplina diferem quanto ao grau de inclusividade e generalidade, e apresentar estes conceitos numa ordem hierárquica de inclusividade, facilitando a aprendizagem e retenção destes (MOREIRA e MASINI 1982, p.51);
- descobrir as concepções equivocadas ou interpretações não aceitas de um conceito (MARTINEZ-MUT e GARFELLA 1998, p.130);
- promover a diferenciação progressiva, explorar explicitamente as relações entre proposições e conceitos, evidenciar similaridades e diferenças significativas e reconciliar inconsistências reais e aparentes (MOREIRA e MASINI 1982, p.50).

Estes mapas devem ser introduzidos quando os alunos têm alguma familiaridade com o assunto. Além disso, deve-se tomar alguns cuidados quando da elaboração destes mapas: eles devem ter significado para os alunos, para que não sejam considerados como mais um material a ser memorizado; e devem ser claros e completos, não confusos nem muito complexos, para que os alunos possam entendê-los. Para exemplificar a Figura 3 apresenta um mapa conceitual dos principais conceitos que fundamentam a teoria ausubeliana, que foram tratados anteriormente.

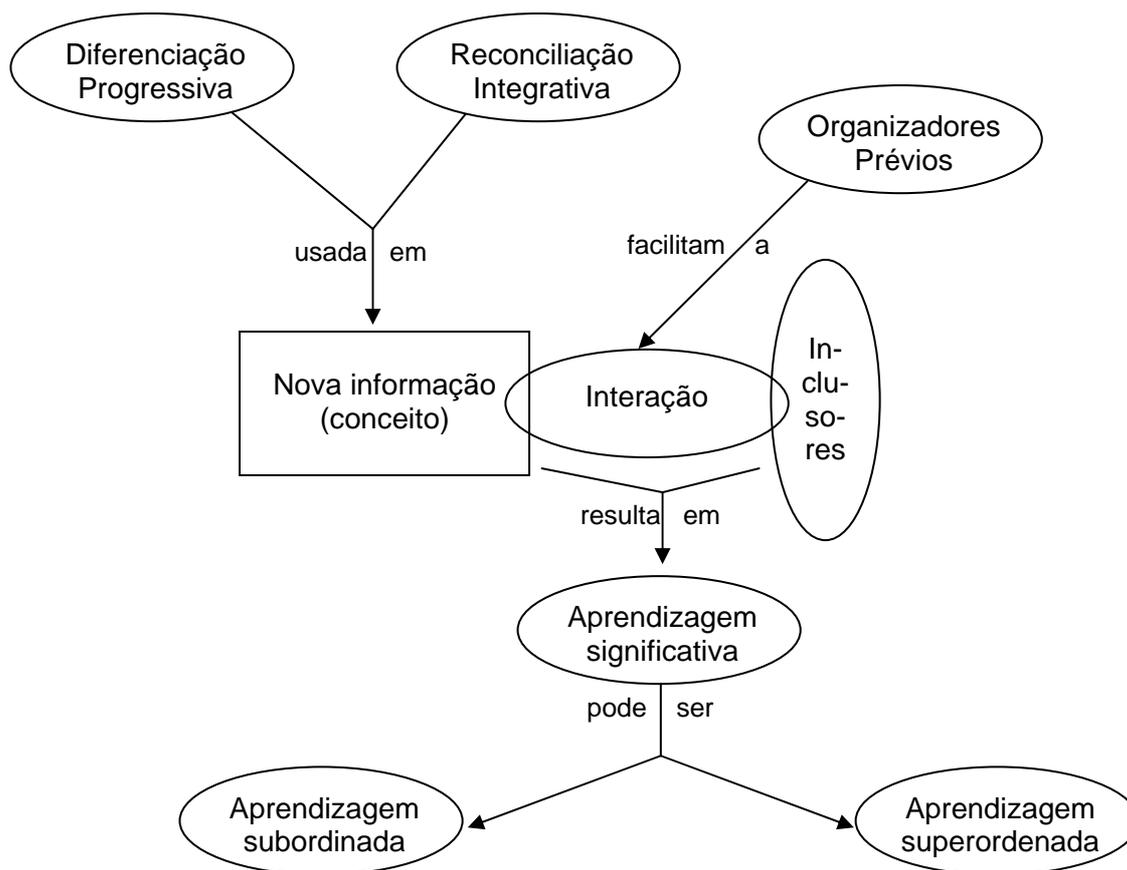


Figura 3- Mapa conceitual dos conceitos da teoria de Ausubel.
Fonte: MOREIRA e BUCHWEITZ (1993).

No mapa conceitual apresentado na Figura 3, os conceitos mais gerais (ou inclusivos) são os de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, que correspondem aos dois princípios utilizados na teoria de Ausubel para a organização do conteúdo de um determinado assunto ou disciplina. Estes princípios são utilizados para fazer a interação de um novo conceito com os conceitos prévios (inclusores) disponíveis na estrutura cognitiva do sujeito. Os organizadores prévios facilitam esta interação. Esta interação do novo conceito na estrutura conceitual existente resulta em aprendizagem significativa que pode ser subordinada, quando este novo conceito é relacionado a conceitos mais inclusivos pré-existentes, ou superordenada, quando o novo conceito pode abranger idéias menos inclusivas.

Outra contribuição desta técnica para o processo ensino-aprendizagem se refere ao desenvolvimento da habilidade do aluno em estabelecer relações entre os conceitos, na medida em que ele é encorajado a traçar seus próprios

mapas conceituais, uma vez que estes mapas são idiossincráticos (próprio de cada pessoa).

Algumas contribuições educativas oriundas da teoria de Ausubel são citadas a seguir.

Considerando que a maioria dos conceitos que um indivíduo possui são adquiridos através de aprendizagem receptiva, a teoria de Ausubel contribui no sentido de tornar significativa este tipo de aprendizagem. Desta forma, é a participação ativa do sujeito, sua atividade auto-estruturante que diferencia a recepção como uma reelaboração pessoal, daquela que consiste em uma repetição (MARTINEZ-MUT e GARFELLA 1998, p.129).

Enquanto a formação dos conceitos envolve análises discriminativas, abstrações, generalizações e discriminações realizadas pelo sujeito na aprendizagem por descobrimento, a assimilação dos conceitos requer a mediação (através do fornecimento de atributos de critério) para possibilitar um processo de relação, diferenciação e reconciliação integrativa com os conceitos prévios (internalização dos conceitos na estrutura cognitiva do sujeito) (MARTINEZ-MUT e GARFELLA 1998, p.146). Portanto, na assimilação dos conceitos (aprendizagem por recepção) fica evidenciada a relação dos pólos pedagógicos no processo ensino-aprendizagem.

Para Ausubel, a facilitação de uma aprendizagem significativa por recepção pode ser obtida através da manipulação intencional dos atributos relevantes da estrutura cognitiva para propósitos pedagógicos. Isto é feito de duas maneiras: substantivamente, identificando os conceitos e as proposições mais abrangentes, com maior poder de explanação de uma referida disciplina; e programaticamente, empregando princípios para a seqüenciação dos conteúdos (diferenciação progressiva e reconciliação integrativa) para a organização do material de ensino (MOREIRA e MASINI 1982, p.41-42).

2.5 PLANEJAMENTO DE ENSINO: CONCEITOS, ETAPAS E ESTRUTURA DO PLANO

Segundo Martinez e Lahone (1977, p.11), planejamento é um processo de previsão de necessidades, de racionalização do emprego dos meios materiais e dos recursos humanos disponíveis, com a finalidade de alcançar objetivos concretos, em prazos determinados e em etapas definidas, a partir do conhecimento e avaliação científica da situação original.

Assim, pode-se aplicar o conceito de planejamento nas mais diversas atividades humanas, principalmente na área educacional. Para Enricone *et al*(1998, p. 19), o planejamento de ensino é um processo de tomada de decisões bem informadas que visam racionalizar as atividades do professor e do aluno, em situação de ensino-aprendizagem, possibilitando melhores resultados e maior produtividade.

O planejamento de ensino deve estar alicerçado no planejamento curricular do curso. Indicando uma atividade direcionada, metódica e sistematizada, empreendida pelo professor junto aos seus alunos, na busca dos objetivos definidos. Consiste, então, na previsão sistemática da ação educativa e na racionalização dos meios para atingir os resultados desejáveis. No entanto, este planejamento deve apresentar um aspecto dinâmico e flexível em função da avaliação dos resultados obtidos através dos meios empregados. Neste sentido, o planejamento de ensino consiste num processo de tomada de decisões com objetivos de: racionalizar as atividades educativas; assegurar um ensino efetivo e econômico; conduzir os alunos ao alcance dos objetivos e verificar o desempenho do processo educativo (ENRICONE *et al* 1998, p. 18-20).

Convém esclarecer, que o termo planejamento de ensino refere-se, neste trabalho, ao planejamento de uma disciplina.

2.5.1 O planejamento de ensino segundo uma abordagem comportamentalista

A abordagem comportamentalista está sustentada na teoria da tecnologia educacional, que segundo Auricchio (*apud* Luckesi, 1991, p.61) é a aplicação sistemática dos princípios científicos comportamentais e tecnológicos a problemas educacionais, com a busca de resultados efetivos, utilizando uma metodologia e abordagem sistêmica abrangente. Os sinais mais visíveis da sua utilização no meio escolar são: a importância de um planejamento sistêmico; concepção de aprendizagem centrada na mudança de comportamento; operacionalização dos objetivos; e uso de recursos pedagógicos do tipo instrução programada.

Em Enricone *et al*(1998, p. 26) é apresentada uma representação gráfica do processo de planejamento de ensino, que compreende três fases específicas, mas inter-relacionadas: a fase de preparação; a fase de desenvolvimento; e a fase de aperfeiçoamento, conforme Figura 4.

A fase de preparação compreende todas as etapas necessárias para garantir a sistematização e racionalização das ações que serão adotadas para alcançar os propósitos do processo ensino-aprendizagem. Resultando num plano de ação estruturado, que serve como um roteiro sistematizador das atividades docentes e discentes.

A fase de desenvolvimento consiste na execução do plano de ação. Este plano de ação apesar de ser bem definido, deve ser flexível em função das condições encontradas em sala de aula.

A fase de aperfeiçoamento visa o aprimoramento do plano de ensino através das etapas de avaliação, feedback e replanejamento. Portanto, é em relação ao próprio plano e suas conseqüências em termos de ensino-aprendizagem que se processa a avaliação, com objetivo de realimentar (*feedback*) o próprio sistema de planejamento. Assim é possível corrigir deficiências, sanar dificuldades e/ou manter condições e processos satisfatórios (ENRICONE *et al* 1998, p. 50).

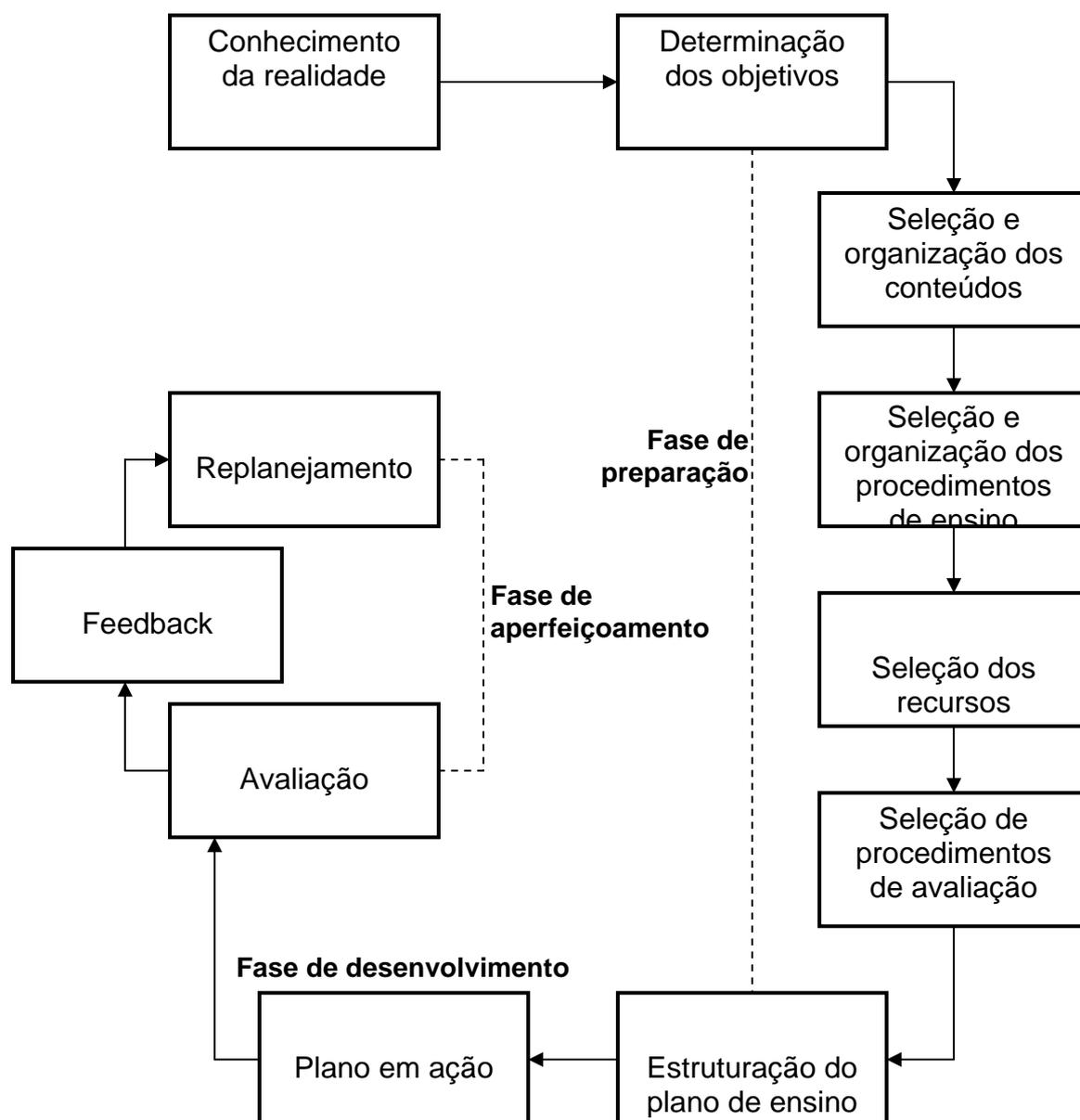


Figura 4 – Fluxograma do processo de planejamento de ensino.
 Fonte: ENRICONE *et al*(1998, p.26).

Segundo Enricone *et al*(1998, p.28), o processo de planejamento do ensino é precedido de uma investigação para o conhecimento da realidade. Portanto, antes de formular os objetivos e estabelecer as estratégias para o processo ensino-aprendizagem, o professor deve fazer um levantamento e uma análise das características, condições e problemas da realidade em que vai atuar. “O professor deve ter condições de realizar um diagnóstico de todos os fatores que podem interferir no comportamento do aluno” (MENEGOLLA e SANT’ANNA, 1998, p. 75).

Após esta investigação, segue-se a determinação dos objetivos, que segundo Abreu e Masetto (1985, p.27) são metas definidas com precisão ou resultados de aprendizagem determinados. Indicam o que um aluno deverá fazer como conseqüência de sua aprovação em uma disciplina. Assim, os objetivos têm por finalidade direcionar a ação do professor e também, facilitar a aprendizagem do aluno.

Com relação aos objetivos, estes podem ser classificados quanto ao nível de especificação, em gerais e específicos. Os objetivos gerais são os resultados de aprendizagem, complexos, alcançáveis em períodos de tempo mais amplos. Os objetivos específicos são mais simples, concretos, alcançáveis em um período de tempo menor, explicitando desempenhos observáveis e mensuráveis. Quanto ao domínio dos objetivos, Bloom *et al* (1972, p.4-6) os classifica segundo objetivos cognitivos, aqueles relacionados ao conhecimento e habilidades intelectuais dos alunos; objetivos afetivos, aqueles relacionados aos interesses, atitudes e apreciação; e os objetivos psicomotores, relacionados às habilidades motoras.

Segundo Enricone *et al* (1998, p. 65), os objetivos específicos além de esclarecer os desempenhos a serem alcançados, têm as seguintes funções:

- guiar a seleção e organização dos conteúdos. O conteúdo é um instrumento que conduz para a consecução do objetivo. Portanto, além dos conhecimentos, o conteúdo contribui para o desenvolvimento de habilidades e atitudes do aluno;
- orientar a seleção e a organização dos procedimentos. Quanto mais claro for o objetivo, melhor se percebe os modos de alcançá-lo e avaliá-lo. A diversificação dos objetivos com relação aos domínios (cognitivo, afetivo e psicomotor) torna a seleção dos procedimentos mais complexa;
- guiar a seleção de recursos. Deve-se avaliar a contribuição que os recursos oferecem aos objetivos pretendidos e a aprendizagem do conteúdo;

- permitir uma maior precisão na avaliação dos resultados. Os objetivos específicos devem deixar claro ao professor o que ele deve avaliar no decurso do processo de ensino;
- comunicar aos alunos o que se espera deles. Os objetivos específicos servem como referência para os alunos com relação às metas de aprendizagem;
- possibilitar um enfoque comum aos professores.

E para cumprir as funções acima mencionadas, os objetivos devem apresentar as seguintes características: serem reais e atingíveis; serem operacionalizados; e representarem as necessidades do indivíduo que aprende e da comunidade (ABREU e MASETTO 1985, p.33).

A próxima etapa no processo de planejamento de ensino consiste da seleção e organização dos conteúdos. Esta seleção deve ser realizada em função dos objetivos propostos e originar um conjunto de conhecimentos capazes de estimular o desenvolvimento do aluno. Uma vez selecionados, os conteúdos são organizados segundo uma disposição concatenada e hierarquizada, visando o estabelecimento de uma seqüência gradual de dificuldades (ENRICONE *et al* 1998, p.34-35).

Uma alternativa para operacionalizar a seleção e organização dos conteúdos é a formação de uma equipe de trabalho constituída por: professores da disciplina; professores das disciplinas anteriores a disciplina em questão (pré-requisitos); professores das disciplinas posteriores a disciplina; e representantes dos alunos (ABREU e MASETTO 1985, p.45).

A etapa seguinte no processo de planejamento de ensino trata da seleção e organização dos procedimentos de ensino. Os critérios norteadores para esta etapa do processo são relacionados com: os objetivos pretendidos; a natureza da aprendizagem e dos conteúdos; e o nível de desenvolvimento dos alunos (ENRICONE *et al* 1998, p.38) (ABREU e MASETTO 1985, p.50).

Os procedimentos de ensino são ações planejadas adequadamente pelo professor para colocar o aluno em contato direto com coisas, fatos ou fenômenos que o possibilitem modificar seu comportamento, em função dos

objetivos previstos(ENRICONE *et al* 1998, p. 36). Estes procedimentos podem ser classificados considerando duas dimensões:

- os procedimentos de ensino gerais, que representam as ações do professor, enquanto orienta e controla as situações de ensino favoráveis à aprendizagem;
- os procedimentos de ensino especiais, que representam as ações do professor, enquanto organiza as situações de ensino necessárias à realização de atividades pelo aluno ou experiências de aprendizagem que facilitem o alcance dos objetivos.

Na primeira dimensão, os procedimentos de ensino gerais compreendem: a apresentação de estímulos (exposição de objetos, acontecimentos, ilustrações, palavra falada ou escrita, etc.); a comunicação verbal (oral ou escrita); e a promoção de feedback (utilização da informação pelo aluno para avaliar sua aprendizagem).

Na segunda dimensão, as atividades ou experiências de aprendizagem podem ser facilitadas pelo professor através de meios ou modos organizados de ação, conhecidos como técnicas de ensino. As técnicas representam maneiras particulares de organizar o ensino, a fim de provocar a atividade do aluno no processo de aprendizagem. Estas técnicas servem para ativar os impulsos individuais, visando a motivação dos alunos para a aprendizagem (ENRICONE *et al* 1998, p.38 e p.128). Sendo classificadas em:

- Técnicas de ensino individualizado. A ênfase é colocada no indivíduo, seguindo os princípios do ritmo próprio, da resposta ativa e da verificação imediata. Exemplos: o estudo de texto, a observação, a leitura, a redação, a solução de problemas, o estudo dirigido, a instrução programada, o laboratório, etc. Algumas destas técnicas podem ser desenvolvidas em grupo (ENRICONE *et al* 1998, p. 135);
- Técnicas de ensino em grupo. A ênfase é colocada no aproveitamento das possibilidades que o indivíduo traz de interagir com o outro. A potencialidade deste tipo de técnica está na capacidade que ela apresenta em mobilizar as forças individuais e grupais em direção dos objetivos. Exemplos: desenhos em grupo,

GV-GO (Grupo de verbalização – Grupo de observação), seminários, etc. (ENRICONE *et al* 1998, p. 140-145) (ABREU e MASETTO 1985, p.62).

Além deste enfoque apresentado acima, pode-se utilizar procedimentos de ensino agrupados segundo categorias de objetivos. Assim os procedimentos podem ser divididos para: serem usados no primeiro encontro (para aquecimento e desbloqueio); confrontos com situações reais; centralizar a ação do professor; trabalhar com pesquisas e projetos; etc. (ABREU e MASETTO 1985, p. 63-88).

Segundo Enricone *et al*(1998, p. 134 e p. 140), um bom plano de ensino deve alternar técnicas de ensino individualizado com técnicas de ensino em grupo. Pois, a atividade grupal só será eficaz quando cada membro do grupo se preparar antecipadamente. Assim, para capacitar o indivíduo a ter uma participação ativa no grupo, o plano deve atender as diferenças individuais.

A seleção dos recursos é a próxima etapa do processo de planejamento de ensino. Por recursos consideram-se quaisquer componentes do ambiente da aprendizagem que além de estimular o aluno, proporcionam experiências para que ele desenvolva a compreensão e a reflexão. São os meios ou instrumentos auxiliares que facilitam a ação docente. Por natureza, estes recursos podem ser humanos (o professor, o aluno, pessoal da escola e comunidade) ou materiais. Os recursos materiais podem ser chamados de materiais didáticos (ENRICONE *et al* 1998, p. 39-40, p.171-172).

Para a seleção dos recursos, além das funções de ensino que eles podem desempenhar (apresentar estímulo; dirigir atenção; integrar conhecimentos; demonstrar estruturas básicas; fornecer informações complementares; estabelecer imagens adequadas de pessoas, objetos e lugares relacionados com o conteúdo em estudo; proporcionar feedback; etc.), alguns critérios devem ser observados, sendo:

- adequação dos recursos – aos objetivos, aos conteúdos, aos alunos e ao meio;
- economia – relação entre o tempo necessário para elaborar ou definir o recurso e o objetivo pretendido;

- disponibilidade – os recursos devem estar disponíveis no momento de sua utilização;
- precisão – o quanto o recurso contribui para a consecução dos objetivos.

Segundo Enricone *et al*(1998, p. 158), os estudos sobre percepção são importantes para a compreensão do emprego de recursos, porque são os órgãos sensoriais que captam as mensagens do mundo exterior e, os estímulos para cada um deles são diferentes.

A próxima etapa do processo de planejamento é a Seleção de procedimentos de avaliação. Estes procedimentos envolvem técnicas, instrumentos e recursos, que são necessários para determinar o nível de desempenho apresentado pelos alunos no processo de ensino-aprendizagem, em função: dos objetivos estabelecidos; da natureza dos conteúdos (área específica do conhecimento) e procedimentos de ensino. Desta forma, fica evidenciada a importância das relações entre as etapas: objetivo, conteúdo, procedimento e avaliação. Para uma avaliação adequada deve-se definir claramente o que se quer avaliar e selecionar o instrumento apropriado à coleta dos dados referentes ao objetivo proposto. (ENRICONE *et al* 1998, p. 43-46).

Considerando o planejamento de ensino, a avaliação do processo ensino-aprendizagem tem as seguintes funções específicas:

- função de diagnóstico – para estabelecer se o aluno apresenta ou não determinados conhecimentos ou habilidades que são necessários para aprender algo novo; e identificar, discriminar, compreender, caracterizar as causas determinantes das dificuldades de aprendizagem ou elas próprias;
- função de controle – para informar o aluno e o professor sobre os resultados alcançados no desenvolvimento das atividades; e localizar, apontar, discriminar deficiências no processo ensino-aprendizagem, para corrigi-las;
- função de classificação – classificar o aluno segundo o nível de aproveitamento, ou rendimento alcançado.

A partir das funções específicas, a forma de organização do processo de avaliação estabelece uma determinada modalidade. Logo: à função diagnóstica corresponde a avaliação diagnóstica; à função de controle corresponde a avaliação formativa; e à função de classificação corresponde a avaliação somativa (ENRICONE *et al*, 1998, p. 179-182). Considerando a Taxionomia dos Objetivos Educacionais de Bloom, Hastins e Madaus em sua publicação de 1972, as técnicas, os instrumentos e recursos sugeridos para cada modalidade de avaliação são apresentados no Anexo 1.

Após a seleção dos procedimentos de avaliação é efetuada a estruturação do plano de ensino. Segundo Enricone *et al*(1998, p. 47), todo o planejamento de ensino, como processo de tomada de decisão se concretiza num plano definido de ação, que constitui um roteiro estruturado para conduzir progressivamente os alunos aos resultados desejados. Sendo assim, o plano de ensino é um instrumento de trabalho que disciplina os esforços de professores e alunos, no sentido de racionalizar as atividades de ensino e aprendizagem.

Segundo Nervi (1969, p.56-57), este plano de ação deve apresentar algumas características, tais como:

- coerência – diz respeito ao planejamento de atividades mantendo a coesão entre si, evitando que se dispersem em diferentes direções. A unidade e correlação das atividades são fatores que levam ao alcance dos objetivos propostos;
- seqüência – refere-se a um fio condutor que integra as diferentes atividades;
- flexibilidade – relaciona-se a possibilidade de alteração (inserção ou supressão) dos conteúdos previstos, de acordo com as necessidades e/ou interesse dos alunos;
- precisão e objetividade – diz respeito a clareza, precisão e objetividade com que os enunciados, indicações ou sugestões devem ser apresentados, evitando dupla interpretação e equívocos.

Após esta fase de preparação que resultou no plano de ensino, a Figura 4 mostrada anteriormente apresenta as fases de desenvolvimento e de aperfeiçoamento como as fases seguintes do processo de planejamento. A fase de desenvolvimento corresponde a colocação do plano de ensino em ação. E a fase de aperfeiçoamento, que contém as atividades de avaliação e feedback. A avaliação visa o replanejamento do plano de ação, verificando quais procedimentos funcionaram de acordo com o planejamento e quais devem ser alterados. Esta avaliação oferece dados para a etapa de feedback (realimentação), que faz retroagirem os efeitos de um sistema em desenvolvimento sobre as causas, com o propósito básico de alcançar os objetivos determinados (ENRICONE *et al* 1998, p. 50-51).

Este processo de planejamento de ensino conforme uma abordagem comportamentalista valoriza o planejamento cuidadoso das contingências de aprendizagem, das seqüências de atividades de aprendizagem e a modelagem do comportamento humano. Considera-se que, tanto os elementos de ensino como as respostas emitidas pelos alunos podem ser analisadas em seus componentes comportamentais. O ensino compreende padrões de comportamento que podem ser alterados através de treinamento, segundo objetivos pré-fixados.

2.5.2 O planejamento de ensino segundo uma abordagem cognitivista

Neste item é apresentado o processo de planejamento de ensino fundamentado na teoria de aprendizagem de David P. Ausubel. Esta teoria apresenta uma abordagem psico-pedagógica cognitivista, na qual tanto as variáveis cognitivas e afetivas do aprendiz, quanto as variáveis da tarefa de ensino são consideradas. Primeiramente são apresentadas as etapas envolvidas neste processo, que foram sugeridas por Faria (1989). Em seguida, é apresentado um modelo para organizar a instrução de acordo com a teoria de Ausubel proposto por Moreira (1983, p.71).

De acordo com Faria (1989, p.53), o processo de planejamento de ensino envolve as seguintes etapas:

- seleção dos resultados de aprendizagem;

- seqüenciação dos itens curriculares conforme princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa;
- indicação no mapa conceitual, da seqüência de comparações e esclarecimentos para a reconciliação integrativa;
- distinção dos pré-requisitos e avaliação dos mesmos;
- formulação dos itens para avaliar a aprendizagem significativa;
- preparo dos organizadores prévios; e
- estratégia e recursos de ensino para a promoção da aprendizagem significativa.

A primeira etapa do processo de planejamento é a seleção dos resultados de aprendizagem. Estes resultados correspondem aos objetivos a serem alcançados. Para facilitar a efetivação desta etapa, Faria (1998, p.54) sugere a sua divisão em três sub-etapas:

- determinar os objetivos gerais da disciplina com base na legislação vigente, na grade curricular do curso, no nível de escolaridade dos alunos;
- selecionar os itens curriculares relacionados a esses objetivos gerais, privilegiando os conceitos e proposições mais inclusivos e com maior poder explanatório, considerando os conteúdos da disciplina em questão;
- selecionar os conceitos e proposições menos inclusivos relacionados àqueles conceitos selecionados no item anterior.

A segunda etapa deste processo trata da seqüenciação do conteúdo curricular da disciplina. Que implica em determinar a ordem do conteúdo da disciplina, considerando a estrutura cognitiva do aluno e o suprimento de conceitos primários e secundários que o mesmo dispõe para desenvolver a disciplina (conhecimentos prévios dos alunos). Assim, um conjunto de itens curriculares deve servir de base para o próximo conjunto a ser estudado. Este princípio deve ser utilizado para toda a disciplina (FARIA 1989, p. 55-56).

Esta etapa pode ser desdobrada em dois procedimentos:

- dispor os blocos de itens curriculares de acordo com o princípio da diferenciação progressiva, que consiste em uma elaboração hierárquica dos conceitos ou proposições. Desta forma, as idéias mais abrangentes ocupam o topo da estrutura cognitiva, englobando sucessivamente idéias menos inclusivas e mais diferenciadas.
- identificar em cada bloco os conceitos mais importantes, organizando-os segundo o mesmo princípio da diferenciação progressiva.

A terceira etapa trata da aplicação do princípio da reconciliação integrativa na programação do material de ensino. Esta atividade de programação segue duas orientações: a primeira preocupando-se com a análise do material a ser apresentado ao aluno; a segunda, voltando-se para as idéias que os alunos têm disponíveis e que podem interferir na aprendizagem do novo material, seja facilitando ou gerando dissonância cognitiva²⁷. O princípio da reconciliação integrativa tem por objetivo relacionar as idéias (conceitos ou proposições), apontando diferenças e similaridades significativas entre as mesmas, de forma a tornar clara as inconsistências que podem ser geradas.

A organização do material consiste na elaboração do mapa ou matriz conceitual, onde serão assinalados os tipos de comparações a serem feitas entre os conceitos. Estas comparações podem ser estabelecidas numa inclusividade hierárquica (relações verticais) ou num mesmo nível de inclusividade (relações horizontais). Para efetuar as comparações o professor da disciplina deve considerar as possíveis relações existentes entre os conceitos, estas relações podem ser subordinadas ou superordenadas conforme apresentado no item 2.4.3 deste trabalho.

Deve-se registrar, também, outras possíveis dificuldades, como: termos múltiplos que representam conceitos equivalentes; conceitos aparentemente

²⁷ A dissonância cognitiva acontece quando dois conceitos parecem estar em contradição, fazendo com que o aluno experimente uma resposta emocional negativa, resultante do que parece ter significados conflitantes (NOVAK, 1981 *apud* FARIA 1989, p.58)

semelhantes, mas intrinsecamente diferentes; etc. A partir destas dificuldades, deve-se preparar esclarecimentos didáticos através da comparação entre os conceitos, evidenciando semelhanças e diferenças reais, ou diferenças aparentes.

Além das comparações planejadas entre os conceitos contidos no novo material de ensino, devem ser previstas comparações entre os conceitos e as idéias já estabelecidas na estrutura cognitiva dos alunos. O mapa conceitual esclarece as relações entre os conceitos, resolvendo alguma dissonância existente.

Na quarta etapa se faz a verificação dos pré-requisitos. Esta etapa tem por objetivo verificar a disponibilidade na estrutura cognitiva do aluno, de conceitos pertinentes ao novo material. É realizada no início da disciplina, principalmente quando se trata de disciplinas que necessitam de conceitos básicos para desenvolver seus conteúdos. Uma vez verificada a carência destes conceitos, estes sejam transformados em objetivos de ensino, integrando-os à parte inicial da disciplina. Apesar de Ausubel não detalhar o tipo de pré-avaliação ou avaliação diagnóstica requeridas para estas situações, encontra-se na taxionomia dos objetivos educacionais de Bloom, os recursos utilizados em cada modalidade de avaliação, conforme o Anexo 1.

A verificação dos pré-requisitos é um processo contínuo de avaliação diagnóstica, realizado durante o desenvolvimento da disciplina. O professor deve verificar se os alunos têm o domínio dos pré-requisitos necessários em cada unidade, para que sejam diagnosticadas: a presença das idéias-âncora; clareza e estabilidade destas; ou habilidades motoras necessárias. A natureza do teste dependerá do tipo de pré-requisito a ser diagnosticado.

A quinta etapa se refere à avaliação da aprendizagem. Segundo o princípio da validade, os critérios da avaliação devem ser coerentes com os objetivos de aprendizagem estabelecidos. Com o foco na aprendizagem substantiva, os itens avaliativos se referem à compreensão das idéias (conceitos e proposições) e das relações entre elas. Os procedimentos recomendados para a avaliação incluem itens avaliativos relacionados: à solução de problemas, pois exigem uma disponibilidade funcional de conhecimentos; a um contexto de aprendizagem seqüencial, para que na

avaliação da nova aprendizagem sejam considerados os conhecimentos prévios disponíveis na estrutura cognitiva do aluno; a unidades estudadas em prazos maiores, não somente ao final de cada unidade, para verificar a retenção e a estabilidade das idéias ou das habilidades.

Diferenciando-se das outras abordagens de ensino, a avaliação da aprendizagem significativa não se limita a um reconhecimento mecânico de conteúdos relativamente triviais e desconexos, visando a reprodução destes. Ela vai além, preocupa-se com uma verdadeira compreensão de conceitos, princípios e relações, e uma capacidade para interpretar fatos e produzir conhecimento.

A sexta etapa deste processo de planejamento diz respeito a estratégias e recursos de aprendizagem, principalmente o preparo dos organizadores prévios, que são considerados essenciais nas atividades de planejamento do ensino, de acordo com a teoria de aprendizagem e de ensino proposta por Ausubel. Estes organizadores são utilizados para estabelecer idéias mais gerais e relevantes na estrutura cognitiva do aluno, possibilitando tornar logicamente significativas às idéias novas, que no início são apenas potencialmente significativas. Assim, o próprio aluno é capaz de identificar um conteúdo relevante em sua estrutura cognitiva relacionável ao novo material de aprendizagem (FARIA 1989, p.61).

Estes organizadores são materiais introdutórios destinados a facilitar a aprendizagem de tópicos específicos, ou conjunto de idéias, consistentemente relacionadas entre si. Mas, não podem ser confundidos como uma introdução ou um resumo apresentado no início de uma unidade de ensino com intenção de dar uma visão global do assunto a ser tratado. Pois, desta forma, estariam tratando do assunto em um mesmo nível de generalidade e inclusividade, atendo-se aos pontos mais importantes e omitindo informações secundárias (FARIA 1989, p.33-34).

Os organizadores prévios podem ser expositivos ou comparativos, devendo ser elaborados com base nos pré-requisitos necessários para a nova aprendizagem (estabelecidos na quarta etapa) e na seqüenciação dos conteúdos da disciplina (estabelecida na segunda etapa), segundo os

princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa, já mencionados anteriormente.

O organizador expositivo deve ser utilizado quando a unidade de ensino a ser estudada é pouco familiar ao aluno, servindo como ponte cognitiva entre o que o aluno tem disponível em sua estrutura cognitiva e a nova unidade a ser aprendida. Para isso, é constituído de conceitos ou proposições relevantes, em um nível superior de inclusividade, porém próximos ao novo material, mantendo uma relação de superordinação com este (FARIA 1989, p.35).

O organizador comparativo é utilizado quando se supõe que o material de aprendizagem seja relativamente familiar ao aluno, servindo de ancoragem em adequado nível de inclusividade, e como suporte para aumentar a discriminabilidade do novo material com idéias similares contidas na estrutura cognitiva, que podem gerar conflitos.

Na sétima etapa são apresentadas as principais estratégias a serem implementadas para uma aprendizagem por recepção significativa. De acordo com Faria (1989, p. 62, 69-70), são elas:

- apoios empírico-concretos – referem-se geralmente a elementos tangíveis da realidade que nos cerca, como os objetos genuínos ou figuras que representam estes objetos. Estes apoios podem também ser verbais, que são explicações que expressam exemplos particulares ou atributos de um conceito, os quais são utilizados para facilitar a aprendizagem de proposições abstratas e conceitos secundários. Os apoios empírico-concretos auxiliam na compreensão das relações entre os conceitos secundários, quando estes são necessários nas atividades de aprendizagem proposicional. Esta utilização é válida tanto para a fase de desenvolvimento das operações concretas, quanto das operações formais (lógico-formal) de um aprendiz que se inicia num campo de atividade novo e complexo²⁸;

²⁸ Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p.87), a aquisição de conceitos de uma nova disciplina depende da disponibilidade de provas empírico-concretas, mesmo que o aprendiz se encontre no estágio das operações lógico-formais. A teoria da assimilação enfatiza que não há

- materiais escritos – são usados para a aprendizagem verbal significativa. Estes materiais podem ser utilizados a qualquer momento pelo aluno, tanto em aula, quanto fora dela para revisão dos conteúdos. Os materiais podem ser classificados em: elaborados pelo professor; e os manuais e livros já editados. Os primeiros podem ser desenvolvidos considerando os princípios organizacionais propostos pela teoria ausubeliana, que são a da diferenciação progressiva e o da reconciliação integrativa. Os segundos podem ser adaptados pelo professor através de um roteiro de estudo, que orientaria o aluno para estudar os itens de interesse em cada unidade, e assim os conceitos mais inclusivos seriam estudados primeiro e serviriam de base para os demais conceitos. Uma forma de potencializar o uso deste roteiro é através de mapas conceituais, que mostram as relações hierárquicas entre os conceitos que são estudados;
- aula expositiva – esta estratégia de ensino foi substancialmente valorizada pela teoria de Ausubel, trazendo subsídios à teoria da comunicação humana. Pois, para que a comunicação se estabeleça, a mensagem do emissor deve chegar ao receptor com algum significado, adquirindo relevância. Desta forma, deixa de ser uma mera transmissão de informação. Sendo assim, o receptor da exposição deve possuir em sua estrutura cognitiva, idéias pertinentes à aprendizagem significativa da disciplina. A verificação dos pré-requisitos, ou verificação preliminar dos subsunçores, possibilita utilizar, antecipadamente, materiais escritos que contenham os conceitos necessários para o novo conteúdo, servindo de organizador prévio para cada aula ou unidade. No preparo da aula deve-se verificar os momentos em que serão necessários os apoios empírico-concretos, que em conjunto com os exemplos e ilustrações

idade na qual o aprendiz possa lidar com abstrações secundárias em qualquer área. A ênfase desta teoria é que a aprendizagem significativa é específica de um conteúdo. Deste modo, o planejamento dos conteúdos não pode ignorar o nível geral de desenvolvimento cognitivo do aprendiz, nem o suprimento específico de abstrações primárias e secundárias na disciplina a ser aprendida (*ibidem*, p.299).

dos conceitos, devem seguir a seqüenciação estabelecida para os conceitos e proposições, conforme o princípio da diferenciação progressiva. No decorrer da aula expositiva o princípio da reconciliação integrativa deve ser observado. Buscando diferenciar os subsunçores e os novos conceitos a serem aprendidos, bem como os novos conceitos entre si. Principalmente se houver semelhanças entre os mesmos que possam gerar conflitos (interpretações errôneas).

O modelo de planejamento de ensino apresentado a seguir, conforme a Figura 5, foi desenvolvido por Moreira (1983) como um sistema de referência para a organização do ensino de Física.

Neste modelo Moreira (1983, p.71) apresenta uma forma para planejar o ensino de uma disciplina em conformidade com a teoria da Ausubel. As primeiras tarefas, consideradas as mais difíceis de serem executadas, tratam: da determinação da estrutura conceitual e proposicional da disciplina que vai ser ensinada; da identificação de quais subsunçores (conceitos relevantes) devem estar presentes para a aprendizagem do conteúdo; e do mapeamento da estrutura cognitiva do aluno. Esta última tarefa tem por finalidade verificar se o aluno apresenta os subsunçores necessários para a aprendizagem do novo material. Caso isto não aconteça, uma série de ações deve ser realizada, tais como a confecção de organizadores prévios e o uso de instrução adicional prévia (Moreira, no seu modelo usa o termo instrução-remédio) para um processo de nivelamento dos conhecimentos dos alunos, e assim disponibilizar os subsunçores para os mesmos.

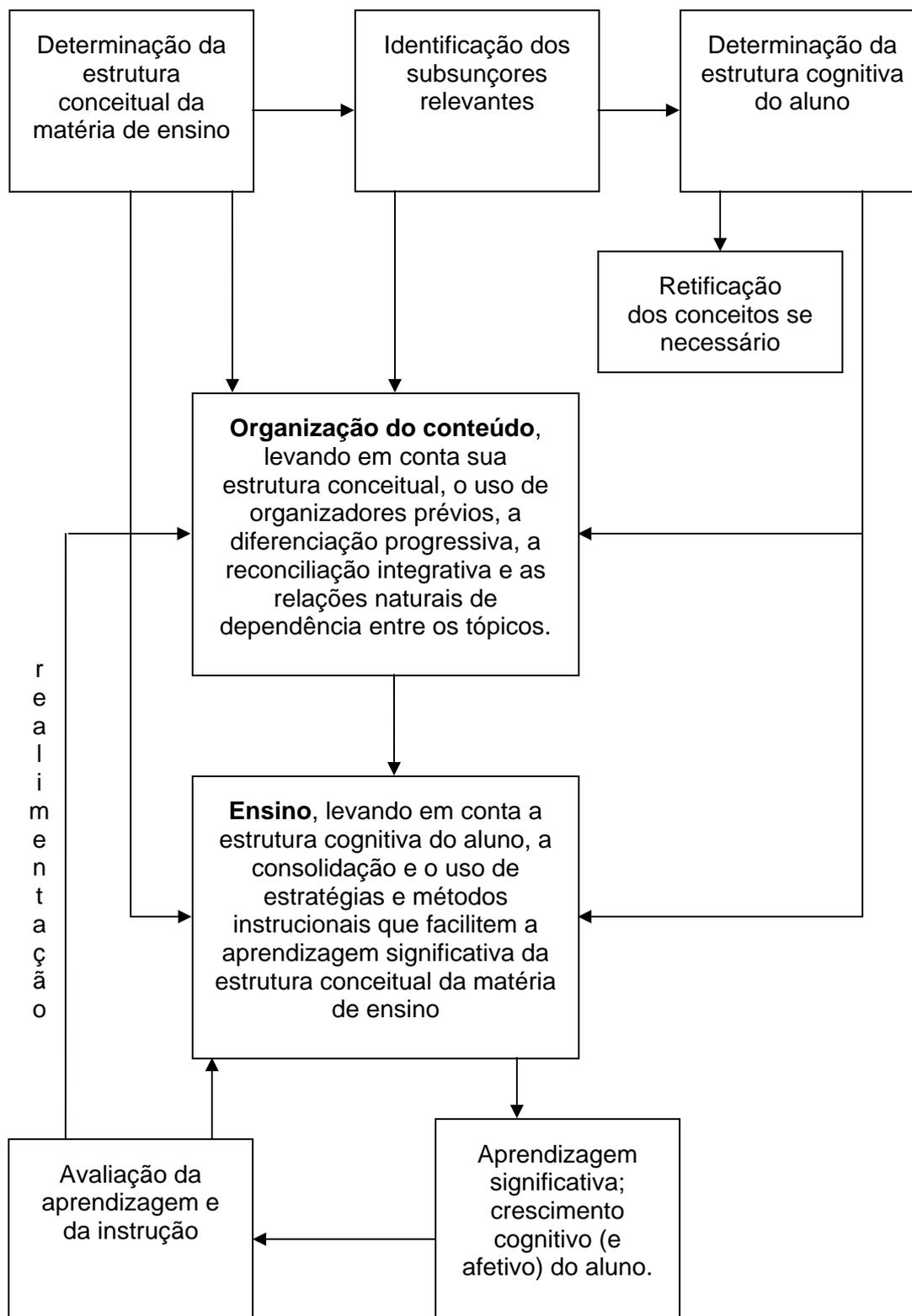


Figura 5 – Um modelo para organizar o ensino segundo a teoria de Ausubel.
 Fonte: MOREIRA (1983, p.71), adaptado pelo autor.

Em seguida, o modelo apresenta a etapa de organização do conteúdo. Esta organização deve considerar as tarefas já citadas no parágrafo anterior, como também, a utilização de organizadores prévios, a diferenciação

progressiva, a reconciliação integrativa e as relações de dependência entre as diversas unidades de estudo. A partir desta organização o conteúdo passará a ter um significado lógico, tornando-se potencialmente significativo para o aluno, que dispõem em sua estrutura cognitiva de subsunçores adequados, tornando a aprendizagem não arbitrária.

A próxima etapa do modelo se refere ao ensino do conteúdo que foi organizado no item anterior. O ensino deve considerar a estrutura cognitiva do aluno, o uso de métodos (técnicas e recursos) instrucionais que facilitem a aprendizagem significativa da disciplina que está em estudo. Se a aprendizagem for significativa o conteúdo será retido e poderá ser transferido, ou seja, aplicado na solução de outros problemas não familiares aos alunos. Enfatiza-se nesta etapa a programação do conteúdo com a finalidade de torná-lo potencialmente significativo. O ensino deve ser consistente com a programação do conteúdo que está sendo executada segundo uma abordagem ausubeliana. Destaca-se assim, a habilidade em representar e explicar a estrutura conceitual do conteúdo de uma forma clara e precisa, em um nível adequado à estrutura cognitiva do aluno.

Caso a aprendizagem significativa ocorra, o modelo sugere que esta resultará no crescimento cognitivo e afetivo do aluno. Ou seja, o crescimento cognitivo poderá levar o aluno a motivar-se e predispor-se para as novas aprendizagens.

A última etapa deste modelo é a avaliação da aprendizagem e da instrução. A avaliação ocorre em todo o processo do ensino. No início, avalia-se para determinar o que o aluno já sabe (mapeamento da estrutura cognitiva do aluno), e assim preparar os organizadores prévios adequados ao conhecimento do aluno. No decorrer do processo de ensino, a avaliação é utilizada para acompanhar a aprendizagem, podendo corrigir, esclarecer e consolidar os mecanismos para que a aprendizagem significativa ocorra. E no final do processo, a avaliação vai verificar a eficácia das estratégias de ensino utilizadas, a organização e seqüenciação do conteúdo, para poder realimentar o processo e fazer as correções que sejam necessárias.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a aprendizagem significativa levará a um aumento dos subsunçores relevantes na estrutura

cognitiva do aprendiz, aumentando a capacidade de solução de problemas a medida que ocorrer a diferenciação progressiva e reconciliação integrativa dos conceitos. A avaliação da aprendizagem será uma função da qualidade dos subsunçores relevantes existentes ou desenvolvidos, e também da motivação para o aprendizado. A transferência de aprendizado para novas situações de solução de problemas será uma função do grau atingido de diferenciação de conceitos, da subsunção superordenada e da reconciliação integrativa.

Uma etapa importante no modelo por Moreira (1983) é a realimentação. A realimentação para o planejamento do conteúdo, que possibilita uma série de ações com o objetivo de melhorar a forma como este foi apresentado, tais como: seqüências alternativas de apresentação do conteúdo; melhor elucidação das relações entre os conceitos da estrutura conceitual da matéria em ensino; e melhor descrição dos aspectos destacados dos conceitos.

A realimentação pode alterar também a etapa de ensino, pois caso o aprendiz não consiga atingir o crescimento cognitivo esperado (evidenciado pela ausência de transferência para problemas novos e relevantes), isto pode inferir problemas na seleção dos conteúdos (tratado no parágrafo anterior) ou pode representar o uso de estratégias erradas no ensino, tais como: seleção inadequada dos exemplos; ritmo de ensino incompatível com a estrutura cognitiva do aprendiz, levando o mesmo a uma aprendizagem mecânica; necessidades de condições para um maior desenvolvimento das habilidades motoras; maior uso de bases concretas para o desenvolvimento de conceitos primários; desenvolvimento mais extensivo de abstrações secundárias; melhores organizadores prévios para associar os novos conceitos às estruturas cognitivas existentes; e a seleção de outras estratégias de ensino para atingir o crescimento cognitivo (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980, p.301).

2.6 METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO

O objetivo deste item é descrever os procedimentos metodológicos utilizados no desenvolvimento desta pesquisa que tem por tema a metodologia de ensino da Geometria Descritiva. Para este desenvolvimento, utiliza-se o método científico de pesquisa que abrange três etapas: investigação,

intervenção e avaliação, conforme apresentado por Silva, H. (2002a, p.27-29). Conforme pode ser visto na figura 6 no final deste capítulo.

A partir deste algoritmo, o processo de investigação científica segue os seguintes passos:

- a descrição do fenômeno, que consiste na demarcação do fenômeno estudado e na descrição das ocorrências objetivas ou transcendentais ao sujeito que investiga. Neste caso, a demarcação espaço-temporal do fenômeno se deu na disciplina ARQ-03320 – Geometria Descritiva III do Departamento de Expressão Gráfica que pertence a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), a partir do ano de 1997.
- o problema de pesquisa, que corresponde a uma questão a ser respondida ou examinada. Neste caso: se a metodologia de ensino da Geometria Descritiva não fosse fundamentada na axiomática, a mesma se constituiria num instrumento de mediação para a aprendizagem de superfícies geométricas, a partir da utilização de ambientes de aprendizagem hipermédia?
- a fundamentação teórica, que consiste nas teorias que dão sustentação para o objeto de pesquisa. Assim, são apresentadas as concepções pedagógicas e suas respectivas fundamentações epistemológicas, que se evidenciam na prática de sala de aula por modelos pedagógicos caracterizados pelas relações estabelecidas entre os atores do processo ensino-aprendizagem. Ressaltando-se as abordagens tradicional e cognitivista. A abordagem cognitivista apresenta uma possibilidade de intervenção no atual processo de ensino-aprendizagem da Geometria Descritiva. Sendo assim, tornou-se necessário investigar algumas teorias que tratam o processo de construção do conhecimento segundo esta abordagem. Entre as teorias estudadas estão: a teoria da epistemologia genética de Jean Piaget; a teoria do desenvolvimento social de Lev Vygotsky; e a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Como parte final da fundamentação teórica, apresenta-se o processo de

planejamento de ensino, bem como o desenvolvimento deste processo segundo uma abordagem comportamentalista e uma abordagem cognitivista.

- a metodologia, que fundamenta-se na teoria que explicita o fenômeno em análise. Desta forma, considerando o ciclo total de produção do conhecimento científico há necessidade de se adotar uma metodologia para a investigação e outra para a intervenção. Na investigação, a metodologia consiste em:
 - identificar o processo histórico do ensino da Geometria Descritiva no Brasil e na UFRGS, contribuindo para trazer subsídios necessários para o entendimento das bases pedagógicas que fundamentam o atual ensino desta disciplina. Pois, é a partir da compreensão das relações estabelecidas entre os homens, no tempo histórico e espaço social, que se tem a possibilidade de manter ou intervir na própria realidade;
 - fazer uma análise da metodologia de ensino da disciplina ARQ-03320 – Geometria Descritiva III da UFRGS. Esta análise será realizada tomando como base os elementos do plano de ensino da referida disciplina (pré-requisitos, objetivos, conteúdos, procedimentos de ensino, avaliação). Pois, estes elementos são capazes de evidenciar a metodologia de ensino utilizada;
 - identificar as inconsistências de ensino relacionadas aos procedimentos metodológicos tradicionais e a fundamentação axiomática da Geometria Descritiva, a partir dos equívocos cometidos pelos alunos nas provas da disciplina;
 - apresentar o ambiente hipermídia para aprendizagem de Geometria Descritiva – HyperCAL^{GD}, que vem sendo utilizado na disciplina ARQ-03320 – Geometria Descritiva III da UFRGS.

Estas atividades serão desenvolvidas e apresentadas no capítulo 3 deste trabalho.

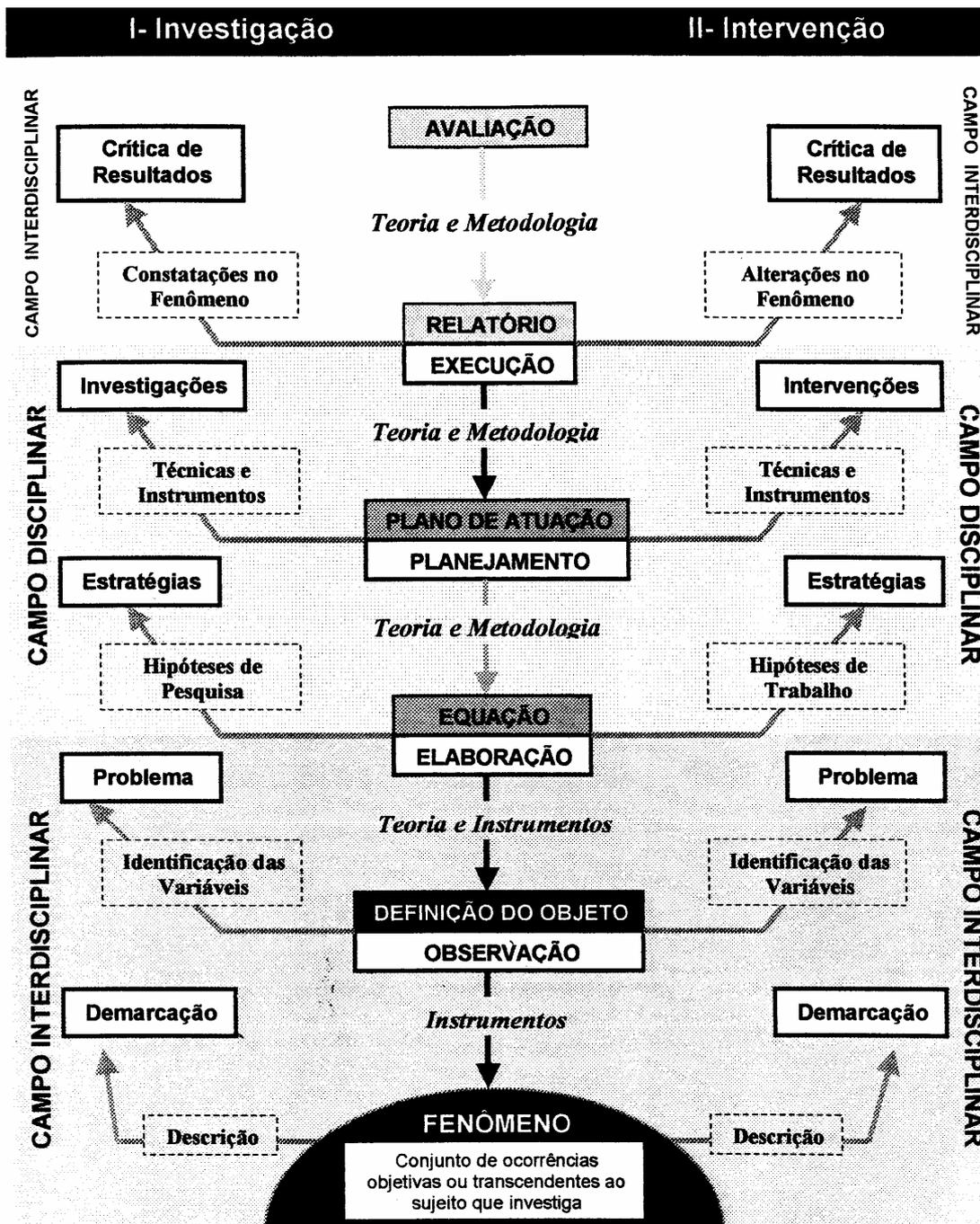


Figura 6 – Algoritmo dos processos da ciência.
 Fonte: BERTOLINO et al(1996).

3. O ENSINO DA GEOMETRIA DESCRITIVA NO BRASIL E NA UFRGS

3.1 O PROCESSO HISTÓRICO DO ENSINO DA GEOMETRIA DESCRITIVA NO BRASIL E NA UFRGS

Este item apresenta uma retrospectiva histórica do ensino da Geometria Descritiva desde sua criação na França até a sua posterior introdução no ensino superior brasileiro. São relatadas as principais ocorrências no Brasil, no período de 1810 a 1875. Como também, as ocorrências relacionadas ao desmembramento do ensino militar e ao aparecimento das primeiras escolas civis de engenharia do Brasil. A partir desta época, observa-se com maior atenção o desenvolvimento do ensino da Geometria Descritiva na Escola de Engenharia de Porto Alegre, escola “que foi o pilar do ensino superior no estado Rio Grande do Sul e gênese da UFRGS” (MOROSINI e FRANCO, 2001).

A Geometria Descritiva foi concebida por Gaspard Monge, quando este era desenhista e, posteriormente, professor na “École Militaire de Mézières” na França, no período de 1765 a 1789 (STRUICK 1992, p.235). No princípio a Geometria Descritiva foi utilizada para resolver problemas de fortificação, sendo considerada assunto de interesse da defesa nacional (BOYER 1974, p.346). Essa disciplina foi ensinada por Monge na “École Polytechnique” e mais tarde na “École Normale”, ambas situadas na França. A partir das lições na “École Normale” é que foi publicado o primeiro livro sobre o assunto em 1795 com o nome de “Géométrie Descriptive: Leçons donnés aux écoles normales” (BOYER 1974, p.350).

Segundo Deforge (1981 *apud* Ulbricht, S. 1998, p.19), a Geometria Descritiva obteve grande sucesso na Europa continental, sendo publicado um livro de Sylvestre François Lacroix, em Berlim no ano de 1806, e posteriormente, nos Estados Unidos da América em 1821 foi adaptada ao ensino. Na Inglaterra o método de Monge somente foi adotado em 1862.

A Geometria Descritiva foi introduzida no Brasil a partir da criação da Academia Real Militar, na cidade do Rio de Janeiro em 1810. Em Portugal, esta

disciplina não era ensinada nas academias militares nem nas universidades, apesar de seu conhecimento desde 1795 (MIRANDA 2001, p.26).

Através da Carta Régia de 4 de dezembro de 1810, o príncipe regente, D. João VI apresenta o currículo, as referências, prescrições dos programas e dos compêndios a serem elaborados pelos professores, além de citar os autores que serviriam de base para a concepção do material didático a ser produzido para posterior utilização na Academia Real Militar (MIRANDA 2001, p.31).

Para a disciplina de Geometria Descritiva o autor indicado foi Gaspard Monge. Aliás, como salienta Cunha (1986, p.138), a maioria dos autores indicados para compor os compêndios das disciplinas era de origem francesa, como se pode verificar na listagem a seguir:

- para álgebra, cálculo diferencial e integral o autor indicado foi Lacroix;
- para trigonometria esférica, Legendre;
- para ótica, Lacaille e Lalande;
- para mecânica celeste, Laplace.

Essa preferência pelas obras de autores franceses pode ser explicada por duas razões: a primeira seria da influência cultural francesa sobre as classes dominantes da metrópole (CUNHA 1986, p. 131); a segunda, diz respeito ao modelo de academia militar implantando na França em 1794, a “École Polytechnique”. Esta escola tornou-se instituição diretriz para as escolas militares e de engenharia do início do século XIX, foi assim com a Academia Real Militar no Brasil e com a academia de “West Point” nos Estados Unidos (STRUICK 1992, p.234).

A Geometria Descritiva era disciplina do segundo ano de todos os cursos de ciências exatas (matemática, engenharia, geografia e topografia) e formação de oficiais (artilharia e engenharia) oferecidos pela Academia Real Militar, junto com resoluções das equações (álgebra superior), geometria analítica, cálculo diferencial e integral, e desenho. O professor designado para assumir a cadeira de Geometria Descritiva foi o segundo tenente José Vitorino

dos Santos e Souza, esta designação ocorreu no decreto de 11 de março de 1811 (MIRANDA 2001, p.31e 34).

O professor José Vitorino dos Santos e Souza preparou seu compêndio traduzindo a única obra específica sobre Geometria Descritiva existente na época, que era “Géométrie Descriptive” de Gaspard Monge, livro já citado. A contribuição do professor José Vitorino dos Santos e Souza está no prefácio deste livro, cujo título em português era, Elementos de Geometria Descritiva: com aplicações às artes. No qual apresenta a importância e os objetivos da Geometria Descritiva, a quem se destina o livro e, principalmente, a metodologia de ensino a ser utilizado na disciplina. Segundo o professor a metodologia utilizaria o método “synthetico dos antigos²⁹”, onde a seqüência de soluções e construções orientaria as soluções e construções posteriores, podendo assim, resolver um grande número de problemas que, a primeira vista, parecia não estar ao alcance da geometria, devido a sua complexidade (MIRANDA 2001, p. 84 e p.87).

No prefácio do livro do professor José Vitorino dos Santos e Souza aparecem as únicas informações sobre como seria desenvolvida a disciplina na Academia Real Militar: o uso do método sintético dos antigos; e a seqüência dos conteúdos que é apresentada por Monge no seu livro. Segundo Miranda (2001, p.89), não foram encontrados documentos sobre o programa da disciplina Geometria Descritiva até a criação da Escola Politécnica em 1875. Então, Miranda acredita que de 1812 até 1875, os docentes responsáveis pela disciplina seguiram a seqüência da obra traduzida por José Vitorino dos Santos e Souza, ou algum outro livro produzido por professores, como é o caso de Noções de Geometria Descritiva de Pedro de Alcântara Bellegarde, que foi editado em 1845.

O professor José Vitorino dos Santos e Souza encontrou dificuldades para lecionar a disciplina. Pois, por atribuição da Academia Real Militar era seu

²⁹ Método “synthetico dos antigos” era um método utilizado na geometria, indicava uma ordem de disposição das idéias no discurso. A ordem é “do simples ao complexo, do geral ao particular, das causas para os efeitos, como procedimento privilegiado de simplificação da exposição doutrinal e, porque é definido a partir do conhecimento dos mecanismos de que a razão, naturalmente, se serve na recepção das idéias (assimilação dos conteúdos de ensino), entendido como método natural” (CALAFATE 2003).

dever substituir os professores impedidos de comparecer nas aulas do primeiro ano. Estas substituições geravam uma interrupção no ensino da Geometria Descritiva. A este fator associava-se a formação deficiente dos alunos que estavam entrando para a Academia. Assim geravam-se restrições para o bom desempenho das suas aulas (MIRANDA 2001, p.88).

Outro aspecto importante diz respeito à composição e a formação da equipe de professores da Academia Real Militar. O Brasil, naquela época, era impedido de desenvolver o ensino superior, por uma questão de domínio colonial. Os jesuítas, únicos responsáveis pelo ensino no Brasil colônia, aplicavam o “*Ratio Studiorum*”³⁰ que regulamentava o seu programa de ensino. O programa compreendia até sete anos iniciais (“*studia inferiora*”), onde era ensinada a leitura, a escrita, a gramática, humanidades e retórica. Em seguida, os quatro anos finais (“*studia superiora*”), onde se estudava em três anos de filosofia (a Lógica, a Física e a Ética) e mais um ano de metafísica, matemática superior e psicologia. A Geometria era estudada nos conteúdos da Física. Porém estes cursos não eram reconhecidos por Portugal e, por fim, os próprios jesuítas foram expulsos por ordem do Marquês de Pombal em 1759 (ANASTASIOU 1998, p.96 - 108).

Esta expulsão causou a destruição do sistema de ensino do Brasil colônia. No lugar dos colégios dos jesuítas foram criadas “Aulas Régias”, que eram regidas por mestres leigos, nomeados pelo governo português, que demonstravam ignorância das matérias que lecionavam e a falta de senso pedagógico (AZEVEDO, 1971 *apud* CUNHA, 1980, p.55-56). Logo, não existia um planejamento pedagógico para o desenvolvimento do ensino no país, muito menos para a formação de professores.

Segundo Martino (2001, p. 25-26) um dos maiores problemas foi reunir uma equipe de professores que pudesse atender às exigências do currículo da Academia Real Militar. A primeira equipe tinha em sua composição até padres. Era uma elite intelectual que logo se afastava da cátedra para se dedicar à carreira política.

³⁰ *Ratio Studiorum* como é conhecido o *RATIO ATQUE INSTITUTIO STUDIORUM SOCIETATIS JESU*, que era o programa de ensino da ordem jesuíta, aplicados em todos os colégios desta ordem (ANASTASIOU 1998,p.96-97).

Os professores militares da Academia eram, na maioria das vezes, formados nas Aulas Militares, como a do Regimento de Artilharia do Rio de Janeiro (1738 – 1792). Este curso era obrigatório para a promoção dos oficiais de Artilharia e apresentava os seguintes conteúdos: estática, hidráulica, portos, canais, pontes e arquitetura militar (com noções de Geometria). A partir de 21 de dezembro de 1792 a “Aula Militar” recebe a denominação de “Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho”. Dependendo da especialização do oficial (Cavalaria, Infantaria, Artilharia ou Engenharia) a duração do curso variava de 3 a 6 anos. Esta escola serviu de base para a implantação da Academia Real Militar (MIRANDA 2001, p.17-19) e (MARTINO 2001, p. 13-16).

Destas informações, observa-se que a única diretriz para o desenvolvimento do ensino nesta época era resultante da influência dos jesuítas, que estiveram no Brasil até 1759. Conforme se observa em Romanelli (1997, p. 36), a ação pedagógica dos jesuítas continuou apesar de sua expulsão. Para Anastasiou (1998, p.104), o modelo jesuítico foi adotado pelas escolas brasileiras principalmente nos níveis, que correspondem hoje, ao ensino fundamental e médio. Características deste modelo podem ser observadas, tais como: o conhecimento tomado como algo posto, indiscutível, pronto e acabado; o professor como transmissor deste conhecimento; a memorização como operação essencial do processo de aprendizagem e recurso básico de ensino; o modelo de exposição (aula expositiva – preleção) seguido da execução de exercícios pelos alunos; a avaliação; a emulação; o controle rígido; o pré-estabelecimento de regras para cada matéria; a hierarquia da organização dos estudos.

Verifica-se a importância da figura do professor, pois é possível listar todos os professores da disciplina Geometria Descritiva no período de 1810 a 1855, porém não se obtém informações sobre o programa e as metodologias utilizadas por estes professores no mesmo período (MIRANDA 2001, p.88).

No mesmo período, a Academia Real Militar alterou seu nome por quatro vezes, que foram: Imperial Academia Militar em 1822; Academia Militar da Corte em 1832; Escola Militar da Corte em 1839 e Escola Central a partir de 1855.

Nesta escola era formada a elite dos oficiais do Exército brasileiro, além de engenheiros civis e militares, pois era a única escola de engenharia existente no país (BRASIL, 2002). A disciplina de Geometria Descritiva sempre era lecionada no segundo ou terceiro ano do curso de engenharia, na porção matemática do curso (MIRANDA 2001, p.44).

A partir da metade do século XIX, aumenta a corrente contrária a formação de oficiais militares e de engenheiros civis na mesma escola. Isto ocorreu devido ao aumento da demanda de engenheiros com o desenvolvimento econômico do país e, por outro lado, a exigência de um tempo maior para a formação militar. Assim, a partir de 1855, divide-se a Escola Militar da Corte em Escola Central (para o ensino de engenharia) e Escola de Aplicação (para a formação de oficiais). É também inserida no processo de formação a Escola Militar e Preparatória da província de São Pedro do Rio Grande do Sul, onde eram formados os oficiais de infantaria e cavalaria (MARTINO 2001, p.37-38).

Esta separação não alterou a organização da Escola Central que ainda era de responsabilidade do Ministério da Guerra, sendo a sua administração militar. Mantendo seus princípios e disposição das disciplinas ensinadas. Assim, apesar da mudança de função da Escola, com a presença de alunos civis, o regime militar ainda era seguido como base, semelhante ao que acontecia em outros países como a França (MIRANDA 2001, p.56).

Somente após a Guerra do Paraguai, em 1874, ocorre a reforma do ensino militar e a Escola Central deixava de pertencer ao Ministério da Guerra e passava a jurisdição do Ministério do Império, onde seria um centro de estudos de engenharia, com o nome de Escola Politécnica (MARTINO 2001, p.41). A Escola Politécnica era composta de um curso geral (matemático) e seis cursos especiais que eram: de ciências físicas e naturais; de ciências físicas e matemáticas; de engenheiros geógrafos; de engenharia civil; de minas e, de artes e manufaturas. O estudo da Geometria Descritiva se desenvolvia em duas disciplinas de caráter obrigatório em todos os cursos da Escola Politécnica, tanto no curso geral, quanto nos especiais (MIRANDA 2001, p. 60-61).

Foi nesta escola em 1875, que se encontra o primeiro programa oficial documentado da Geometria Descritiva no Brasil. Este programa foi assinado pelo Conselheiro Ignácio da Cunha Galvão, primeiro professor da disciplina na Escola Politécnica. O programa era extenso, e muito diferente do programa que constava na tradução feita da obra de Monge e que fora utilizado pela Academia Militar. Para Miranda (2001, p.89), esta diferença era aceitável uma vez que até aquela época muitas obras de Geometria Descritiva já haviam sido publicadas³¹.

Em 1882, assume a cadeira de Geometria Descritiva o professor João Batista Ortiz Monteiro. Este professor conseguiu uma licença para aperfeiçoar-se em Geometria Descritiva com cursos em Viena, Paris e Leipzig. Ficou conhecido como o professor mais eficiente e o mais profundo conhecedor da matéria em que se especializara, as suas aulas eram as mais freqüentadas da Escola Politécnica (MIRANDA 2001, p.90). Esta é a primeira referência sobre a preparação especializada de um professor para lecionar a Geometria Descritiva. Desde a introdução da disciplina no Brasil em 1810 até o retorno do professor Ortiz Monteiro em 1885, o programa e a metodologia de ensino eram baseados na experiência de professores que tiveram sua formação no Brasil.

Até o ano de 1897 o programa da disciplina Geometria Descritiva na Escola Politécnica era dividido em três partes: I – Ponto, reta e plano; II – Linhas e superfícies curvas; e III – Intersecções de superfícies e trabalhos gráficos. A partir de 1898 o programa desta disciplina passa a ser dividido em cinco partes: I – Ponto, Reta e Plano; II – Das linhas e superfícies curvas e das tangências; III – Intersecções de superfícies; IV – Epicyclóides, hélices e helicóides; V – Dos planos cotados (MIRANDA 2001, p.91-92). Este programa de Geometria Descritiva fazia parte do currículo de todos os cursos de engenharia e de ciências físicas e matemáticas da Escola Politécnica. Sendo que, os cursos de engenheiros geógrafos, engenharia civil e de minas, além deste programa, deveriam cumprir a cadeira de Geometria Descritiva aplicada à perspectiva, sombras e estereotomia.

³¹ *Elements de géométrie descriptive a l'usage des aspirants aux écoles du...*, de Geromo ; *Traité élémentaire géométrie descriptive...*, de Lafrémoire ; *Traité de géométrie descriptive*, de Jules La Gourneria, entre outros (MIRANDA, 2001).

No final do século XIX, já no segundo Império, foram criadas: a Escola de Minas de Ouro Preto em 1876; a Escola Politécnica de São Paulo em 1893; a Politécnica do *Mackenzie College* e a Escola de Engenharia do Recife em 1896; a Escola Politécnica da Bahia e a Escola de Engenharia de Porto Alegre em 1897 (BAZZO e PEREIRA 1997, p.192). As datas referem-se ao ano de funcionamento efetivo das respectivas escolas.

A partir desta data, o processo histórico está voltado para a Escola de Engenharia de Porto Alegre, que foi uma das escolas superiores que deu origem a atual Universidade Federal do Rio Grande do Sul, na qual se fez a demarcação espaço-temporal para fins de observar as ocorrências objetivas do fenômeno estudado.

Segundo Corso (1992, p.18), a Escola de Engenharia de Porto Alegre foi criada por iniciativa de um grupo de engenheiros militares, que eram professores da Escola Militar e Preparatória da Província de São Pedro do Rio Grande do Sul. E tinha como objetivos a formação de profissionais nos diversos campos da engenharia, como também, o desenvolvimento técnico, profissional e rural do Estado. Foram seus fundadores: João Simplício Alves de Carvalho; João Vespúcio de Abreu e Silva; Juvenal Octaviano Muller; Lino Carneiro da Fontoura (engenheiros militares); Mais os engenheiros civis Gregório Paiva Meira e Álvaro Nunes Pereira (primeiro diretor da Escola).

O primeiro curso a funcionar na Escola foi o de Agrimensura em 15 de março de 1897. Este curso seria desenvolvido em três anos, e compreendia as seguintes disciplinas: 1º ano – cálculo aritmético, cálculo algébrico, Geometria Descritiva e desenho; 2º ano - geometria algébrica, geometria diferencial e integral, topografia (teoria e prática dos levantamentos planimétricos), desenho de plantas; 3º ano – mecânica, astronomia, topografia (teoria e prática do nivelamento), determinação de coordenadas geográficas, desenho de perfis e cartas (CORSO 1992, p.20-21).

Dos estatutos da Escola de Engenharia do ano de 1900, verifica-se que a mesma seria composta de cinco cursos independentes: curso de Agrimensura; curso de Estradas; curso de Hidráulica; curso de Arquitetura e curso de Agronomia. Todos os cursos com duração de três anos. A disciplina de Geometria Descritiva aparece em todos os cursos, na maioria das vezes

como a segunda aula do 1º ano destes cursos. Da metodologia utilizada nesta época, observam-se os artigos 5º e 6º do referido estatuto, onde está escrito que: o ensino constará de duas partes, uma dada em desenho (parte teórica); e outra adquirida no campo e oficina (parte prática). O documento afirma, ainda, que o ensino teórico seria limitado ao estudo de cada ciência que for estritamente indispensável à prática do curso considerado, devendo esse curso ser essencialmente experimental (PAROBÉ, 1902, p.73-77).

A ênfase que fundamenta o estatuto centrava-se no positivismo comtiano (1798 – 1857), que considera o conhecimento como resultante da observação direta da experiência concreta. No entanto, não visando a investigação via experimentação.

Segundo Loder (2002, p. 50-51), no modelo positivista, a percepção³² e a indução são elementos fundamentais no processo educativo, sendo necessária a intervenção do professor neste processo para estruturar as experiências educativas do aprendiz. O professor assume papel central, sendo responsável por orientar a percepção do aluno para obter os resultados esperados. Daí, a importância dada à organização das aulas para atingir os objetivos pedagógicos e a disciplina (comportamento), considerada como necessária para que ocorra aprendizagem³³.

Ferreira (1993, *apud* Bazzo; Pereira e Linsingen, 2000, p.26), ao analisar alguns aspectos do ensino de engenharia brasileiro do século XIX, constata que o mundo intelectual de então era organizado sob a égide do positivismo, que trata do saber³⁴ científico como instância última e necessária para as pretensões intelectuais da espécie humana.

De acordo com Morosini e Franco (2001), a Escola de Engenharia de Porto Alegre atravessou diversas fases. A primeira fase ocorreu de 1897 a

³² No entanto a percepção é um processo psicológico e, portanto, não epistemológico.

³³ Na concepção positivista, mente e corpo são aspectos duais do homem. O aprendiz deve ficar quieto para dar lugar a atividade mental necessária ao seu aprendizado (LODER 2002, p. 51).

³⁴ No entanto, o saber por ser empírico e cultural se sustenta na espontaneidade, portanto leva a problemas de aprendizagem. Enquanto o conhecimento científico se constrói a partir da objetividade (realidade).

1906, e foi denominada de primordial e de consolidação. Nesta fase foram implantados os cursos de Agrimensura, de Engenharia de Estradas e de Engenharia Civil. A segunda fase ocorreu de 1906 a 1911, chamada de primeira fase de expansão. Foram criados: o Instituto Técnico Profissional, o Instituto Astronômico e o Meteorológico, o Instituto Eletrotécnico e o Instituto Agrônomo e Veterinário. Entre 1911 e 1917 ocorreu nova fase de consolidação. E por último, entre 1917 e 1921, ocorre a fase de extensão do ensino técnico-profissional elementar e médio. Nesta última fase ocorre: a estratificação do ensino em vários níveis (superior, médio e elementar); a interiorização do ensino; e a seleção e promoção de novos talentos oriundos das camadas sociais de menor poder econômico. Em 1922, a Escola de Engenharia de Porto Alegre recebe o nome de Universidade Técnica do Rio Grande do Sul. Em 1934, junto a outras unidades é criada a Universidade de Porto Alegre e, em 1950 recebe o nome de Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Em todo esse período a Geometria Descritiva foi ensinada nos cursos superiores já citados nos parágrafos anteriores, e na maioria dos cursos de engenharia criados na UFRGS. O conteúdo da disciplina alterou-se muito pouco desde a sua introdução desde o início do século passado até a data presente. Esta afirmação se verifica ao examinar o programa do curso de engenharia civil de 1912, onde consta o conteúdo da disciplina Geometria Descritiva para aquele ano conforme o documento apresentado no Anexo 3.

Neste programa, a disciplina “Geometria Descritiva – Planos cotados” englobava todo o conteúdo das atuais ARQ-03317 (Geometria Descritiva II-A) e ARQ-03320 (Geometria Descritiva III) e mais alguns assuntos que foram retirados dos programas atuais, tais como: representação de poliedros; planos tangentes as superfícies. Esta pequena redução de conteúdo ocorreu com uma expressiva redução de carga horária, das anteriores 90 horas-aula em uma disciplina única para todos os cursos, passou-se a 60 horas-aula em duas disciplinas de 30 horas-aula, sendo que alguns cursos só desenvolvem a primeira disciplina (ARQ-03317).

Assim, considerando o escopo desta pesquisa, pode-se dizer que no início do século XXI, no Brasil, é possível observar os reflexos que os

elementos constitutivos da história passada têm sobre o presente, configurando uma porção da realidade social construída pelo homem, que ainda estão presentes, e de certa forma, determinam situações do futuro.

Bazzo, Pereira e Linsingen (2000, p.23) afirmam que existe uma posição arraigada de considerar natural e necessária a forma como são tratados os conhecimentos nas escolas de engenharia. Entretanto, os estudos históricos no plano pedagógico mostram que a hierarquização dos programas, a separação e seqüenciamento de classes por progressão nos estudos, a avaliação regular dos conteúdos, a quantificação dos níveis de aprendizado, a temporização dos momentos de ensino foram, lenta e gradualmente, criados e implantados nessas escolas, em resposta as necessidades sociais em cada momento histórico. A ordenação dos tempos e a divisão dos espaços tornam a prática de ensino particionada e hierarquizada.

Segundo Bazzo, Pereira e Linsingen (2000, p.24-25), o sistema de quantificação dos níveis de aprendizado, o modelo de relação professor-aluno e a organização do espaço de sala de aula são reflexos no arcabouço teórico do ensino técnico no Brasil, que sofreu forte influência do ensino técnico francês. A hierarquização existente no ensino de engenharia no Brasil, pela divisão em dois ciclos: o básico e o profissionalizante; e o seqüenciamento rígido e linear de pré-requisitos entre as disciplinas, é também uma contribuição herdada dos jesuítas do século XVI. Ao observarem diferenças entre os adultos e os adolescentes, os jesuítas consideravam que estes seriam mais maleáveis e por isso deveriam ser socializados para fazerem parte do mundo dos adultos. Desta forma, este novo ordenamento social introduz, nas escolas, o estabelecimento de patamares progressivos distribuídos aproximadamente por faixas etárias.

Juntamente a estes aspectos acima mencionados, a marcação do tempo independente dos ritmos naturais e a sua medição contribuíram para o controle dos alunos e dos espaços escolares. Esta racionalização se estendeu à capacidade de compreensão e reprodução de conhecimentos precisos em tempos e prazos pré-estabelecidos. Assim, se determina o controle dos rituais escolares, através da medição dos tempos de estudos, a temporização dos

ritmos de aprendizagem, a sincronização de afazeres discentes, e finalmente, os critérios de avaliação (Bazzo, Pereira e Linsingen, 2000, p.25).

De acordo com Anastasiou (1998, p.18), a influência jesuítica e francesa sobre os processos pedagógicos e de formação profissional utilizadas no ensino superior brasileiro, quando de sua implantação na época do Brasil colônia, é observada até hoje através das práticas e concepções metodológicas utilizadas nas universidades brasileiras.

No contexto atual, Bazzo, Pereira e Linsingen (2000, p.37) consideram que a formação do conhecimento científico-tecnológico e apropriação deste conhecimento, baseadas numa concepção empirista-positivista, não serve mais como fundamentação para a prática pedagógica, também empirista, na formação do engenheiro do futuro.

Para Demo (1999, p.29, 37-38), a capacidade de aprender de modo permanente e reconstrutivo deve fazer parte do perfil do profissional do futuro. Este modo de aprender significa reconstruir conhecimento com qualidade formal e política. Uma reconstrução que aponta para a maneira crítica e criativa de manejar conhecimento (qualidade formal) e cidadania para a necessidade de saber o que fazer com o conhecimento (qualidade política). Estas duas qualidades na aprendizagem fazem gerar autonomia.

Demo (1999, p.41) aponta várias razões pelas quais a formação do profissional atual está ultrapassada, entre elas:

- o profissional realiza uma aprendizagem por repetição, típica de uma abordagem tradicional de ensino, ao invés de ser orientado a aprender a aprender e saber pensar;
- o profissional não exercita as habilidades básicas de aprendizagem permanente (saber pensar), prevalecendo o domínio de conteúdos;
- o profissional não é preparado para recorrer a pesquisa como ambiente de aprendizagem e renovação profissional;

Desta forma, coloca-se como fundamental no processo de formação do engenheiro rever as metodologias de ensino utilizadas nas disciplinas do curso

de graduação. Pois, estas têm relação com o processo de aprendizagem do aluno.

Portanto, em decorrência do exposto acima, e da fundamentação teórica desenvolvida no Capítulo 2, verifica-se a necessidade de se analisar o contexto em que se desenvolve a disciplina ARQ-03320 – Geometria Descritiva III para fins de identificar sob qual abordagem metodológica de ensino esta disciplina se sustenta.

3.2 A METODOLOGIA DE ENSINO DA GEOMETRIA DESCRITIVA DA UFRGS

A Geometria Descritiva, apesar de apresentar uma longa história nos currículos de formação superior em engenharia e áreas afins, disponibiliza poucos documentos relativos à metodologia de ensino empregada para o desenvolvimento desta disciplina. Em geral, estes documentos referem-se a citações em livros sobre a Geometria Descritiva, relatórios das atividades desenvolvidas nos cursos de graduação, alguns trabalhos científicos (teses e dissertações) e, mais especificamente, os planos de ensino. Portanto, com base na metodologia utilizada por Berbel (1994, p.72), a metodologia de ensino pode ser mapeada a partir dos elementos do plano de ensino de uma disciplina. Nesse sentido, será tomado como objeto de análise o plano de ensino da disciplina ARQ-03320 – Geometria Descritiva III, do Departamento de Expressão Gráfica da UFRGS, estabelecido para o ano letivo de 2002. Este será apresentado a seguir.

3.2.1 O plano de ensino da disciplina ARQ-03320 – Geometria Descritiva III

Carga horária semanal: 02 horas, semestral: 30 horas, créditos: 02.

Pré-requisitos: ARQ-03317 – Geometria Descritiva II-A.

- Súmula: Reforço das técnicas de resolução de problemas tridimensionais para aplicação na geração e estudo das superfícies geométricas, interseções e planificações.

- Objetivos gerais: Desenvolver a capacidade de representar, visualizar e resolver graficamente problemas envolvendo superfícies.
- Objetivos específicos: Desenvolver a capacidade de identificar os elementos tridimensionais representados em épura; Entender a posição de observação ao projetar em vistas ortográficas, bem como as porções visíveis e invisíveis das superfícies; Tornar o aluno apto a resolver problemas envolvendo superfícies.
- Programa da disciplina:
 - Introdução: relembrar os sistemas projetivos e seus conceitos;
 - Geração e representação mongeana das superfícies: superfícies poliédricas, superfícies retilíneas desenvolvíveis, superfícies retilíneas reversas, superfícies de revolução e superfícies helicoidais;
 - Interseções: reta e superfície, plano e superfície e entre superfícies;
 - Planificação: superfícies desenvolvíveis, superfícies reversas (planificação aproximada).
- Procedimentos didáticos: aulas teórico-práticas, compostas de exposição teórica, explorando conceitos e aplicação destes conceitos em trabalhos práticos.
- Bibliografia básica:
 - MACHADO, A. **Geometria Descritiva**: teoria e exercícios. 26 ed. rev. São Paulo: Projeto, 1986.
 - DI PIETRO, D. **Geometria Descritiva**. Buenos Aires: Alsina, 1977.
 - RODRIGUES, A. J. **Geometria Descritiva**. 6 ed. ver. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1964.
 - WELLMAN, L. B. **Geometria Descritiva**. Barcelona: Editorial Reverte S.A., 1987.

3.2.2 Análise do plano de ensino da ARQ-03320

A disciplina ARQ-03320 – Geometria Descritiva III, trata do estudo das superfícies geométricas. O plano de ensino desta disciplina, apresentado anteriormente, explicita uma estruturação obtida a partir do processo de planejamento de ensino segundo uma abordagem comportamentalista. Estão presentes nesta estrutura, as etapas previstas no fluxograma da Figura 4 (item 2.5.1), no que se refere as fases de preparação e de desenvolvimento. A forma como a estrutura é apresentada não revela a observância das etapas relativas ao conhecimento da realidade, que precede a determinação dos objetivos. O mesmo acontece com a fase de aperfeiçoamento, a qual permitiria replanejar a estrutura a partir de uma avaliação. A inobservância destas etapas sugere que o plano é dado como algo pronto, imutável e definitivo, servindo de roteiro a ser seguido no processo de ensino, durante um período letivo. Desta forma, qualquer reformulação ou modificação desta estrutura, em função das condições encontradas e também da avaliação durante o processo, somente poderia ocorrer no término do período.

Quanto aos elementos que compõem o plano de ensino, verifica-se no plano desta disciplina a exigência de um pré-requisito. Trata-se da disciplina ARQ-03317 – Geometria Descritiva II-A, que em conjunto com a disciplina ARQ-03320, forma o bloco conceitual da Geometria Descritiva. Este pré-requisito traz para o estudo das superfícies geométricas, todos os conhecimentos prévios necessários, relativos aos conceitos básicos de sistemas projetivos, elementos geométricos e os métodos utilizados nas operações gráficas. Portanto, cabe aqui, buscar do plano de ensino da ARQ-03317 (Anexo 2), os conteúdos programáticos desta disciplina, analisando-os com relação a forma de organização e o desenvolvimento dos mesmos em sala de aula.

3.2.2.1 Os conteúdos prévios para a ARQ-03320

A disciplina ARQ-03317 oferece a base teórica para o desenvolvimento do estudo das superfícies geométricas (ARQ-03320), abrangendo os seguintes conteúdos programáticos:

- introdução: histórico da Geometria Descritiva, suas aplicações no desenho técnico;
- sistemas projetivos: conceitos, principais sistemas projetivos de representação e suas aplicações;
- representação mongeana: do ponto, da reta e do plano;
- posições relativas entre os elementos estudados: pertinência, paralelismo, perpendicularismo, distância e interseções;
- vistas auxiliares: simples e múltiplas, utilizando mudança dos planos de projeção, rotação e rebatimento;
- alçamento: representação de elementos contidos no plano e de segmentos contidos em retas oblíquas.

Nesta disciplina verifica-se, de forma explícita, a grande influência do método axiomático de Hilbert, que estabelece o ponto, a reta e o plano como seus três elementos (entes) geométricos primitivos³⁵, como também as relações entre estes elementos, que são: pertencer (sobre); estar situado (entre, paralelo a); e congruente. Em seguida Hilbert enumera um conjunto de 21 axiomas³⁶, que devem ser obedecidos por estes entes e suas relações “imaginárias”. Ao imaginar estes entes e relações, Hilbert dissociou a geometria da experiência real (MACIEL 1994, p.28).

Assim, a concepção de Hilbert estabelece na geometria o método axiomático formal. Neste, os axiomas constituem os fundamentos por meio dos quais todos os teoremas da geometria de Euclides podem ser provados. Estes teoremas são obtidos a partir dos axiomas, que são aceitos sem prova, e demonstrados exclusivamente com princípios de lógica. Enquanto a geometria em Euclides elimina procedimentos experimentais e cria uma mediação de

³⁵ Estes elementos são ditos primitivos porque são aceitos sem definição. Os termos primitivos são “implicitamente” definidos pelos axiomas. Enquanto, para Euclides as definições eram: “ponto é aquilo que não tem partes” e “reta é um comprimento sem largura”. Segundo EVES (1997, p.656), do ponto de vista lógico são definições inadequadas. É na questão dos conceitos primitivos que reside uma das distinções entre a concepção grega e a concepção moderna do método axiomático. Para os gregos a geometria não se tratava de um estudo abstrato, mas de uma tentativa de análise lógica do espaço físico idealizado. O espaço corresponde ao lugar onde os objetos podiam se mover livremente.

³⁶ Os axiomas são os princípios gerais que encerram as noções aceitas como fundamentais (GOULART 2002, p.34).

leitura do real com os elementos geométricos e suas propriedades (figuras geométricas), a geometria em Hilbert, por sua vez, elimina as figuras geométricas e estabelece a axiomática na geometria (GOULART 2002, p.39-40).

Segundo Pinheiro (1977), o estudo da Geometria Descritiva requer uma base de conhecimento da geometria elementar a duas e três dimensões. Desta forma, o uso de definições, conceitos e propriedades impõe uma ordenação dedutiva para o estudo desta disciplina. Também, Montenegro (1991, p.5) ressalta que o ensino da Geometria Descritiva é, na maioria das vezes, centrado na terminologia correta e na axiomática, como estrutura dedutiva da geometria. Através destas constatações, fica confirmada a base axiomática que sustenta a metodologia de ensino da Geometria Descritiva.

Para representar o sistema projetivo (elementos e relações entre estes) no estudo da Geometria Descritiva é utilizada a notação cremoniana³⁷. Onde: pontos, retas e planos são designados, respectivamente, por letras maiúsculas latinas (A, B, C...), minúsculas latinas (r, s, t...) e minúsculas gregas (α , β , χ ...) (LACOURT 1995, p.14).

A notação utilizada por Hilbert, também identifica três sistemas distintos de coisas: o primeiro sistema composto de pontos; o segundo composto por retas; e o terceiro composto por planos. Todos os sistemas são designados da mesma forma como estabelecido por Cremona. Os pontos são chamados elementos da geometria linear, as retas e os pontos são elementos da geometria plana, e as retas e os planos são elementos da geometria do espaço ou elementos do espaço.

A geometria plana e a do espaço se baseiam nos 21 axiomas, que são divididos em cinco grupos, em função das noções fundamentais que estes encerram: os axiomas de conexão estabelecem uma relação entre os conceitos de ponto, reta e plano, referindo-se à geometria projetiva (são sete axiomas); os axiomas de ordem estabelecem o sentido da palavra “entre”, caracterizando-se como axiomas topológicos (são cinco axiomas); um axioma das paralelas; os axiomas de congruência, pertencem à geometria métrica e

³⁷ Luigi Cremona (1830-1903), geômetra italiano.

tratam da noção de igualdade geométrica e movimento (são seis axiomas); um axioma de continuidade; e um axioma de completude (GOULART 2002, p.34-35)

Muito destes axiomas são usados, correntemente, nas aulas de geometria descritiva, considerando que o aluno já tenha um conhecimento prévio que o auxilie na compreensão do objeto geométrico, na condição de existência destes objetos e no próprio estudo da geometria. Os raciocínios e demonstrações do professor mesmo auxiliadas por figuras construídas ou analisadas, para que a demonstração seja aceita como verdadeira, não conseguem inserir o aluno no processo de ensino-aprendizagem. No caso da geometria descritiva, estas figuras são as épuras³⁸, que apesar de serem representativas do objeto, pois são as projeções mongeanas do mesmo, muitas vezes não se constituem em uma informação com significado para o aluno.

A seguir, com referência em Goulart (2002, p.35-39), são apresentados os axiomas mais utilizados em sala de aula para o ensino da ARQ-03317.

Os primeiros axiomas se referem à geometria projetiva e pertencem ao grupo I – dos axiomas de conexão. Estes estabelecem a conexão entre os conceitos dos elementos (entes) primitivos: ponto; reta; e plano. Definem implicitamente a idéia do termo primitivo, “estão situados”, estabelecendo a relação entre estes elementos.

I.1 – Dois pontos distintos A e B determinam sempre uma reta.

Escreve-se $AB = a$ ou $BA = a$.

Ao invés do termo “determinar”, pode-se usar outras expressões: A “está em” a ; A “é um ponto de” a ; a “passa por” A “e por” B ; a “une” A “com” B . Se A está em a e em outra reta diferente b , pode-se utilizar a expressão: “as retas a e b têm um ponto A em comum”.

I.2 – Dois pontos distintos quaisquer de uma reta determinam essa mesma reta, isto é, se $AB = a$ e $AC = a$, onde $B \neq C$ então $BC = a$.

³⁸ Épura é uma figura plana que apresenta as projeções de um objeto. Estas projeções são obtidas a partir do método mongeano, que assegura a univocidade da correspondência objeto-imagem.

I.3 – Três pontos **A**, **B**, **C** não situados na mesma reta determinam sempre um plano α . Escreve-se $\mathbf{ABC} = \alpha$.

Pode-se empregar também as expressões **A**, **B**, **C** “está em” α ou **A**, **B**, **C** “são pontos de” α .

I.4 – Três pontos quaisquer **A**, **B**, **C** de um plano α que não estão sobre a mesma reta determinam esse mesmo plano α .

I.5 – Se dois pontos **A**, **B** de uma reta **a** se situam em um plano α , então todo ponto de **a** se situa em α .

I.6 – Se dois planos α , β têm um ponto **A** em comum, então eles têm ao menos um segundo ponto **B** em comum.

I.7 – Sobre toda linha reta existem ao menos dois pontos, em todo plano existem ao menos três pontos que não se situam sobre a mesma reta, e no espaço existem ao menos quatro pontos não situados sobre o plano.

O grupo **II** – dos axiomas de ordem. Definem implicitamente a idéia do termo primitivo “entre” e, possibilita por meio deste conceito o “ordenamento” de pontos em uma reta e de retas no espaço. Estes axiomas asseguram a existência de um número infinito de pontos em uma reta, e que a reta não termina em nenhum ponto. A seguir alguns destes axiomas são apresentados.

II.1 – Se **A**, **B** e **C** são pontos de uma reta, e **B** situa-se entre **C** e **A**, então **B** está entre **C** e **A**.

II.2 – Se **A** e **C** são pontos de uma reta então existe sempre um ponto **B** entre **A** e **C**, e existe sempre um ponto **D** tal que **C** está entre **A** e **D**.

II.5 – Sejam **A**, **B**, **C** três pontos não situados na mesma linha reta e seja uma linha situada no plano \mathbf{ABC} e não passando através de qualquer dos pontos **A**, **B**, **C**. Então, se a linha reta **a** passa através de um ponto do segmento **AB**, ela também passará através de um ponto do segmento **BC** ou de um ponto do segmento **AC**.

III – O axioma das paralelas. Este axioma equivale ao postulado das paralelas de Euclides.

III.1 – Em um plano α , pode-se traçar por um ponto **A** situado fora de uma linha reta **a** uma e apenas uma linha reta, que não intercepta a dada linha reta **a**. Esta linha é chamada paralela a **a** através do ponto **A**.

Na ARQ-03317 os axiomas de ordem são utilizados no estudo de pertinência de ponto a reta, de ponto a plano e de reta a plano. Assim como, o axioma das paralelas é utilizado tanto na determinação de um plano obtido da situação de uma reta e um ponto situado fora dela, ou de duas retas paralelas. Como, também, no estudo do paralelismo entre retas.

3.2.2.2 Os objetivos

Com relação aos objetivos apresentados no plano de ensino, verifica-se que estes estão divididos em dois níveis: gerais e específicos. Os objetivos gerais do plano de ensino pretendem desenvolver a capacidade (de representar e resolver problemas graficamente, de entender o que está sendo representado nas projeções ortográficas). Estes objetivos pertencem ao domínio cognitivo, estando, segundo Bloom *et al* (1972, p.4-6), relacionados ao conhecimento e habilidades intelectuais.

Os objetivos específicos são na maioria, também, cognitivos. Seguindo o mesmo padrão dos objetivos gerais. Com relação ao domínio psicomotor (Taxionomia de Bloom), esta disciplina considera que os alunos já possuam habilidades de trabalhar com instrumentos básicos de desenho. Uma vez que, a ARQ-03317 apresenta como objetivo específico: treinar o aluno no uso de instrumentos básicos de desenho. No entanto, pode-se dizer que isto poderia ser uma atividade proposta, pois o objetivo que deve ser alcançado e avaliado não está determinado. Qual é o objetivo desta atividade? O aluno deve traçar linhas paralelas e perpendiculares com o auxílio dos instrumentos convencionais de desenho (jogo de esquadros e compasso). O traçado destas linhas é necessário para a representação e resolução de problemas gráficos que utilizam projeções cilíndrico-ortogonais.

Outro aspecto a ser apontado a partir dos objetivos determinados no plano de ensino refere-se aos verbos que são utilizados na sua descrição. Nos objetivos gerais admite-se o uso de verbos passíveis de muitas interpretações,

pois neste nível os objetivos são mais amplos (como exemplo: desenvolver, entender, compreender, etc.). Porém, ao descrever os objetivos específicos deve-se ter o cuidado de utilizar verbos que se relacionam com aprendizagens que podem ser evidenciadas pelo desempenho do aluno (como exemplo: marcar, identificar, classificar, relacionar, determinar, etc.), devendo explicitar objetivos observáveis e mensuráveis (ENRICONE *et al* 1998, p.72-73).

3.2.2.3 Os conteúdos

Após a determinação dos objetivos é apresentado o programa da disciplina. No processo de planejamento de ensino, numa abordagem comportamentalista, corresponde à etapa de seleção e a organização dos conteúdos que devem ser trabalhados para consecução dos objetivos (ENRICONE *et al* 1998, p. 34-35). O programa apresenta os conteúdos numa disposição encadeada e hierarquizada, visando uma seqüência gradual de dificuldades. Corresponde a uma seqüência tipicamente linear que trata de conteúdos fragmentados, estudados separadamente para depois serem trabalhos juntos através de suas aplicações em exercícios. Portanto, segue uma direção de apresentação dos conteúdos do simples para o complexo, influência herdada do ensino jesuítico e do positivismo, conforme visto no processo histórico do ensino da Geometria Descritiva, item 3.1 deste trabalho.

A ARQ-03320, como já comentado, trata do estudo das superfícies geométricas. Em Geometria Descritiva a superfície é considerada como o conjunto de todas as posições consecutivas de uma determinada linha (geratriz) que se move no espaço, de forma a facilitar as construções gráficas. Na representação de uma superfície somente o traçado de algumas de suas posições é suficiente. Como a geração da superfície é obtida por este movimento contínuo, elas são chamadas de superfícies cinemáticas. Portanto, a superfície cinemática representa o lugar geométrico das linhas que se movem no espaço seguindo uma determinada lei (GORDON e SEMENTSOV-OGUIYEVSKI 1973, p.193).

Os conteúdos da disciplina ARQ-03320 abrangem desde a geração e representação mongeana das superfícies geométricas, a pertinência das linhas geratrizes com o respectivo estudo de visibilidade, a interseção destas

superfícies com os elementos geométricos (reta e plano) estudados na ARQ-03317, e a planificação das superfícies possíveis de serem planificadas, utilizando os métodos gráficos, também estudados na disciplina pré-requisito. A organização destes conteúdos segue, na maioria das vezes, a ordem: geração e representação das superfícies, interseções e planificação. Sendo o programa da disciplina dividido em duas sub-áreas: a primeira compreende o estudo das superfícies retilíneas desenvolvíveis (prismáticas, cilíndricas, piramidais e cônicas) e as superfícies retilíneas reversas; e a segunda compreende o estudo das superfícies de revolução e helicoidais.

3.2.2.4 Os procedimentos de ensino

Os procedimentos de ensino adotados consistem na utilização da comunicação verbal (oral ou escrita), apresentação de ilustrações principalmente com o auxílio do quadro-negro, ou seja, são procedimentos que caracterizam a aula expositiva. Esta maneira de organizar o ensino: a exposição teórica, a exploração de conceitos e a aplicação destes conceitos em trabalhos práticos tende a utilizar técnicas de ensino individualizado, como: a observação, a leitura, a resolução de problemas, etc. Não são previstas técnicas de ensino em grupo. Os recursos ou materiais didáticos ficam limitados pelos procedimentos de ensino adotados. Como se pode observar no plano de ensino da ARQ-03317 (Anexo 2), os procedimentos de ensino são os mesmos.

3.2.2.5 A avaliação

Nesta etapa do planejamento de ensino faz-se a seleção dos procedimentos de avaliação (técnicas, instrumentos e recursos) em função dos objetivos de aprendizagem estabelecidos, dos conteúdos programáticos e dos procedimentos de ensino. No plano de ensino da disciplina ARQ-03320, a avaliação prevista é individual, consistindo de duas provas, com possibilidade de recuperação ou exame no final da disciplina. Como visto no item 2.5.1, a avaliação do processo ensino-aprendizagem pode ter função de: diagnóstico, controle e classificação. De acordo com o Quadro 12 do Anexo 1, considerando os objetivos do domínio cognitivo, a técnica de testagem que utiliza testes

como instrumento ou recurso é adequada para as modalidades de avaliação diagnóstica e somativa. No caso desta disciplina, o desempenho do aluno com relação aos objetivos de aprendizagem é verificado, principalmente, através da resolução de problemas em provas.

3.2.3 Constatações a partir da análise do plano de ensino da ARQ-03320

No item anterior procedeu-se a uma análise do plano de ensino da disciplina ARQ-03320 – Geometria Descritiva III com o objetivo de identificar a metodologia de ensino utilizada e, conseqüentemente, a concepção pedagógica na qual se sustenta.

A partir desta análise, constata-se que a estrutura do plano de ensino da ARQ-03320, bem como da disciplina pré-requisito (ARQ-03317), evidencia uma metodologia de ensino que segue uma abordagem comportamentalista conforme o item 2.5.1 deste trabalho. Esta abordagem tem uma concepção pedagógica diretiva, que tem fundamentação epistemológica no empirismo, conforme tratado no item 2.2.1. Esta é a base teórico-metodológica utilizada no bloco conceitual da Geometria Descritiva, formado por estas duas disciplinas.

Também da análise do plano de ensino, observa-se a influência do modelo jesuítico através das características no processo ensino-aprendizagem, tais como: o conhecimento tomado como algo posto, indiscutível, pronto e acabado; o professor como transmissor deste conhecimento; a memorização como operação essencial do processo de aprendizagem e recurso básico de ensino; o modelo de exposição (aula expositiva – preleção) seguido da execução de exercícios pelos alunos; a avaliação; a emulação; o controle rígido; o pré-estabelecimento de regras para a disciplina; a hierarquia da organização dos estudos. O processo histórico do ensino da Geometria Descritiva mostra que este segue uma abordagem tradicional, resultante de uma prática educativa e na sua transmissão através dos anos.

O plano de ensino da disciplina ARQ-03320 – Geometria Descritiva III apresenta a necessidade de conhecimentos prévios para o estudo das superfícies geométricas. Estes conhecimentos provêm da disciplina ARQ-03317 – Geometria Descritiva II-A. Conforme visto, o uso de definições,

conceitos e propriedades impõe uma ordenação dedutiva para o estudo desta disciplina. Esta estrutura dedutiva está centrada na terminologia correta e na axiomática. Por sua vez, a axiomática trata-se de uma verdade lógica formal estabelecida pela coerência lógica e interna das idéias, que em cadeia formam um raciocínio. Além da obediência as regras e princípios relacionados aos elementos (entes) geométricos, ela indica os procedimentos empregados, que no caso da Geometria Descritiva fica explicitado através da seqüenciação linear dos conteúdos programáticos (estudo do ponto, da reta e do plano) e dos axiomas utilizados (principalmente: de conexão, de ordem e das paralelas).

A fundamentação axiomática desta disciplina pode trazer algumas dificuldades com relação à aprendizagem dos conceitos básicos da Geometria Descritiva. Uma vez que, os axiomas, por seguirem princípios lógicos, são aceitos sem a devida comprovação. Aliada a esta fundamentação considera-se que o aluno já possua uma base teórica que o auxilie na compreensão do objeto geométrico, na condição de existência deste objeto e no estudo da própria geometria. Os raciocínios e demonstrações mesmo auxiliadas por figuras construídas (épuras) são de difícil entendimento para o aluno, quando este não dispõe do objeto para análise (pois dispõe apenas de uma representação deste).

Com relação aos procedimentos utilizados no ensino da ARQ-03320 (como também da ARQ-03317), estes caracterizam uma aula expositiva, com a utilização da comunicação verbal e do quadro-negro para as representações em é pura. A organização do ensino consiste em exposição teórica, exploração de conceitos e aplicação destes na resolução de problemas. Portanto, na abordagem tradicional o ensino da Geometria Descritiva se desenvolve segundo um raciocínio dedutivo, fazendo com que o aluno a partir da percepção³⁹ das projeções planas do objeto (é pura), o imagine⁴⁰ tridimensionalmente, para resolver os problemas relacionados a este objeto. Como pode ser observado na Figura 7, o aluno a partir das projeções

³⁹ Percepção é um processo psicológico primário de relação com o mundo, os objetos e as coisas, estando sujeito a materialidade.

⁴⁰ Imaginação é um processo psicológico primário de relação com o mundo, os objetos e as coisas, não estando sujeita a materialidade, mas a espontaneidade da consciência do aluno.

mongeanas de uma superfície de revolução deve ser capaz de construir o objeto tridimensionalmente. Porém, pela complexidade da superfície e pela falta de recursos materiais indicativos do objeto, esta operação torna-se de difícil entendimento para o aluno.

Na abordagem tradicional do ensino da Geometria Descritiva, os processos psicológicos primários envolvidos se referem à percepção e a imaginação. Na percepção o objeto é o que se apresenta ao sujeito (uma aparência), no caso o objeto está representado na forma bidimensional por suas projeções mongeanas (épura), materialmente o objeto está ausente. Para compreender este objeto em sua forma tridimensional o aluno tem esta percepção sustentada por uma razão (axiomática). Então, é na imaginação, que implica uma relação entre a consciência imaginante e o objeto em imagem, que o aluno forma o objeto que entendeu. Assim, o “objeto em imagem” sendo regido pela espontaneidade da consciência do aluno, permite mudanças neste objeto que não se sustentariam materialmente (caso o objeto estivesse presente). Segundo Silva, H. (2002, p.13), estas mudanças possibilitadas pela imaginação admitem inúmeras degradações do saber do objeto, como perfis passíveis de investigação associados a estruturação de fundamentações empíricas e metafísicas.

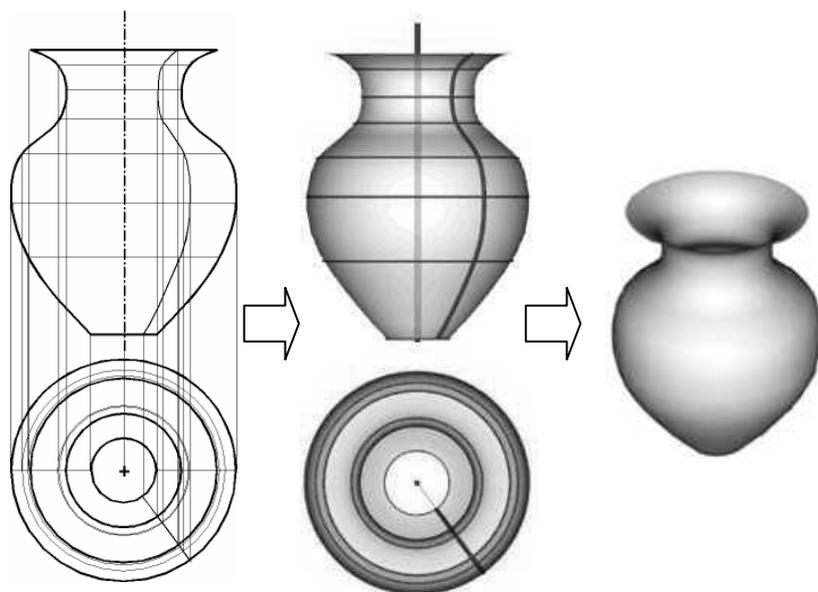


Figura 7 – Ensino tradicional: o aluno imagina o objeto a partir das projeções.
Fonte: SILVA, R. SILVA, T. e TEIXEIRA (2001).

Deste modo, as inconsistências do ensino da Geometria Descritiva podem estar relacionadas tanto à fundamentação axiomática, quanto à ausência do objeto em análise.

3.2.4 Principais equívocos cometidos pelos alunos

Esta etapa da investigação foi realizada através de pesquisa documental junto as provas de três turmas da disciplina ARQ-03320 – Geometria Descritiva III (turmas B, C e D) que foram desenvolvidas pelos alunos destas turmas, no primeiro semestre do ano de 1998. Conforme o plano de ensino desta disciplina são realizadas duas provas por semestre, totalizando nesta análise seis provas, que são apresentadas no Apêndice 1.

O ano de 1998 foi escolhido porque a partir do ano seguinte, o ambiente de aprendizagem em Geometria Descritiva (HyperCAL^{GD}), que começou a ser utilizado, de forma experimental, em algumas turmas desta disciplina, que eram lecionadas por professores desenvolvedores deste ambiente hipermídia. Logo, estas turmas são representativas da metodologia de ensino tradicional que ainda é utilizada na disciplina, a partir das quais se pretende analisar as inconsistências do ensino. As referidas turmas eram de responsabilidade do autor desta pesquisa e compostas por alunos dos cursos de engenharia civil, mecânica e de minas, da UFRGS.

Para determinar quais provas seriam analisadas, foi adotado como critério a nota obtida pelo aluno nas provas. Sendo esta nota menor ou igual a 7,0 (sete), de maneira a alcançar uma abrangência maior de análise. Desta forma, o Quadro 6 apresenta o número de alunos que realizaram as provas e quantas destas foram analisadas, nas três turmas com as respectivas provas.

Quadro 6 – Total de alunos e provas analisadas por turma.

	Prova 1		Prova 2	
	Total de alunos	Provas analisadas	Total de alunos	Provas analisadas
Turma B	15	9	15	8
Turma C	13	11	13	3
Turma D	25	17	29	11
Total	53	37	57	22

Fonte: Provas dos alunos da ARQ-03320, turmas B, C e D, UFRGS, 1º semestre de 1998.

Nota: Organizado pelo autor.

Considerando o critério adotado para análise, obteve-se a seguinte amostra nas três turmas: na prova 1, de um total de 53 alunos que realizaram a prova, foram analisadas 37 provas; na prova 2, de um total de 57 alunos que realizaram a prova, 22 provas foram analisadas.

Ambas as provas compreendem questões de resolução de problemas sobre superfícies geométricas relacionadas ao conteúdo estudado no período anterior a prova, segundo o plano de ensino. Consistindo a primeira prova em três questões e a segunda prova em duas questões, conforme apresentadas no Apêndice 1.

A partir da análise das provas 1 e 2 foram categorizados os equívocos por prova e por questão. A categorização dos equívocos na prova 1:

- na questão 1, os equívocos estão relacionados a representação da superfície retilínea desenvolvível, determinação da interseção desta superfície com uma reta e correspondente visibilidade da reta;
- na questão 2, os equívocos estão relacionados com a representação da superfície retilínea reversa e a sua visibilidade; e
- na questão 3, os equívocos tem relação com a redução a porções planificáveis da superfície, determinação da verdadeira grandeza da porção anterior e a correspondente planificação.

O levantamento destes equívocos é apresentado no Apêndice 1 deste trabalho. As quantidades de equívocos em cada categoria destes, por questão na prova 1, por turma, são apresentadas no Quadro 7 a seguir.

Quadro 7 – Equívocos na prova 1 por turma.

Quantidade de equívocos na prova 1 / turma								
Prova 1	Questão 1			Questão 2		Questão 3		
Equívoco	Repres.	Interseç.	Visib. Int.	Repres.	Visib. Rep.	Redução	VG	Planif.
Turma B	5	9	9	7	8	4	5	5
Turma C	4	10	10	7	10	6	9	9
Turma D	2	10	15	8	12	8	14	16
Total	11	29	34	22	30	18	28	30

Fonte: Prova 1 da ARQ-03320, turmas B, C e D, UFRGS, 1º semestre de 1998.

Nota: Organizado pelo autor.

Considerando a prova 1, das 37 provas analisadas observaram-se na questão 1: 11 equívocos na representação da superfície retilínea desenvolvível; 29 equívocos na determinação da interseção desta superfície com uma reta; e 34 equívocos na visibilidade resultante desta interseção. Na questão 2, observaram-se: 22 equívocos na representação da superfície retilínea reversa e 30 equívocos na visibilidade desta representação. Na questão 3 foram observados: 18 equívocos relacionados com a redução a porções planificáveis da superfície; 28 equívocos na determinação da verdadeira grandeza da porção anterior; 30 equívocos na representação da planificação.

A categorização dos equívocos na prova 2:

- na questão 1, os equívocos estão relacionados a representação da superfície de revolução, determinação da interseção desta superfície com uma reta ou plano e correspondente visibilidade da interseção resultante; e
- na questão 2, os equívocos estão relacionados com a representação da superfície helicoidal e a sua visibilidade.

O levantamento destes equívocos é apresentado no Apêndice 1 deste trabalho. As quantidades de equívocos em cada categoria destes, por questão na prova 2, por turma, são apresentadas no Quadro 8 a seguir.

Quadro 8 – Equívocos na prova 2 por turma.

Quantidade de equívocos na prova 2 / turma					
Prova 2	Questão 1			Questão 2	
Equívoco	Repres.	Interseç.	Visibil.	Repres.	Visibil.
Turma B	2	6	7	7	8
Turma C	2	2	3	1	1
Turma D	5	8	11	8	10
Total	9	16	21	16	19

Fonte: Prova 2 da ARQ-03320, turmas B, C e D, UFRGS, 1º semestre de 1998.

Nota: Organizado pelo autor.

Considerando a prova 2, das 22 provas analisadas observaram-se na questão 1: 9 equívocos na representação da superfície de revolução; 16 equívocos na determinação da interseção desta superfície com uma reta ou

plano; e 21 equívocos na visibilidade da interseção resultante. Na questão 2: 16 equívocos relacionados com a representação da superfície helicoidal; e 19 equívocos na sua visibilidade.

Conforme consta no plano de ensino apresentado no item 3.2.1, a disciplina ARQ-03320 – Geometria Descritiva III tem como pré-requisito a disciplina ARQ-03317 – Geometria Descritiva II-A, que fornece a base teórica para o desenvolvimento do estudo das superfícies geométricas. Na análise realizada a partir destes conhecimentos prévios, no item 3.2.2.1, constatou-se que a metodologia de ensino da Geometria Descritiva tem uma fundamentação axiomática. Como visto, esta fundamentação pode trazer algumas dificuldades com relação à aprendizagem dos conceitos básicos da Geometria Descritiva.

Sendo assim, mediante a análise dos equívocos realizada para as provas 1 e 2 da disciplina ARQ-03320, verificou-se que muitos dos equívocos na categoria representação estavam relacionados aos conhecimentos prévios, oriundos da ARQ-03317 e alguns equívocos demonstraram uma carência de conhecimentos de desenho geométrico (no caso, construção de figuras planas). O levantamento destes equívocos é apresentado no Apêndice 1 deste trabalho. A seguir, os Quadros 9 e 10 apresentam os tipos de equívocos relacionados aos conteúdos da ARQ-03317 e quantidade ocorrida em cada questão das provas 1 e 2, por turma.

Quadro 9 – Equívocos relacionados aos conteúdos da ARQ-03317 na prova 1.

Quantidade de equívocos relacionados a ARQ-03317 na prova 1 / turma								
Prova 1	Questão 1			Questão 2			Questão 3	
Equívoco	Rep. pontos	Rep. figura plana	Rep. retas geratrizes	Rep. pontos	Rep. diretrizes	Rep. plano diretor	Rep. eixo de rotação	Det. VG da reta p/ rotação
Turma B	1	3	1	2	0	4	5	6
Turma C	0	1	3	0	5	4	7	9
Turma D	1	4	1	0	8	3	13	13
TOTAL	2	8	5	2	13	11	25	28

Fonte: Prova 1 da ARQ-03320, turmas B, C e D, UFRGS, 1º semestre de 1998.

Nota: Organizado pelo autor.

A partir dos Quadros 9 e 10 observa-se que ocorreram equívocos na representação de: pontos, retas (classificação/terminologia), planos

(classificação e terminologia) e eixos de rotação (retas). Estas representações são básicas para a Geometria Descritiva e são trabalhadas na disciplina ARQ-03317. Quanto a representação de figuras planas contidas em planos, também são necessários conhecimentos de desenho geométrico. No entanto, estes conhecimentos não são apresentados aos alunos nas disciplinas de Geometria Descritiva, pois não fazem parte do conteúdo programático destas disciplinas. Considera-se, então, que os alunos ao ingressarem nos cursos de engenharia, já tenham domínio desta base teórica.

Quadro 10 – Equívocos relacionados aos conteúdos da ARQ-03317 na prova 2.

Quantidade de equívocos relacionados a ARQ-03317 na prova 2 / turma					
Prova 2	Questão 1			Questão 2	
Equívoco	Rep. pontos	Rep. eixo de revolução	Rep.reta ou plano de inters.	Rep. pontos	Rep. eixo da superf. helicoidal
Turma B	1	1	1	1	0
Turma C	1	1	1	0	0
Turma D	1	1	2	3	3
TOTAL	3	3	4	4	3

Fonte: Prova 1 da ARQ-03320, turmas B, C e D, UFRGS, 1º semestre de 1998.

Nota: Organizado pelo autor.

Numa tentativa de melhorar as condições de ensino para a disciplina ARQ-03320 – Geometria Descritiva III, que trata do estudo das superfícies geométricas, o HyperCAL^{GD} foi introduzido no processo de ensino-aprendizagem desta disciplina, principalmente para auxiliar no entendimento das operações gráficas relacionadas às superfícies.

3.3 O HYPERCAL^{GD} NO ENSINO DA GEOMETRIA DESCRITIVA DA UFRGS

3.3.1 O HyperCAL^{GD}

O HyperCAL^{GD} trata-se de um ambiente hipermídia para a aprendizagem de Geometria Descritiva que vem sendo desenvolvido, desde 1999, por professores da UFRGS, que formam um grupo de pesquisa denominado NCA (Núcleo de Computação Gráfica Aplicada), no qual o autor da presente pesquisa faz parte.

O HyperCAL^{GD} foi desenvolvido com a tecnologia Html Help utilizando o software de desenvolvimento com Microsoft Html Help Workshop (WEXLER & FOSTER, 1998). O Html Help apresenta todas as vantagens da linguagem Html, como o uso de hipertexto, imagens, animações, realidade virtual (VRML⁴¹), associados a um sistema de navegação não linear e à velocidade de programas compilados e não interpretados, como é o Html tradicional. Tudo isto torna o Html Help uma ferramenta para a documentação eletrônica muito poderosa. A navegação não linear, garantida pelo hipertexto e pela barra de navegação, que apresenta todos os tópicos disponíveis de forma hierárquica, proporciona a cada aluno, ou usuário, uma maneira própria, individualizada de acessar os dados contidos no documento eletrônico. Os arquivos Html Help são programas executáveis e compilados onde arquivos gráficos e animações, que ficam encapsulados no arquivo do programa (*.chm), são compactados para reduzir o espaço em disco (SILVA, R., SILVA, T. e TEIXEIRA, 2001).

A Figura 8 apresenta a interface do ambiente de aprendizagem hipermídia para geometria descritiva construído em Html Help. Uma janela Html Help padrão contém uma barra de menus, uma barra de ferramentas, uma barra de navegação à esquerda e o conteúdo Html à direita.

⁴¹ VRML – Virtual Reality Modeling Language ou Linguagem de Modelamento em Realidade Virtual. É uma linguagem que permite modelar objetos e mundos tridimensionais interativos e/ou animados para a web ou qualquer sistema computacional.

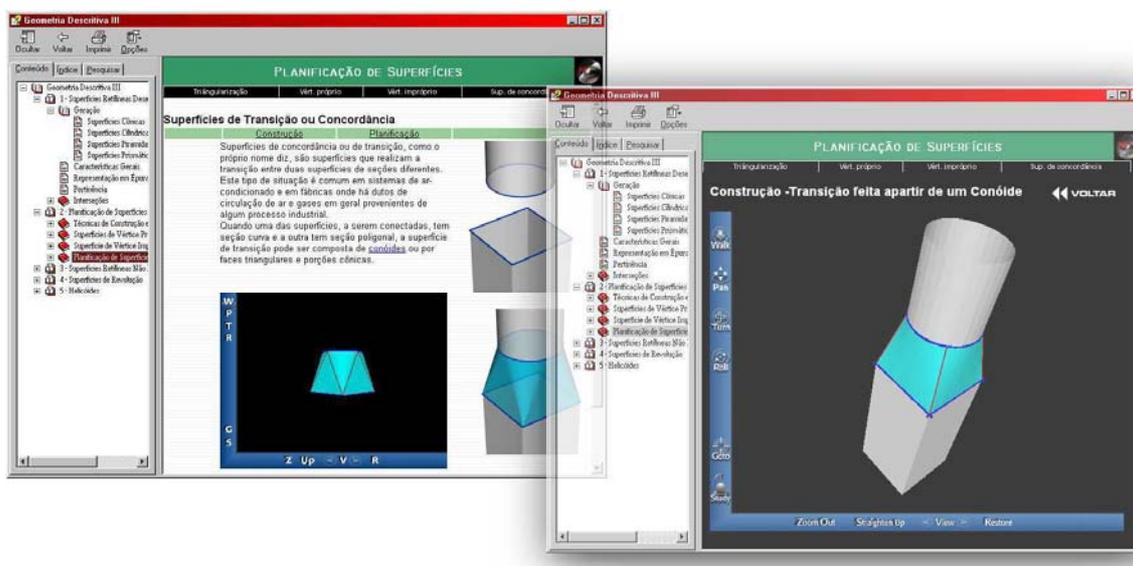


Figura 8 – A interface do HyperCAL^{GD}.
Fonte: SILVA, R. SILVA, T. e TEIXEIRA (2001).

3.3.2 A construção do HyperCAL^{GD}

O ambiente hipermídia para a aprendizagem de Geometria Descritiva iniciou com a transcrição do conteúdo de um livro sobre o estudo de superfícies, que estava sendo escrito pela mesma equipe de desenvolvimento do NCA. O livro não chegou a ser finalizado e editado, mas o ambiente computacional continua a ser desenvolvido. Os modelos em 3D gerados em um programa do tipo Computer Aided Design (CAD) foram utilizados tanto para criar as ilustrações do livro como para as ilustrações, animações e exemplos em realidade virtual do HyperCAL^{GD} (Figura 9).

O programa CAD empregado foi o Rhinoceros (BECKER & McNEEL, 1999) da Robert McNeel & Associates. Este programa, que trabalha com modelamento sólido e com superfícies do tipo Nurbs⁴², facilitou muito o processo de modelamento das superfícies utilizadas como exemplos no ambiente de aprendizagem. Outro programa utilizado foi o 3D Studio Max (PETERSON, 1998), da Autodesk, para realizar mapeamento de texturas, criar as animações e os modelos em VRML.

⁴² Nurbs – Non-Uniform Rational B-Splines. São superfícies não-uniformes que se diferenciam de outras superfícies pelo seu fundamento matemático e pela capacidade de ser calculada parcialmente.

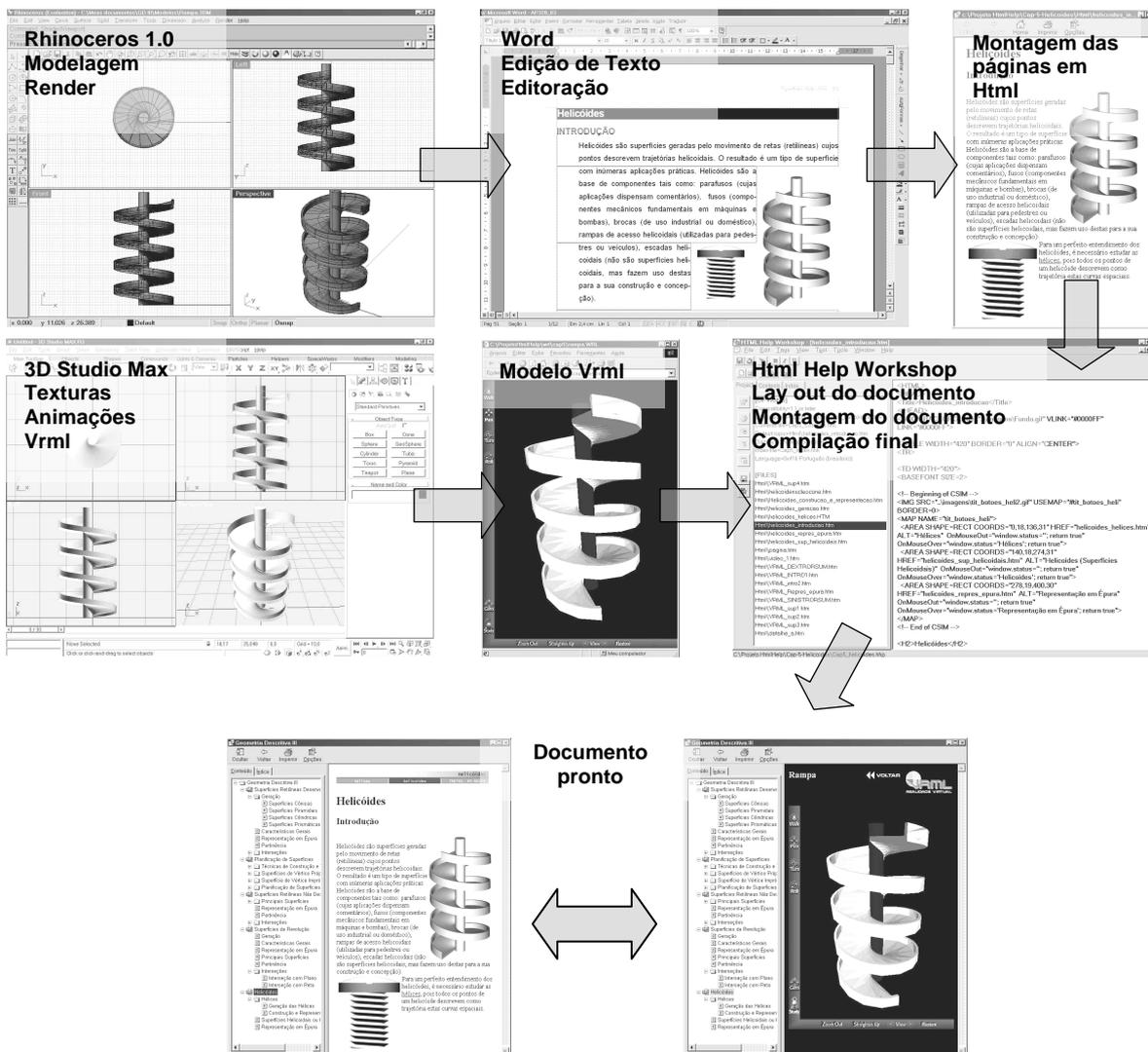


Figura 9 – O processo de construção do HyperCAL^{GD}.
 Fonte: SILVA, R. SILVA, T. e TEIXEIRA (2001).

As animações criadas são de dois tipos: vídeo não-interativo e VRML. As animações em vídeo não-interativo foram criadas no 3D Studio Max no padrão AVI e depois transformadas em GIFs animados, para reduzir o tamanho do arquivo, reduzindo também o tempo de carga das mesmas. As animações em VRML foram criadas diretamente com o 3D Studio Max e permitem que o usuário navegue entre os objetos em quanto os mesmos se movem. Isto proporciona um alto grau de interatividade e um nível de detalhamento dos processos sem precedentes no ensino de geometria descritiva.

Finalmente, após textos, ilustrações e animações terem sido incluídas nas páginas em Html, o MS Html Help Workshop foi utilizado para montar e

compilar o ambiente de aprendizagem, gerando um programa executável que pode ser executado diretamente, sem nenhum programa adicional.

3.3.3 A implementação e o desenvolvimento do HyperCAL^{GD}

A primeira versão do HyperCAL^{GD} começou a ser utilizada, na modalidade de ensino presencial, a partir do segundo semestre de 1999 na disciplina ARQ 03320 – Geometria Descritiva III. Para tanto, utiliza-se uma sala de aula informatizada (com 21 computadores), na qual são ministradas as exposições teóricas com o auxílio do ambiente hipermídia. Após o embasamento teórico, procede-se a aplicação de exercícios nas salas de aula convencionais.

Porém, esta primeira versão apresentou limitações quanto ao uso pelo aluno, que para utilizar o HyperCAL^{GD} em seu computador pessoal deveria fazer o *download* do sistema para sua máquina. Isto causava uma inércia na atualização dos conteúdos disponíveis para o estudo e limitações no controle do processo ensino-aprendizagem. Diante desta limitação, as pesquisas desenvolvidas pelo NCA e as demandas por mais interatividade no sistema apontavam para o uso de novas tecnologias de informação e comunicação no desenvolvimento de uma versão do HyperCAL^{GD} para a *internet*.

O HyperCAL^{GD} on line não consiste em uma ferramenta estática e fechada, pois o conteúdo principal está centralizado e armazenado em um banco de dados de acesso e atualização constante e dinâmica via *internet*. As páginas de consulta são geradas de forma dinâmica, obtendo os textos, imagens, modelos e animações a partir do banco de dados. A geração das páginas é feita em função de parâmetros gerais, que levam em conta os tópicos e objetivos do tema. O avanço no desenvolvimento do HyperCAL^{GD} se direciona a inclusão de parâmetros específicos de cada usuário, que levam em conta seus conhecimentos pré-existentes, seu ritmo e o estilo de aprendizagem.

Outra ferramenta importante, que se encontra em fase de teste, é um fórum de discussões via internet sobre geometria descritiva. Com esta ferramenta assíncrona de interação, é possível formular perguntas e responder às perguntas existentes já formuladas por outros usuários. O fórum conta,

ainda, com um mecanismo de busca que permite recuperar informações por palavras, assuntos e autor. O banco de dados gerado pelo fórum on line é uma das fontes que poderá alimentar o banco de dados central e também servirá como parâmetro de avaliação de desempenho do sistema (SILVA, R. *et al*, 2003).

3.3.4 A utilização do HyperCAL^{GD} no ensino da Geometria Descritiva

Por se tratar de uma geometria do espaço (tridimensional) com um certo grau de complexidade, a Geometria Descritiva requer procedimentos e recursos de ensino mais adequados para a sua melhor compreensão. Pois, o ensino desta disciplina limitado ao uso, somente, das projeções mongeanas dos objetos, torna-se difícil e muitas vezes tedioso.

Em resposta a esta necessidade, o HyperCAL^{GD} foi desenvolvido de forma a disponibilizar uma série de recursos (modelos em realidade virtual com animações, animações não-interativas, ilustrações, além dos conteúdos estarem dispostos em uma forma hipertextual). Os modelos virtuais utilizados neste ambiente computacional são uma alternativa econômica em relação aos modelos reais e, principalmente uma complementação ao uso das projeções mongeanas do objeto. Pois os modelos virtuais podem ser visualizados a partir de qualquer posição do espaço, possibilitando uma melhor compreensão do objeto.

Enquanto na metodologia tradicional a forma de raciocínio da aprendizagem se faz do abstrato para o concreto, o HyperCAL^{GD} possibilita a inversão desta forma de raciocínio. O aluno pode, então, conhecer o objeto tridimensional em detalhes, construir as projeções planas do objeto e, a partir destas, resolver problemas relacionados às propriedades do mesmo.

A Figura 10 apresenta a potencialidade do HyperCAL^{GD} em oferecer os recursos didáticos já mencionados, que auxiliam o aluno no entendimento dos objetos e da operação gráfica envolvida. Neste exemplo, o estudo se refere à interseção de uma superfície toroidal com um plano. Somente após o aluno conhecer o objeto e entender o problema em estudo é que o mesmo será apresentado através de suas projeções ortográficas para que seja solucionado.

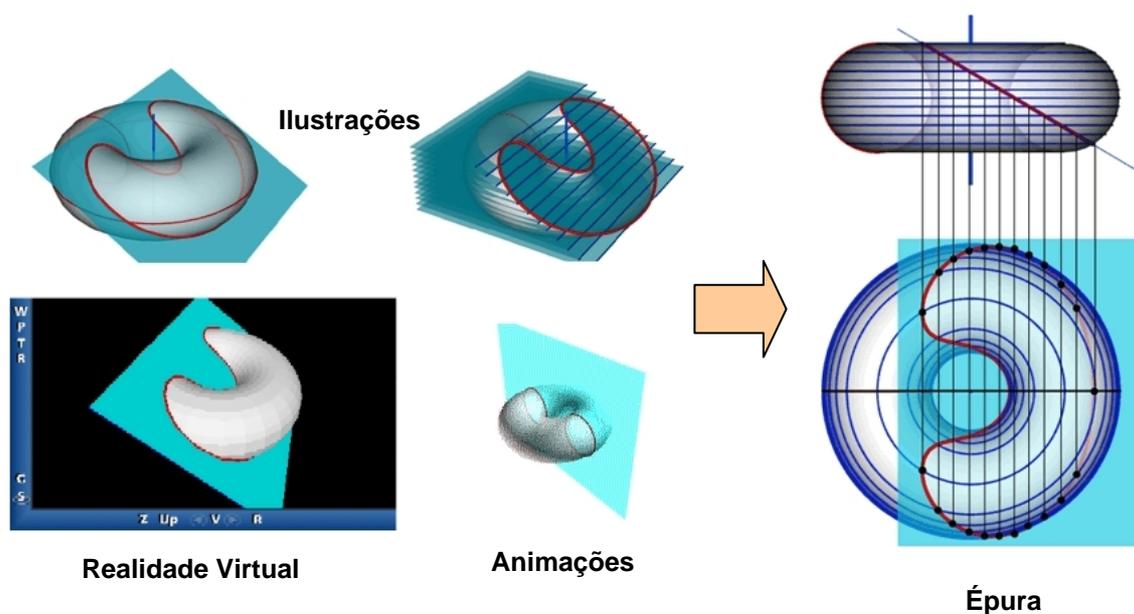


Figura 10 – O HyperCAL^{GD}: o aluno conhece o objeto para entender a representação deste em projeção.

Fonte: SILVA, R. SILVA, T. e TEIXEIRA (2001).

A utilização do HyperCAL^{GD} no ensino da Geometria Descritiva traz a possibilidade da mediação objetiva, pois auxilia o aluno no entendimento do objeto através da síntese de suas projeções mongeanas. Desta forma, o HyperCAL^{GD} contribui por resgatar a objetividade (a partir dos modelos de realidade virtual e das animações) para a produção do conhecimento em Geometria Descritiva.

Portanto, com o objetivo de alterar o fenômeno investigado, isto é a metodologia de ensino da Geometria Descritiva, sem perder as vantagens obtidas com a introdução do HyperCAL^{GD}, desenvolveu-se um processo de intervenção fundamentado na abordagem cognitivista. Mais precisamente na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Este processo de intervenção será apresentado no capítulo seguinte.

4. PROCESSO DE INTERVENÇÃO

O objetivo deste capítulo é apresentar o processo de intervenção que foi realizado para alterar a condição do fenômeno investigado, neste caso a metodologia de ensino da Geometria Descritiva. São também descritos os procedimentos metodológicos utilizados neste processo.

Para a reformulação desejada, a fundamentação teórica oportunizou o conhecimento da abordagem cognitivista e algumas teorias de aprendizagem relacionadas com a mesma. Destas teorias, trabalhou-se com a teoria da aprendizagem significativa (item 2.4.3), porque se preocupa com a organização e apresentação dos conteúdos com a finalidade de qualificar a aprendizagem significativa por recepção. Assim, foi necessário adotar um processo de planejamento de ensino coerente com essa abordagem (item 2.5.2).

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

O experimento foi realizado no primeiro semestre do ano de 2004, em duas turmas de alunos da disciplina ARQ-03320 – Geometria Descritiva III do Departamento de Expressão Gráfica da UFRGS. Estes alunos eram provenientes dos diversos cursos de engenharia que são atendidos pelo DEG, que no caso da disciplina ARQ-03320, são os cursos de engenharia: civil; mecânica; de minas e de produção. Uma turma formou o grupo experimental e a outra o grupo de controle, esta escolha foi realizada de forma aleatória. O grupo experimental era formado, inicialmente, por 40 alunos e o grupo de controle por 45 alunos. Os dois grupos tiveram os mesmos professores, conteúdo da disciplina e sistema de avaliação. Assim, procurou-se restringir a diferença de tratamento à organização seqüencial do conteúdo e aos correspondentes materiais instrucionais.

Os alunos que formaram as turmas não foram selecionados aleatoriamente, a não ser que se considere a aleatoriedade que pode ocorrer no processo de matrícula. Normalmente, a preferência dos alunos pelas diversas turmas desta disciplina se dá pelo horário em que a mesma é

oferecida. Neste caso, a turma experimental ocorreu no final do turno da tarde e a de controle, no início da noite.

Devido à impossibilidade de redistribuir aleatoriamente os alunos, utilizou-se o delineamento experimental conhecido como “Grupo de controle não equivalente” (CAMPBELL e STANLEY, 1979, p.82). Este arranjo utiliza grupos intactos ao invés de aleatoriamente escolhidos. Os grupos realizaram um pré-teste para demonstrar a equivalência inicial dos mesmos ou para detectar eventuais diferenças existentes. O delineamento grupo de controle não equivalente pode ser representado da seguinte forma:

$$\begin{array}{c} O_1 \quad X \quad O_2, O' \\ \hline O_1 \quad O_2, O' \end{array}$$

Onde: **X** é o tratamento e O_1 e O_2 são, respectivamente, o(s) pré-teste(s) e o(s) pós-teste(s) e O' representas as avaliações de conhecimento que foram empregadas nos dois grupos.

Neste delineamento o tratamento **X** representa o emprego da abordagem ausubeliana no grupo experimental.

No experimento foram utilizados instrumentos de medida que têm a finalidade de comprovar a equivalência dos dois grupos de estudantes, verificar a disponibilidade de idéias (conceitos e proposições) relevantes para o desenvolvimento da aprendizagem significativa, testar a diferenciação, clareza e estabilidade dos conceitos envolvidos.

4.2 INSTRUMENTOS PARA O PRÉ-TESTE

Com o objetivo de verificar a equivalência inicial entre as duas turmas, foi realizado, primeiramente, um teste sobre os conhecimentos prévios dos alunos. Além do teste, outras informações foram obtidas junto aos alunos através de um questionário que foi aplicado com o teste. As questões tratam: se o aluno estava repetindo a disciplina; se o aluno trabalha além de estudar; quantas disciplinas o aluno está cursando além da ARQ-03320; ano de

ingresso do aluno no curso de graduação. Estas informações possibilitaram uma avaliação mais confiável sobre a equivalência dos grupos em estudo.

O teste de conhecimentos prévios era referente à disciplina ARQ-03317 – Geometria Descritiva II-A que é pré-requisito da disciplina em estudo. Este teste visou, também, verificar se os alunos dispunham de conceitos relevantes para relacionar com os novos conhecimentos a serem desenvolvidos na disciplina ARQ-03320. O resultado deste teste e das tabelas de contingência das informações sobre os alunos se encontra no item 4.6.1.1.

Junto com o teste sobre os conhecimentos prévios disponíveis, no início da disciplina, os alunos dos dois grupos realizaram um teste de associação gráfica de conceitos utilizando mapas conceituais. A teoria sobre mapas conceituais já foi apresentada no item 2.4.3.

A técnica para confecção de mapa conceitual utilizada foi testada por Moreira (1977) com estudantes de engenharia, quando estes realizaram uma disciplina introdutória de eletricidade e magnetismo no departamento de Física da UFRGS. A técnica consistiu em apresentar aos estudantes uma lista de conceitos de Geometria Descritiva, solicitando que distribuíssem estes conceitos numa folha de papel, na disposição de sua preferência, porém deveriam ser observadas as seguintes regras:

- os conceitos mais gerais (mais inclusivos) deveriam ser escritos dentro de retângulos;
- os conceitos que estivessem em um nível de generalidade intermediário deveriam ser escritos dentro de elipses;
- os conceitos menos gerais (exemplos, aplicações) deveriam ser escritos sem nenhuma figura geométrica em torno de si;
- os conceitos diretamente relacionados deveriam ser ligados através de linhas de forma e tamanho arbitrários.

Este teste foi repetido no final do semestre letivo como uma forma de verificar a diferenciação, clareza e estabilidade dos conceitos envolvidos.

A avaliação dos mapas conceituais confeccionados pelo grupo experimental e de controle foi realizada de forma quantitativa. Um grupo de três

professores efetivos e com experiência na disciplina em questão avaliou os mapas conceituais seguindo a metodologia apresentada a seguir

Os seguintes critérios foram utilizados para analisar quantitativamente os mapas conceituais desenvolvidos pelos alunos:

- Critério I - identificação de conceitos como: sistema projetivo cilíndrico ortogonal, método mongeano, projeções, projetantes, num primeiro nível (mais inclusivo). Estes deveriam ser escritos dentro de retângulos, ou na parte superior do mapa conceitual;

- Critério II - identificação de conceitos como: diedro, épura, superfície (no segundo teste), plano, reta, ponto, posições relativas entre os elementos, paralelismo, perpendicularismo. Estes conceitos deveriam estar localizados num segundo nível (intermediário) de generalidade. Estes conceitos deveriam ser escritos dentro de circunferências ou elipses, ou serem colocados na parte intermediária do mapa conceitual;

- Critério III - identificação de conceitos como: linha de terra, linha de chamada, PR, VG, PA, reta frontal, reta horizontal, reta oblíqua, plano frontal, plano horizontal, plano oblíquo, abscissa, afastamento, cota, paralelo, perpendicular, distância e interseção. Estes conceitos deveriam estar localizados num terceiro nível de generalidade. Estes conceitos deveriam ser escritos sem nenhuma figura plana, ou serem colocados na parte final do mapa conceitual;

- Critério IV - qualidade geral do mapa, considerando a distinção entre os níveis de generalidade, a ligação significativa entre os conceitos e a disposição dos conceitos no diagrama.

Para cada um desses critérios acima mencionados todos os mapas deveriam receber um escore (nota) que variava na escala de 1 a 3, onde “1” deveria ser o valor atribuído ao mapa mais pobre, “2” para o mapa regular e “3” para os mapas que observassem todas as exigências de cada critério. Cada professor estabeleceu um escore para cada mapa conceitual, no início e no final do semestre. O escore final de cada mapa conceitual é a média dos escores dos três professores. Alguns mapas conceituais confeccionados pelos alunos do grupo experimental e de controle, no pré-teste e no pós-teste, são

apresentados no Apêndice 5. Os escores médios de cada conjunto de mapas conceituais são apresentados no Apêndice 6.

E, por último, foi realizado um teste de associação escrita dirigida de conceitos (TAEDC). Este teste teve por finalidade investigar a estrutura cognitiva através das associações que um aluno faz de um conceito com outros conceitos dados (PREECE, 1976; PEDUZZI, 1980).

A técnica para realizar o TAEDC foi a seguinte: cada conceito selecionado para a pesquisa (conceito-chave) foi escrito no topo de uma folha e abaixo dele existiam cinco espaços numerados para as associações a serem realizadas. Os estudantes foram instruídos para escreverem no primeiro espaço o nome de um conceito (palavra) de Geometria Descritiva que considerassem o mais relacionado com o conceito dado; no segundo espaço o que considerassem o segundo mais relacionado com o conceito dado, e assim por diante até preencherem todos os cinco espaços. Para completarem o teste os alunos dispõem de uma folha contendo uma lista de conceitos dentre os quais se encontram os conceitos selecionados para a pesquisa. Este teste verifica de que modo os alunos relacionam os conceitos fundamentais de Geometria Descritiva. No pré-teste foram utilizados 12 conceitos.

Os dados do TAEDC foram formatados para um arquivo do tipo ARFF e em seguida, foram tratados através da ferramenta *Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA)* versão 3.4.3, que foi desenvolvido na Universidade de *Waikato* na Nova Zelândia. O *WEKA* é um programa utilizado em *Data Mining* (Mineração de Dados) que faz uso de diversos algoritmos para descobrir relações e padrões relevantes em um conjunto de dados. Uma das telas do *WEKA* pode ser vista na Figura 11 a seguir.

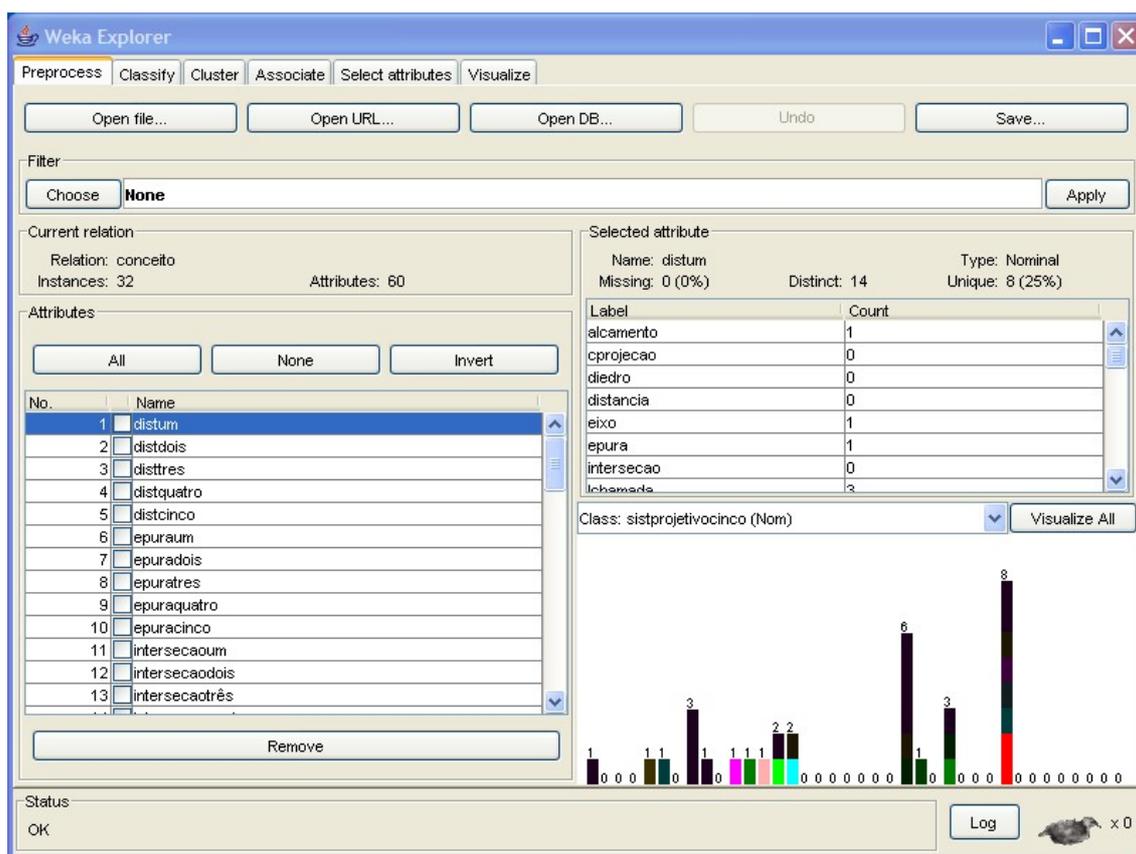


Figura 11 – Tela para introdução do arquivo tipo ARFF no WEKA.

Fonte: <http://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/weka/>

A técnica utilizada na análise do TAEDC foi a de Regras de Associação. Esta técnica visa descobrir associações importantes entre os conceitos, tal que, a presença de um conceito em uma determinada associação irá implicar na presença de outro conceito na mesma associação.

As Regras de Associação são representadas da seguinte forma: $X \Rightarrow Y$ (lê-se X implica em Y), onde X é o antecedente e o Y é o conseqüente. Para determinar a validade da associação $X \Rightarrow Y$ utilizam-se dois atributos: o suporte e a confiança. Estes dois atributos possibilitam descartar as regras julgadas de pouco interesse. O atributo suporte determina a freqüência que um item ocorre na base de dados. A confiança é o percentual das transações, na base de dados, que satisfazem o antecedente da regra (X) e também satisfazem o conseqüente da regra (Y). Estabelece-se um suporte e uma confiança mínimos para considerar as regras.

O TAEDC foi administrado no início (pré-teste) e no final da disciplina (pós-teste), para verificar se o emprego da abordagem ausubeliana alterou, de forma significativa, como os alunos relacionam esses conceitos. Os resultados destes testes estão apresentados, respectivamente, nos itens 4.6.1.3 e 4.6.2.2.

4.3 INSTRUMENTOS PARA AVALIAÇÕES DE CONHECIMENTO

Durante o semestre foram aplicadas duas provas para avaliar o conhecimento dos alunos sobre a disciplina ARQ-03320. As provas constaram de resolução de problemas de Geometria Descritiva. Devido à diferença na seqüência de organização e de apresentação dos conteúdos no grupo de controle e experimental, as questões apresentaram alguma diferença, porém no final da disciplina os dois grupos foram avaliados sobre o mesmo conteúdo. Essas provas foram as únicas utilizadas para avaliação somativa (classificatória ou tradicional). Os resultados destas provas e os respectivos testes estatísticos estão apresentados e analisados no item 4.6.3.

4.4 INSTRUMENTOS PARA O PÓS-TESTE

Como apresentado, para o pós-teste foram utilizados os testes de associação gráfica de conceitos (mapas conceituais) e o TAEDC, ambos no final do semestre para testar as possíveis alterações na forma de relacionar os conceitos de Geometria Descritiva por parte dos alunos do grupo experimental e de controle. No pós-teste TAEDC foram utilizados 10 conceitos, reduzindo-se o número de conceitos investigados e introduzindo conceitos relativos à disciplina ARQ-03320.

Através dos testes pretendeu-se verificar se a diferenciação, a estabilidade e a clareza dos conceitos foram asseguradas a partir da abordagem ausubeliana.

4.5 MATERIAIS EMPREGADOS NO EXPERIMENTO

Os materiais empregados no grupo experimental e de controle foram, basicamente, os mesmos. Ambos os grupos puderam pesquisar a bibliografia

disponível no plano de ensino da disciplina (item 3.2.1), utilizar o ambiente hipermídia de aprendizagem – HyperCAL^{GD}. Foram empregadas aulas expositivas nos dois grupos.

No grupo experimental utilizou-se uma forma diferente de organizar e apresentar o conteúdo da disciplina conforme as proposições de Ausubel. As primeiras aulas possuíram um caráter abrangente e introdutório. Utilizou-se a técnica de organizadores prévios (item 2.5.2) em várias aulas deste grupo, que tratam do assunto em estudo num nível mais geral, revisando conceitos já conhecidos e relacionando-os com o assunto a estudar. Esta técnica possibilita situar o aluno no contexto global da disciplina.

Além dos organizadores prévios empregaram-se os mapas conceituais (item 2.4.3) para integrar os conteúdos da disciplina. Os mapas conceituais foram desenvolvidos para promover a aprendizagem significativa, principalmente quando possibilitam a utilização dos processos de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa.

A utilização do HyperCAL^{GD} para o grupo experimental é facilitada pela sua disposição hipertextual, que possibilita uma navegação não linear. Logo, pode ser usado a partir de qualquer organização definida pelo professor.

4.5.1 Procedimentos utilizados no experimento

Foram utilizados diferentes procedimentos para o grupo experimental e para o de controle. No grupo de controle foi utilizada a metodologia tradicional da disciplina ARQ-03320. Assim, os alunos recebiam, inicialmente, algumas informações sobre o conteúdo da aula, identificado-as no HyperCAL^{GD} onde poderiam encontrar o desenvolvimento da aula em questão. A seqüência da aula era efetuada em sala de aula, com exposição no quadro negro dos conteúdos e exercícios de fixação.

O grupo experimental recebeu, nas primeiras aulas, organizadores prévios que pretendiam dar uma visão geral da disciplina. Estes organizadores foram textos escritos distribuídos aos alunos. Um exemplo de organizador prévio pode ser visto no Apêndice 7.

A partir dos resultados do teste de conhecimentos prévios verificou-se a necessidade de salientar determinados assuntos que foram introduzidos na ARQ-03317, tais como: interseção e distância entre os elementos geométricos. Assim, antes de tratar da interseção de retas, ou planos, com superfícies foram relembrados conceitos fundamentais de interseção e visibilidade. O mesmo ocorreu com detalhes sobre distância na geração de superfícies de revolução.

Outra modificação ocorrida no grupo experimental diz respeito à organização e seqüência dos conteúdos da disciplina. Neste grupo a geração, a representação e a planificação das superfícies foram introduzidas primeiramente. Após esta base conceitual tratou-se da interseção das superfícies com retas ou planos. Esta alteração no desenvolvimento da disciplina pode ser observada no Quadro 11.

Quadro 11 - Organização e seqüência dos conteúdos da disciplina

Grupo experimental	Grupo de controle
<ul style="list-style-type: none"> • Superfícies retilíneas desenvolvíveis: geração e representação • Superfície de concordância • Planificação: método geral • Planificação: método simplificado • Superfícies retilíneas não desenvolvíveis: geração e representação • Superfícies de revolução • Superfícies retilíneas: interseções • Superfícies de revolução: interseções • Superfícies helicoidais 	<ul style="list-style-type: none"> • Superfícies retilíneas desenvolvíveis: geração e representação • Superfícies retilíneas desenvolvíveis: interseções • Planificação: método geral • Planificação: método simplificado • Superfície de concordância • Superfícies retilíneas não desenvolvíveis: geração e representação • Superfícies de revolução • Superfícies de revolução: interseções • Superfícies helicoidais

Fonte: Cronograma dos conteúdos da ARQ-03320 – Geometria Descritiva III.

Nota: Organizado pelo autor.

No final de cada unidade da disciplina foi utilizado um mapa conceitual para relacionar os conhecimentos já apresentados. A observação do mapa possibilitava a efetivação dos processos de diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa conforme explicado na teoria de Ausubel. O mapa utilizado para relacionar os conhecimentos pode ser visto na Figura 12. Este mapa foi confeccionado com o software *Cmap Tools* que foi desenvolvido pelo *Institute for Human and Machine Cognition* (IHMC) da *University of West Florida*. É um *software* livre para fins educacionais, e de fácil manuseio.

4.6 RESULTADOS DO EXPERIMENTO

4.6.1 Resultados dos pré-testes

A seguir serão apresentados os resultados dos pré-testes que foram aplicados nos dias 15 e 22 de março de 2004, para os dois grupos em estudo conforme metodologia explicitada no item 4.2 deste capítulo.

4.6.1.1 Teste de conhecimentos prévios

O primeiro teste realizado foi de conhecimentos prévios, que visava verificar a equivalência inicial entre os dois grupos da amostra, e a disposição de conceitos relevantes para relacionar com os novos conhecimentos. Este teste foi composto de 12 questões relativas aos conteúdos da disciplina ARQ-03317 Geometria Descritiva II-A, que é pré-requisito para a disciplina em estudo. O coeficiente de fidedignidade deste pré-teste foi de 0,74. O resultado do teste pode ser observado na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Resultados do Pré-teste conhecimentos prévios.

Grupo	N	\bar{X}	s	s^2	F	Sign. ao nível 0,05	t	Sign. ao nível 0,05
Experimental	32	4,94	1,57	2,46	1,09	não	-1,30	não
Controle	38	5,44	1,64	2,69				

Fonte: Pré-teste de conhecimentos prévios.

Nota: Organizada pelo autor.

Nenhuma diferença significativa foi encontrada em um nível de significância de 0,05. Portanto, não se deve rejeitar a hipótese H_0 , admitindo-se que as amostras vêm de uma mesma população⁴³.

Quanto a disposição de conceitos relevantes por parte dos alunos, o teste apresentou resultados modestos. A partir da média dos dois grupos

⁴³ Os testes estatísticos apresentados nesta pesquisa foram realizados com o auxílio do pacote estatístico *Statistical Package for Social Sciences (SPSS for Windows)*.

(experimental = 4,94; controle = 5,44), verificou-se pouco conhecimento relativo ao assunto que foi tratado no semestre anterior. As principais deficiências observadas nos dois grupos foram: desconhecimento das noções de projeção e sistemas projetivos (base conceitual da Geometria Descritiva), dificuldades para resolver problemas ligados à interseção (visibilidade) e a distância entre os elementos geométricos (reta e plano).

As demais informações obtidas junto aos alunos foram tratadas via tabelas de contingência. Para a análise destas informações foram utilizados os testes X^2 .

A primeira variável considerada nesta análise trata da repetência na disciplina ARQ-03320. A comparação dos dois grupos pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2 – Alunos que estão repetindo ou não a disciplina.

	Repetindo ARQ-03320	Não repetindo ARQ-03320	Total
Experimental	6	29	35
Controle	10	30	40
Total	16	59	75

Fonte: Informações obtidas por questionário aplicado com o teste de conhecimentos prévios.
Nota: Organizada pelo autor.

Calculando-se o valor de X^2 para esta tabela de contingência obteve-se $X^2 = 0,687$. Como X^2 calculado é menor que o $X^2_{(1;0,025)} = 5,024$, logo não foi possível rejeitar H_0 no nível de significância de 0,05. Portanto, a diferença entre o número de alunos que estão repetindo a disciplina nos dois grupos não foi estatisticamente significativa.

A segunda variável trata do número de estudantes que trabalham durante o curso de graduação. Os dados desta situação podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 – Alunos que trabalham ou não trabalham durante o semestre.

	Trabalham	Não trabalham	Total
Experimental	12	23	35
Controle	7	33	40
Total	19	56	75

Fonte: Informações obtidas por questionário aplicado com o teste de conhecimentos prévios.

Nota: Organizada pelo autor.

Calculando-se o valor de X^2 para esta tabela de contingência obteve-se $X^2 = 2,781$. Como X^2 calculado é menor que o $X^2_{(1;0,025)} = 5,024$, logo não foi possível rejeitar H_0 no nível de significância de 0,05. Portanto, a diferença entre o número de alunos que trabalhavam enquanto desenvolviam a disciplina não foi estatisticamente significativa.

Outra variável considerada foi o ano de admissão no curso de graduação. Como a ARQ-03320 é normalmente cursada no segundo semestre do primeiro ano do curso de graduação, os alunos que participaram do experimento deveriam ter ingressado no ano de 2003. Conforme a Tabela 4, a maioria dos alunos ingressou neste ano.

Tabela 4 – Ano de admissão dos alunos no curso de graduação.

	Admissão em 2003	Admissão antes de 2003	Total
Experimental	28	7	35
Controle	31	9	40
Total	59	16	75

Fonte: Informações obtidas por questionário aplicado com o teste de conhecimentos prévios.

Nota: Organizada pelo autor.

Calculando-se o valor de X^2 para esta tabela de contingência obteve-se $X^2 = 0,070$. Como X^2 calculado é menor que o $X^2_{(1;0,025)} = 5,024$, logo não foi possível rejeitar H_0 no nível de significância de 0,05. Portanto, a diferença entre o número de alunos que foi admitido em 2003 e antes deste ano não foi estatisticamente significativa.

Por último, verificou-se se o número de disciplinas cursadas, além da ARQ-03320, poderia influenciar nos resultados da pesquisa. A partir dos dados do questionário obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Número de disciplinas cursadas além da ARQ-03320.

Grupo	N	\bar{X}	s	s²	F	Sign. ao nível 0,05	t	Sign. ao nível 0,05
Experimental	32	4,44	1,46	2,13	1,13	não	0,47	não
Controle	38	4,29	1,37	1,88				

Fonte: Informações obtidas por questionário aplicado com o teste de conhecimentos prévios.

Nota: Organizada pelo autor.

Do exposto acima, nenhuma diferença significativa foi encontrada em um nível de significância de 0,05. Portanto, esta variável não influenciou de forma significativa o resultado do experimento.

Com base nos resultados apresentados nas Tabelas 1 a 5, que compreendem valores do teste de conhecimentos prévios e outras variáveis consideradas, foi possível confirmar a equivalência dos dois grupos de estudantes desta pesquisa.

4.6.1.2 Teste de mapas conceituais

O teste de mapas conceituais foi aplicado e, posteriormente avaliado de forma quantitativa conforme consta no item 4.2 deste capítulo. As Tabelas 6, 7, 8 e 9 apresentam os resultados obtidos da avaliação destes mapas.

Tabela 6 – Avaliação dos mapas conceituais do pré-teste pelo critério 1.

Grupo	N	\bar{X}	s	t	Sign. ao nível 0,05
Experimental	37	2,04	0,58	-1,99	não
Controle	40	2,26	0,36		

Fonte: Avaliação do teste de mapas conceituais, considerando o critério 1.

Nota: Organizada pelo autor.

O critério 1 trata da inclusão e organização dos conceitos mais inclusivos. A avaliação do teste mostrou que não existe diferença estatisticamente significativa entre os grupos, em um nível de significação de 5%.

Tabela 7 – Avaliação dos mapas conceituais do pré-teste pelo critério 2.

Grupo	N	\bar{X}	s	t	Sign. ao nível 0,05
Experimental	37	1,95	0,45	3,66	sim
Controle	40	1,63	0,28		

Fonte: Avaliação do teste de mapas conceituais, considerando o critério 2.

Nota: Organizada pelo autor.

Este critério trata da inclusão e organização dos conceitos intermediários no mapa conceitual. A avaliação do teste mostrou que existe diferença estatisticamente significativa entre os grupos, em um nível de significação de 5%.

Tabela 8 – Avaliação dos mapas conceituais do pré-teste pelo critério 3.

Grupo	N	\bar{X}	s	t	Sign. ao nível 0,05
Experimental	37	1,98	0,54	3,74	sim
Controle	40	1,55	0,47		

Fonte: Avaliação do teste de mapas conceituais, considerando o critério 3.

Nota: Organizada pelo autor.

O critério 3 trata da inclusão e organização dos conceitos mais específicos no mapa conceitual. A avaliação do teste mostrou que existe diferença estatisticamente significativa entre os grupos, em um nível de significação de 5%.

Tabela 9 – Avaliação dos mapas conceituais do pré-teste pelo critério 4.

Grupo	N	\bar{X}	s	t	Sign. ao nível 0,05
Experimental	37	1,65	0,56	1,41	não
Controle	40	1,49	0,41		

Fonte: Avaliação do teste de mapas conceituais, considerando o critério 4.

Nota: Organizada pelo autor.

No critério 4 é realizada uma avaliação total do mapa conceitual, disposição dos conceitos e qualidade das ligações entre os mesmos. A avaliação do teste mostrou que não existe diferença estatisticamente significativa entre os grupos, em um nível de significação de 5%.

Por ser o primeiro contato dos alunos com mapas conceituais, os resultados do pré-teste visam verificar se o método de construção dos mapas foi compreendido e, fornecer uma referência para os testes de mapas conceituais confeccionados no pós-teste.

4.6.1.3 Teste de associação escrita de conceitos

O teste de associação escrita de conceitos foi realizado para verificar como os alunos relacionavam os conceitos fundamentais da Geometria Descritiva. A metodologia aplicada na correção do teste foi a seguinte: pré-processamento dos dados obtidos no teste; aplicação do programa *WEKA*; análise e refinamento dos resultados.

Foram feitas várias simulações com o *dataset* completo, com valores do atributo suporte variando de 0,70 a 0,30 e o atributo confiança variando de 0,80 a 0,50, porém as regras geradas não foram significativas. Uma razão que contribuiu para esta situação foi a grande quantidade de campos NI (não informado) nas opções quatro e cinco para os conceitos do teste. Na tentativa de reverter este quadro foi reduzido o *dataset*. Assim, foram removidas as opções quatro e cinco dos arquivos de dados ARFF no próprio *WEKA* e, novas simulações foram realizadas. O resultado destas simulações pode ser observado nas Tabelas 10 e 11 abaixo.

Tabela 10 – Regras geradas com *dataset* reduzido na turma experimental.

Simulação	Suporte mínimo	Confiança mínima	Número de regras
S1	0,20	0,40	10
S2	0,15	0,40	26
S3	0,15	0,20	29

Fonte: Pré-teste TAEDC – turma experimental.

Nota: Organizada pelo autor.

O número de regras geradas acima considerou apenas as regras que apresentaram alguma informação válida. Mesmo assim observou-se que o grupo experimental não conseguiu relacionar os principais conceitos da Geometria Descritiva de forma significativa. As principais regras geradas dizem respeito à relação entre os conceitos: paralelismo e distância; rotação e eixo;

épura e diedro. Estes conceitos são considerados de nível intermediário de inclusividade.

Tabela 11 – Regras geradas com *dataset* reduzido na turma de controle.

Simulação	Suporte mínimo	Confiança mínima	Número de regras
S1	0,20	0,40	13
S2	0,15	0,40	56
S3	0,15	0,20	68

Fonte: Pré-teste TAEDC – turma de controle.

Nota: Organizada pelo autor.

O grupo de controle, apesar do pequeno valor de suporte, estabeleceu relações entre os conceitos principais de Geometria Descritiva (sistema projetivo e método mongeano). Relacionou, também, estes conceitos com alguns conceitos de nível intermediário. As regras com maior suporte deste grupo versaram sobre planos e suas classificações (não significativas).

4.6.2 Resultados dos pós-testes

Na seqüência serão apresentados os resultados dos pós-testes que foram aplicados nos dias 21 e 26 de junho de 2004, para os dois grupos em estudo conforme salientado no item 4.4. A metodologia empregada no pós-teste é a mesma do pré-teste.

4.6.2.1 Teste de mapas conceituais

O teste de mapas conceituais foi aplicado e avaliado quantitativamente conforme consta no item 4.2. As Tabelas 12, 13, 14 e 15 apresentam os resultados obtidos da avaliação destes mapas para fins de pós-testes.

Tabela 12 – Avaliação dos mapas conceituais do pós-teste pelo critério 1.

Grupo	N	\bar{X}	s	t	Sign. ao nível 0,05
Experimental	27	1,93	0,56	0,58	não
Controle	31	1,81	0,38		

Fonte: Avaliação do teste de mapas conceituais, considerando o critério 1.

Nota: Organizado pelo autor.

Em relação ao resultado do pré-teste, este critério apresentou uma redução nos escores, notadamente do grupo de controle (24%). A avaliação estatística do teste mostrou que não existe diferença estatisticamente significativa entre os grupos, em um nível de significação de 5%.

Tabela 13 – Avaliação dos mapas conceituais do pós-teste pelo critério 2.

Grupo	N	\bar{X}	s	t	Sign. ao nível 0,05
Experimental	27	1,78	0,33	2,32	não
Controle	31	1,57	0,35		

Fonte: Avaliação do teste de mapas conceituais, considerando o critério 2.

Nota: Organizado pelo autor.

Neste critério também houve uma redução dos escores, porém inferior a ocorrida no critério 1. A comparação entre as médias dos escores do teste mostrou que não existe diferença estatisticamente significativa entre os grupos, em um nível de significação de 5%.

Tabela 14 – Avaliação dos mapas conceituais do pós-teste pelo critério 3.

Grupo	N	\bar{X}	s	t	Sign. ao nível 0,05
Experimental	27	1,91	0,53	3,14	sim
Controle	31	1,50	0,46		

Fonte: Avaliação do teste de mapas conceituais, considerando o critério 3.

Nota: Organizado pelo autor.

O critério 3 foi o que menos reduziu os escores em relação ao pré-teste. Também foi o único a apresentar uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos do experimento, considerando o nível de significação arbitrado.

Tabela 15 – Avaliação dos mapas conceituais do pós-teste pelo critério 4.

Grupo	N	\bar{X}	s	t	Sign. ao nível 0,05
Experimental	27	1,54	0,46	1,24	não
Controle	31	1,41	0,36		

Fonte: Avaliação do teste de mapas conceituais, considerando o critério 4.

Nota: Organizado pelo autor.

A avaliação total do mapa conceitual no pós-teste também apresentou redução dos escores. Este fato foi constatado através de uma avaliação visual dos mapas confeccionados. Quanto à avaliação estatística do teste, mostrou que não existe diferença estatisticamente significativa entre os grupos, em um nível de significação de 5%.

4.6.2.2 Teste de associação escrita de conceitos

O TAEDC realizado no fim do semestre mostrou resultados melhores que o anterior realizado no início do semestre. O número de valores NI (não informado) neste teste foi reduzido, fato que possibilitou utilizar o *dataset* de forma completa para as duas turmas. Houve geração de regras com valores de atributos de suporte e confiança maiores do que no pré-teste. Visualmente, ocorreu uma melhoria no preenchimento dos formulários do teste. O número de regras geradas pode ser observado nas Tabelas 16 e 17.

Tabela 16 – Regras geradas no pós-teste da turma experimental.

Simulação	Suporte mínimo	Confiança mínima	Número de regras
S1	0,35	0,50	2
S2	0,30	0,50	22
S3	0,25	0,50	50

Fonte: Pós-teste TAEDC – turma experimental.

Nota: Organizada pelo autor.

No pós-teste o grupo experimental associou os conceitos mais inclusivos de Geometria Descritiva (sistema projetivo e método mongeano). Da mesma forma, para os conceitos de pertinência, distância, rotação. Salienta-se que alguns alunos deste grupo fizeram a relação de superfície com contorno aparente e planos. Em comparação com o teste realizado no início do semestre, o resultado do pós-teste foi satisfatório.

Tabela 17 – Regras geradas no pós-teste da turma de controle.

Simulação	Suporte mínimo	Confiança mínima	Número de regras
S1	0,35	0,50	2
S2	0,30	0,50	6
S3	0,25	0,50	17

Fonte: Pós-teste TAEDC – turma de controle.

Nota: Organizada pelo autor.

O resultado deste teste mostrou que grande parte dos alunos conseguiu associar os conceitos fundamentais de Geometria Descritiva método mongeano e sistema projetivo com conceitos intermediários, tais como épura e diedro. Porém as regras que foram geradas não mostraram a associação do conceito superfície, assunto da disciplina em estudo, com os seus conceitos intermediários, considerando os critérios de suporte e confiança estabelecidos para os dois grupos. O número de regras geradas neste grupo foi menor que do experimental.

4.6.3 Avaliação do conhecimento

Conforme apresentado no item 4.3 foram aplicadas duas provas para avaliar o conhecimento dos alunos sobre o conteúdo de superfícies. As provas constavam de problemas a serem resolvidos de forma gráfica. Devido à diferença na seqüência de organização e de apresentação dos conteúdos no grupo de controle e experimental, as questões apresentaram alguma diferença, porém no final da disciplina os dois grupos foram avaliados sobre o mesmo conteúdo. Nas Tabelas 18 e 19, a seguir, serão apresentados os resultados dos testes estatísticos de comparação de médias, para verificar possíveis diferenças nesta variável de estudo.

Tabela 18 – Resultado da avaliação de conhecimentos prova 1.

Grupo	N	\bar{X}	s	t	Sign. ao Nível 0,05
Experimental	38	5,84	1,85	-0,06	não
Controle	40	5,84	2,41		

Fonte: Prova 1 da ARQ-03320.

Nota: Organizada pelo autor.

Do exposto na Tabela 18, verifica-se que o resultado das turmas foi semelhante na primeira prova. Pelo teste que compara as médias, chega-se a conclusão que os grupos não diferiram, estatisticamente, de forma significativa. Ocorreu uma maior dispersão das notas no grupo de controle.

Tabela 19 – Resultado da avaliação de conhecimentos prova 2.

Grupo	N	\bar{X}	s	t	Sign. ao Nível 0,05
Experimental	38	4,64	2,78	-2,15	não
Controle	40	6,02	2,88		

Fonte: Prova 2 da ARQ-03320.

Nota: Organizada pelo autor.

O teste da segunda prova também apontou que não existe diferença, estatisticamente, significativa entre os grupos. Porém, verifica-se que as médias diferiram de certo valor, sendo que o grupo de controle teve um valor superior ao experimental.

4.6.4 Verificação do aproveitamento dos alunos

Este teste foi realizado para verificar se houve diferenças de aproveitamento dos dois grupos de estudo. Os dados utilizados para a execução desta avaliação foram os números de alunos aprovados e reprovados nos dois grupos. A técnica utilizada foi de tabelas de contingência, da mesma forma que foi utilizada no item 4.6.1.1. A Tabela 20 apresenta os dados usados no teste para cada grupo.

Tabela 20 – Alunos aprovados e não-aprovados dos grupos.

	Aprovados	Não-Aprovados	Total
Experimental	29	9	38
Controle	35	5	40
Total	64	14	78

Fonte: Folha de conceitos das turmas.

Nota: Organizada pelo autor.

Calculando-se o valor de X^2 para esta tabela de contingência obteve-se $X^2 = 1,655$. Como X^2 calculado é menor que o $X^2_{(1;0,025)} = 5,024$, logo não foi possível rejeitar H_0 no nível de significância de 0,05. Portanto, a diferença entre o número de alunos que foram aprovados na disciplina nos dois grupos não foi estatisticamente significativa.

Com base nos resultados dos testes aplicados para os dois grupos foram inferidas conclusões que serão apresentadas no capítulo seguinte.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este capítulo tem por objetivo principal apresentar as conclusões deste trabalho e propor algumas recomendações para futuros trabalhos de pesquisa. Inicialmente, faz-se um resumo do trabalho de pesquisa, comentando os resultados obtidos com base nas análises estatísticas e, na seqüência, as conclusões são apresentadas. Por último, pretende-se relacionar recomendações para o desenvolvimento de outras pesquisas que considerem a aprendizagem significativa como referencial teórico.

5.1 TRABALHO DE PESQUISA

Este trabalho de pesquisa originou-se da experiência do autor com o tema desenvolvido: o ensino da Geometria Descritiva. Por ser professor desta disciplina desde 1992 foi possível constatar uma série de dificuldades enfrentadas pelos alunos no processo de aprendizagem e que, cada vez mais, influenciava o seu rendimento na disciplina.

Com o objetivo de documentar os fatos que comprovassem tal situação, foi desenvolvida no início deste trabalho uma metodologia de investigação. Durante a investigação foi possível: identificar o processo de formação da disciplina Geometria Descritiva no Brasil e, posteriormente na UFRGS; caracterizar os principais equívocos cometidos pelos alunos que cursaram a disciplina.

Após estudos sobre as teorias de aprendizagem e sobre os processos de ensino, identificou-se a metodologia utilizada na Geometria Descritiva como sendo tradicional, e fundamentada numa prática educativa e na sua transmissão através dos anos (Mizukami, 1986). Esta prática de ensino começou a ser utilizada na Academia Real Militar em 1812 e permanece inalterada até hoje na maioria das salas de aula da disciplina.

A caracterização dos principais equívocos desenvolvidos pelos alunos foi realizada através da análise dos exercícios e das avaliações realizadas pelos mesmos. A partir desta análise verificou-se que os equívocos mais freqüentes eram decorrentes do não entendimento da superfície geométrica que estavam representando. Ocorria uma falta de objetividade do fenômeno

em estudo, devido à fundamentação axiomática no modo de ensinar a Geometria Descritiva.

Com o objetivo de qualificar o ensino de Geometria Descritiva a partir de 1997 começou a ser desenvolvido o HyperCAL^{GD}. Este ambiente hipermídia objetivou fornecer ao aluno além da visualização dos objetos em estudo, a possibilidade de entender as operações gráficas realizadas com as superfícies geométricas estudadas na disciplina (pertinência, planificação e interseção). As superfícies e as operações gráficas por elas descritas podem ser visualizadas através de imagens, animações e modelos em realidade virtual. Esta possibilidade de visualizar o objeto em estudo melhorou o aproveitamento dos alunos na disciplina⁴⁴. Porém, estes números não se mantiveram constantes em todas as turmas em que o HyperCAL^{GD} foi utilizado. Este fato indica que somente a introdução do ambiente hipermídia não resolveu todas as dificuldades de aprendizagem da disciplina.

Com o objetivo de alterar a metodologia de ensino tradicional que é utilizada na Geometria Descritiva, sem perder os avanços obtidos com a introdução do HyperCAL^{GD}, desenvolveu-se uma metodologia de intervenção fundamentada na abordagem cognitivista. Mais precisamente na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, que posteriormente foi refinada e divulgada através dos trabalhos de Novak e Gowin (1996). A partir desta fundamentação teórico-metodológica foi desenvolvido um experimento que será apresentado a seguir.

5.1.1 O experimento

O experimento foi realizado no primeiro semestre do ano de 2004, em duas turmas da disciplina ARQ-03320 – Geometria Descritiva III. Os alunos das duas turmas são provenientes dos diversos cursos de engenharia da UFRGS. As turmas formaram os grupos experimental e de controle, sendo esta escolha realizada de forma aleatória. O conteúdo desenvolvido nos dois grupos foi o

⁴⁴ Resultados iniciais da utilização do ambiente: aumento nas taxas efetivas de aprovação, de 82% para 86,2%; aumento na taxa de conceitos A, de 6,3% para 21,3% e; aumento na taxa de soma de conceitos A e B, de 36,8% para 52,2%.

mesmo, porém ao grupo experimental foi aplicada uma metodologia de ensino com base na teoria de Ausubel, modificando a organização e a seqüência dos conteúdos da disciplina. Também foram utilizadas algumas técnicas como organizadores prévios e mapas conceituais para desenvolver o conteúdo da disciplina. As avaliações de conhecimento foram realizadas utilizando a resolução gráfica de problemas para os dois grupos.

O objetivo do experimento foi verificar se, adotando uma metodologia de ensino com fundamentação teórica cognitivista, a diferenciação, a estabilidade e a clareza dos conceitos melhorariam se comparadas com a adoção da metodologia de ensino tradicional. Esta verificação foi realizada através: da aplicação de avaliações de conhecimentos tradicionais; de teste associação escrita de conceitos (TAEDC) e; teste de associação gráfica de conceitos (mapas conceituais).

5.1.2 Resultados dos testes e avaliações

Análises estatísticas foram realizadas com os resultados dos testes das associações e avaliações. Foram utilizadas análises de comparação de médias e tabelas de contingência. As evidências obtidas pelos diversos testes podem ser observadas a partir dos seguintes resultados:

- teste de conhecimentos prévios – este teste foi utilizado para comprovar a equivalência inicial entre os grupos e verificar se os alunos dispunham de conceitos relevantes para relacionar com os novos conceitos a serem desenvolvidos. A equivalência dos grupos foi confirmada estatisticamente. Com relação aos conceitos disponíveis, oriundos da disciplina pré-requisito, foi constatado que muitos alunos não lembravam dos conceitos fundamentais da Geometria Descritiva. E as operações gráficas como mudança de plano, rotação e interseção, na maioria dos casos, não foram executadas nos testes;
- avaliações de conhecimentos – foram realizadas duas provas como instrumentos de avaliação somativa. Os resultados mostraram não haver diferenças significativas entre os dois grupos;

- teste de associação escrita dirigida de conceitos (TAEDC) – o TAEDC foi realizado no pré-teste e no pós-teste. Os resultados no pré-teste foram compatíveis com o resultado do teste de conhecimentos prévios, ou seja, poucas associações significativas. As regras de associação apresentaram valores baixos para o suporte e a confiança. No pré-teste foi necessário fazer uma redução de *dataset* para obter regras com algum significado. O grupo experimental associou conceitos de nível intermediário (paralelismo, distância, rotação e eixo). O grupo de controle associou conceitos de maior inclusividade (sistema projetivo e método mongeano), porém em pequeno número em relação ao total de alunos. No pós-teste os resultados foram superiores, o número de associações entre os conceitos aumentou e, da mesma forma as associações significativas. O grupo experimental associou os conceitos mais inclusivos e também associou conceitos da disciplina em estudo (superfícies geométricas). O grupo de controle não conseguiu associar, de forma significativa, os conceitos de superfície geométrica. O resultado do grupo de controle no pós-teste foi, qualitativamente, inferior ao do pré-teste;
- teste de associação gráfica de conceitos (mapas conceituais) – no teste de associação gráfica de conceitos ocorreu a situação inversa ao TAEDC, os escores do pré-teste foram superiores aos do pós-teste. No pré-teste o grupo experimental obteve escores superiores na maioria dos critérios adotados para a sua avaliação, sendo que em dois critérios (segundo e terceiro) esta diferença foi significativa ao nível de 5%. No pós-teste o grupo experimental teve escores superiores em todos os critérios, sendo que em um deles (terceiro critério) a diferença foi significativa ao nível de 5%.

Além dos testes e avaliações já apresentadas, foi verificado se o aproveitamento nos dois grupos diferiu de forma significativa. Utilizando a tabela de contingência, com o número de alunos aprovados e reprovados nos dois grupos, e o teste do X^2 encontrou-se que não houve diferença significativa

com relação ao número de alunos aprovados nos dois grupos (nível de significação de 5%).

5.2 CONCLUSÕES

Nesta etapa do trabalho vale recordar Lüdke e André (1986), para quem a realização de uma pesquisa se faz através do confronto entre os dados, as evidências, as informações coletadas sobre o fenômeno de pesquisa e o conhecimento teórico acumulado a respeito dele. A partir do questionamento que o pesquisador faz aos dados, baseado no seu conhecimento acumulado da teoria relativa ao assunto, que ele contribui para construir o conhecimento sobre o fenômeno pesquisado.

Portanto, as conclusões apresentadas a seguir foram inferidas a partir dos testes, avaliações, verificações executadas com os dois grupos e das observações recolhidas durante o experimento. Bem como, foram interpretadas levando em consideração a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

A partir dos resultados do teste de conhecimentos prévios foi possível concluir que grande parte dos alunos, nos dois grupos, não dispunha de conceitos subsunçores necessários ao desenvolvimento do assunto superfícies geométricas. Estes subsunçores deveriam ter sido construídos no decorrer da disciplina ARQ-03317 – Geometria Descritiva II-A, que é pré-requisito da disciplina em estudo. Quais as razões poderiam justificar a não disposição destes conceitos?

A julgar pelo desempenho no referido teste, uma das possíveis razões seria que os alunos não aprenderam de forma significativa os conceitos de Geometria Descritiva básica. Por ser uma disciplina que verifica os conhecimentos através da resolução gráfica de problemas, normalmente a questão conceitual é relegada a um segundo plano. Na visão do aluno, se ele conseguir resolver os problemas, conseguirá a aprovação na disciplina. Este é um típico caso de aprendizagem mecânica com objetivo a curto prazo (até a realização da prova). No próximo semestre, ou posterior, quando estiver cursando a disciplina que dependeria dos conhecimentos já desenvolvidos, dificilmente lembrará dos conceitos necessários. Para obter a aprovação terá

que utilizar, novamente, a aprendizagem mecânica e decorar formas para resolver os problemas das provas.

Quando foram utilizados instrumentos tradicionais de avaliação (resolução gráfica de problemas sobre superfícies geométricas), não se verificou diferença estatisticamente significativa sobre o desempenho dos alunos devido às abordagens tradicional e ausubeliana. Isto ocorre porque estes instrumentos apenas avaliam a capacidade de resolver problemas. Não verificam a diferenciação, a estabilidade e clareza dos conceitos.

Assim, repete-se o caso da disciplina pré-requisito, valorizando de forma acentuada as resoluções gráficas de problemas, sendo esquecidas as questões conceituais. Novamente a aprendizagem mecânica é utilizada por parte dos alunos com objetivo de aprovação.

No experimento alguns problemas foram utilizados para verificar se os alunos conseguiam transferir para novas situações os conhecimentos desenvolvidos. O resultado foi que poucos alunos, nos dois grupos, conseguiram resolver os problemas onde era exigida esta transferência de conhecimentos, conforme pode ser observado nas médias das duas provas de avaliação de conhecimentos. Portanto, para grande parte dos alunos não ocorreu aprendizagem significativa.

Quando foram utilizados instrumentos que verifiquem as associações de conceitos ocorreu uma situação diferenciada para os testes escritos e para os gráficos. Os testes de associação escritas (TAEDC) apresentaram uma visão verdadeira dos grupos dos alunos nas diferentes etapas do experimento (pré-teste e pós-teste).

No pré-teste, os TAEDC mostraram um cenário preocupante com relação à associação dos conceitos, pois a associação mais utilizada pelos alunos foi “NI” (não informada). Ou seja, os alunos não lembravam que conceitos deveriam ser associados. Confirmando-se, assim, o fato ocorrido no teste de conhecimentos prévios, poucas associações foram realizadas com base na disciplina pré-requisito.

No pós-teste, após um semestre letivo, as associações efetivadas no TAEDC foram superiores. O número de associações “NI” foi sensivelmente

reduzido. Os grupos conseguiram associar conceitos básicos para a Geometria Descritiva de uma maneira mais consistente, porém somente o grupo experimental conseguiu estabelecer associações do conteúdo da disciplina ARQ-03320, alvo deste estudo. Entretanto, o número de associações foi pequeno, e os atributos suporte e confiança, obtidos a partir das regras de associação, também foram reduzidos. Portanto, a aprendizagem significativa ocorreu para um grupo pequeno de alunos.

Os testes de associação gráfica de conceitos (mapas conceituais) apresentaram uma situação inversa dos TAEDC. No pré-teste os mapas confeccionados foram de melhor qualidade, conforme demonstram os escores dos mesmos. Por ter sido executado por último, em relação ao demais testes, os alunos já dispunham de informações suficientes para fazer as associações. Houve uma preocupação em seguir as orientações para desenhar os mapas, conduzindo a um resultado satisfatório.

No pós-teste, realizado no final do semestre, poucos alunos preocuparam-se com as orientações de desenho e na execução dos mesmos, pois sabiam que o referido mapa não seria utilizado para fins de avaliação somativa. O resultado desta situação foi confirmado com os valores dos escores, menores que o pré-teste. Mesmo assim, o grupo experimental obteve escores superiores em todos os critérios de avaliação.

Portanto, considerando-se os teste de associação de conceitos, na questão da diferenciação, quanto da organização hierárquica, os alunos do grupo experimental obtiveram melhores resultados, porém esta diferença entre os resultados dos grupos não foi estatisticamente significativa ao nível de 5%.

Situação semelhante foi descrita no trabalho de Peduzzi (1981). Em experimentos para o ensino de Física, os resultados dos testes de associações de conceitos que foram realizados em situações de sala de aula tradicional, na maioria das vezes, não apresentaram diferenças estatisticamente significantes. Os melhores resultados foram descritos quando os testes foram aplicados em sistemas de ensino individualizado (método Keller).

Algumas razões para que os resultados nos testes de associação de conceitos não sejam tão significativos são listadas a seguir: o fato de que não é

realizada uma preparação para a confecção do mapa conceitual, apenas solicita-se que os alunos desenhem um mapa seguindo as orientações pré-estabelecidas; o uso de mapas conceituais no desenvolvimento da disciplina (abordagem ausubeliana), ocorre apenas no final de certos conteúdos para fazer a integração entre os assuntos e verificar as relações entre os conceitos, ou seja, não é de uso intensivo no decorrer do semestre; e, por último, a disciplina de Geometria Descritiva III é de 2 créditos, que corresponde a 100 minutos de encontro presencial a cada semana, muito pouco se comparada as demais disciplinas que o aluno desenvolve ao longo de um semestre.

Por último, verificou-se o aproveitamento dos dois grupos em estudo. Conforme apresentado no item 5.5.2, não houve diferença significativa com relação ao número de aprovados nas duas abordagens. Portanto, se a abordagem ausubeliana não conseguiu ter resultados estatisticamente significativos superiores a abordagem tradicional, por outro lado, não proporcionou desempenho inferior aos alunos que dela fizeram uso.

Uma avaliação geral do experimento mostra que a metodologia de ensino cognitivista fundamentada na teoria da aprendizagem significativa traz bons resultados, principalmente com relação à diferenciação de conceitos. No entanto, a aproximação dos resultados obtidos nos dois grupos pode ser atribuída a alguns fatores, como: a não utilização desta metodologia na disciplina pré-requisito (ARQ-03317), na qual são formados os conceitos principais (mais inclusivos) da Geometria Descritiva; e o fato que os dois grupos do experimento se valeram do ambiente HyperCAL^{GD}, caracterizado como um apoio empírico-concreto, que em parte resgata a objetividade no processo ensino-aprendizagem desta disciplina.

5.3 RECOMENDAÇÕES

Neste item são apresentadas recomendações para futuros trabalhos de pesquisa que utilizem a aprendizagem significativa como referencial teórico.

As primeiras recomendações dizem respeito a temas que podem ser desenvolvidos com base nas relações conceituais da aprendizagem significativa.

Pode-se utilizar a aprendizagem significativa, e mais precisamente mapas conceituais, como um instrumento de apoio na utilização de objetos de aprendizagem para uma disciplina, ou mesmo um curso. Assim, os mapas conceituais apresentariam as relações existentes entre os objetos, possibilitando o uso efetivo destes objetos no processo ensino-aprendizagem.

A aprendizagem significativa, devido sua abordagem conceitual e hierárquica, pode ser utilizada na reorganização curricular de um curso ou área de conhecimento, proporcionando uma estrutura consistente de disciplinas (ou conteúdos) inter-relacionados.

Se o objetivo do pesquisador é aplicar a metodologia da aprendizagem significativa em alguma disciplina ou experimento, o mesmo deve tomar alguns cuidados. Com base no experimento desenvolvido nesta pesquisa foi possível listar alguns cuidados que devem ser empregados no planejamento e execução do referido experimento, assegurando o correto emprego da abordagem ausubeliana.

O primeiro procedimento a ser executado é a verificação dos conceitos que os alunos apresentam e que serviriam de subsunçores para os novos conceitos a serem construídos. Este procedimento pode ser realizado por um teste de conhecimentos prévios e completado através de teste de associação escrita de conceitos. Normalmente, os resultados destes dois testes permitem verificar os conceitos já existentes na estrutura cognitiva dos alunos.

Em seguida, deve-se averiguar se estes conceitos existentes são corretos e coerentes com o conteúdo (ou disciplina) que se deseja desenvolver. Trata-se de um nivelamento conceitual, onde todos os alunos teriam a oportunidade de retificar os conceitos equivocados, para estabelecer relações conceituais com diferenciação, clareza e estabilidade.

Após o nivelamento, parte-se para a organização e seqüenciamento de apresentação dos conteúdos com base nos conceitos nivelados e segundo a abordagem de Ausubel. No início uma visão geral sobre o assunto, em seguida a disposição dos conceitos, partindo dos mais inclusivos até chegar aos menos inclusivos.

Para facilitar a aprendizagem significativa devem ser utilizadas as técnicas de organizadores prévios (introdutórios) e de mapas conceituais (diferenciação progressiva e reconciliação integrativa). Porém, estes mapas devem ser construídos pelos alunos, de forma individualizada ou em grupo, conscientizando-os da necessidade de associar os conceitos desenvolvidos. A confecção dos mapas conceituais pode ser feita manualmente ou com o auxílio de uma ferramenta, como por exemplo o *software CmapTools*.

Por último, as avaliações de conhecimento devem sempre proporcionar alguma forma de identificar as relações conceituais empregadas na resolução das questões. Esta identificação é permitida via mapa conceitual construído pelo aluno ou mesmo um relato, de quais conceitos ele utilizou para resolver uma questão, ou problema gráfico.

5. REFERÊNCIAS

- ABBAGNANO, N. **Dicionário de Filosofia**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- ABREU, M. C.; MASETTO, M. T. **O professor universitário em aula: prática e princípios teóricos**. 4. ed. São Paulo: MG Ed. Associados, 1985.
- ANASTASIOU, L. G. C. **Metodologia do ensino superior: da prática docente a uma possível teoria pedagógica**. Curitiba: IBPEX Autores Associados, 1998.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V. **Introdução à Engenharia**. 5. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1997.
- BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V.; LINSINGEN, I. **Educação tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2000.
- BECKER, F. **A epistemologia do professor: o cotidiano da escola**. Petrópolis: Vozes, 1993.
- BECKER, F. **Educação e construção do conhecimento**. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.
- BECKER, M.; McNEEL, R. **Rhino NURBS 3D Modeling**. New Riders Publishing, 1999.
- BERBEL, N. A. N. **Metodologia do ensino superior: realidade e significado**. Campinas: Papyrus, 1994.
- BERTOLINO, P. *et al.* **A personalidade**. Florianópolis: Nuca Ed. Independentes, 1996.
- BLOOM, B. *et al.* **Taxionomia de objetivos educacionais** : domínio afetivo. Porto Alegre: Globo, 1972.
- BOYER, C. B. **História da matemática**. São Paulo: Edgard Blücher, Ed. da Universidade de São Paulo, 1974.

- BRASIL. Instituto Militar de Engenharia. **Conheça o IME - Histórico**. Rio de Janeiro. 2002. Disponível em: <<http://www.ime.eb.br/historico.html>>. Acesso em 20 de ago. 2002.
- CALAFATE, P. **Filosofia Portuguesa: Sob o signo das luzes**. 2000. Disponível em: <<http://www.instituto-camoes.pt/cvc/filosofia/ilu5.html>>. Acesso em: 25 jul. 2003.
- CASAS, L. A. A. **Ensino assistido por computador: modelagem de gerador de materiais educativos computadorizados num ambiente de multimídia**. Florianópolis, 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 1994.
- CASTRO, C. M. **A prática da pesquisa**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977.
- CORSO, H. V. “Breve história da Escola de Engenharia”. In: **Escola de Engenharia**. Porto Alegre: UFRGS, 1992.
- CUNHA, L. A. **A universidade temporã**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1986.
- DEMO, P. “Profissional do futuro”. In: LINSINGEN, I. et al. (org.) **Formação do engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões da educação tecnológica**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.
- ENRICONE, D. et al. **Planejamento de ensino e avaliação**. Porto Alegre: Sagra-Luzzatto, 1998.
- EVES, H. **Introdução à história da matemática**. 2. ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 1997.
- FARIA, W. **Aprendizagem e planejamento de ensino**. São Paulo: Editora Ática S.A., 1989.
- FRENCH, T. E; VIERCK, C. J. **Desenho Técnico e tecnologia gráfica**. 5. ed. São Paulo: Globo, 1995.
- GARCIA, A.; FABREGAT, A. “A construção humana através da equilibração de estruturas cognitivas: Jean Piaget”. In: MINGUET, P. A. (org.) **A construção do conhecimento na educação**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.
- GIUNTA, M. A. B. **Ambiente para o ensino do desenho adequado às inovações tecnológicas e às novas propostas metodológicas**. São Paulo, 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil e Urbana, USP, 2004.
- GORDON, V. O.; SEMENSOV-OGUIYEVSKI, M. A. **Curso de Descritiva Geometria**. Moscou: Editorial Mir Moscu, 1973.
- GOULART, L. J. **A geometria a partir de Euclides direcionada para o cálculo diferencial e integral**. Florianópolis, 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2002.
- LACOURT, H. **Noções e fundamentos de Geometria Descritiva**: ponto, reta, planos, métodos descritivos e figuras em planos. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S. A., 1995.
- LION, C. “Mitos e realidades na tecnologia educacional”. In LITWIN, E. (org.) **Tecnologia educacional: política, histórias e propostas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997, pp. 23-38.
- LODER, L. L. **Epistemologia versus pedagogia: o locus do professor de engenharia**. Porto Alegre, 2002. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, UFRGS, 2002.
- LUCKESI, C. C. **Filosofia da educação**. São Paulo: Cortez, 1990.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.
- MACIEL, J. “Geometria e conhecimento: pelo ensino do desenho no Brasil”. In: **Anais do 11º Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico – GRAPHICA 94**, Recife: Comissão organizadora do GRAPHICA 94, p. 25-40, 1994.
- MARTINEZ, M. J.; LAHORE, C. O. **Planejamento escolar**. São Paulo: Saraiva, 1997.

MARTÍNEZ-MUT, B.; GARFELLA, P. “A construção humana através da aprendizagem significativa: David Ausubel”. In: MINGUET, P. A. (org.) **A construção do conhecimento na educação**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

MARTINO, M. C. **O ensino da geometria na formação do oficial do Exército Brasileiro**. Campinas, 2001. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, UNICAMP, 2001.

MENEGOLLA, M.; SANT’ANNA, I. M. **Por que planejar? Como planejar?** Currículo – Área – Aula. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 1998.

MINGUET, P. A. (org.) **A construção do conhecimento na educação**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

MIRANDA, H. O. **O ensino da geometria descritiva no Brasil: da academia real militar à escola politécnica do Rio de Janeiro**. São Paulo, 2001. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) – Curso de Mestrado em História da Ciência, PUC/SP, 2001.

MIZUKAMI, M. G. N. **Ensino: as abordagens do processo**. São Paulo: EPU, 1986.

MONTENEGRO, G. A. **Geometria Descritiva**. Volume 1. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1991.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o vê epistemológico**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da física: a teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1983.

NERVI, R. **La prática docente e sus fundamentos psicopedagógicos**. Buenos Aires: Kapelusz, 1969.

- NOVAK, J. D. e GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Tradução para o português de Carla Valadares do original Learning how to learn. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1996.
- PAROBÉ, J. J. P. **Relatório referente ao ano de 1901**. Porto Alegre: Escola de Engenharia, 1902.
- PEDUZZI, L. O. Q. **Dois estudos sobre solução de problemas de Física em nível universitário básico**: o efeito de uma estratégia e a influência da estrutura cognitiva. Porto Alegre, 1980. Dissertação (Mestrado em Física) – Programa de Pós-graduação em Física, UFRGS, 1980.
- PETERSON, M. T. **Fundamentos do 3D Studio MAX**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- PINHEIRO, V. A. **Noções de Geometria Descritiva I**: Ponto – Reta – Plano. 4. ed. Volume 1. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A., 1977.
- PREECE, P. F. W. Mapping cognitive structure: a comparison of methods. **Journal of Educational Psychology**, 68(1): 1-8, 1976.
- RAMOS, E. M. F. **Análise ergonômica do sistema hipernet buscando o aprendizado da cooperação e da autonomia**. Florianópolis, 1996. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 1996.
- REIG, D.; GRADOLI, L. “A construção humana através da zona de desenvolvimento potencial: L. S. Vygotsky”. In: MINGUET, P. A. (org.) **A construção do conhecimento na educação**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.
- ROMANELLI, O. O. **História da educação no Brasil (1930/1973)**. 28.ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2003.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2000.
- SILVA, H. L. A imaginação, o imaginário e a produção do conhecimento científico. In: **Curso de Capacitação para produção de dissertações e teses**. Florianópolis, 2002.

SILVA, R. P., SILVA, T. L. K., TEIXEIRA, F. G. “O uso da realidade virtual no ensino da geometria descritiva”. In: **Anais do 15º Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico. IV International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design – GRAPHICA 2001**. São Paulo: Comissão organizadora do GRAPHICA 2001, 2001.

SILVA, R. P. et al. “A aplicação de estratégias pedagógicas não presenciais no processo de ensino-aprendizagem da geometria descritiva”. In: **Anais do 16º Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico. V International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design – GRAPHICA 2003**. Santa Cruz do Sul: Comissão organizadora do GRAPHICA 2003, 2003.

SILVA, T. L. K. **Uma proposta de ambiente computacional para aprendizagem em geometria descritiva com ênfase na estereotipagem dos estudantes de engenharia**. Florianópolis, 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 1999.

STRUIK, D. J. **História concisa das matemáticas**. 2. ed. Lisboa: Gradiva, 1992.

THIOLLENT, M. “Problemas de metodologia”. In: FLEURY, A. C.; VARGAS, N. (org.) **Organização do trabalho**. São Paulo: Atlas, 1987.

ULBRICHT, S. M. **Geometria e desenho: história, pesquisa e evolução**. Florianópolis: Sérgio Murilo Ulbricht, 1998.

ULBRICHT, V. R. **Modelagem cognitiva em vista da concepção do módulo avaliação do estudante de um sistema de ensino inteligente auxiliado por computador para a geometria descritiva**. Florianópolis, 1992. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 1992.

VALENTE, V. C. P. N. **Desenvolvimento de um ambiente computacional interativo e adaptativo para apoiar o aprendizado de geometria descritiva**. São Paulo, 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil e Urbana, USP, 2004.

WADSWORTH, B. **Inteligência e afetividade da criança**. 4. ed. São Paulo: Enio Matheus Guazzelli, 1996.

WEXLER, S.; FOSTER, B. **The Official Microsoft Html Help Authoring Kit**: understanding, creating and migrating to Microsoft Html Help. Redmond: Microsoft Press, 1998.

APÊNDICE 1

PROVAS ARQ-03320 DAS TURMAS B, C, D (98/1)

Turma B – Prova 1	
Questão 1	<p>Representar as projeções da superfície retilínea que apresenta como diretriz uma circunferência contida no plano horizontal de projeção e centro O. O raio da diretriz é 30 mm. O vértice da superfície é o ponto V. Dados: O (70, 50, -) e V (05, 90, 80).</p> <p>Determinar a interseção entre a superfície acima descrita e a reta r (XY). Onde X (00, 30, 00) e Y (90, 80, 30). Analisar a visibilidade da interseção. Un. = mm e Esc. = 1/1.</p>
Questão 2	<p>Representar as projeções da superfície retilínea com as seguintes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • as diretrizes são as retas s (XY) e t (ZV). Onde são dados: X (110, 70, 80); Y (60, 15, 10); Z (40, 20, 90) e V (00, 80, 10); Un. = mm e Esc. = 1/1. • o plano diretor α é de topo e faz um ângulo de 30° anti-horários com π_1.
Questão 3	<p>Planificar o tronco de pirâmide resultante da interseção da superfície e o plano α.</p> <div style="text-align: center;"> </div>

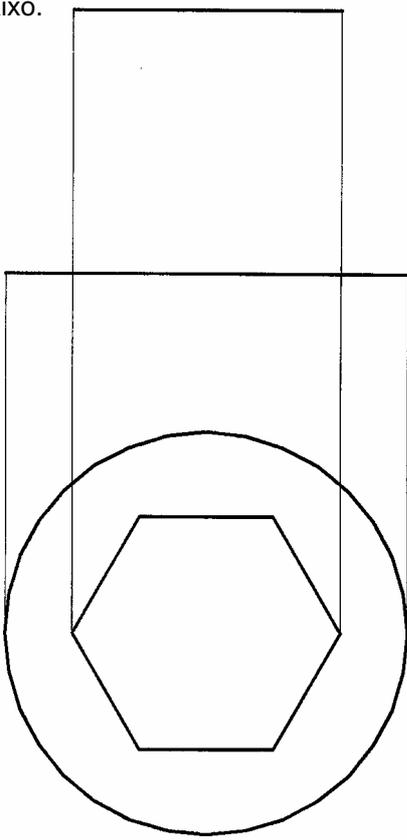
Fonte: Prova 1da ARQ-03320, turmas B, UFRGS, 1º semestre de 1998.

Nota: Organizado pelo autor.

Turma C – Prova 1	
Questão 1	<p>Representar as projeções da superfície retilínea que apresenta como diretriz uma circunferência contida no plano horizontal de projeção e centro O. As geratrizes são retas frontais que fazem um ângulo de 45° anti-horários com o π_1, medem 50 mm e são paralelas entre si. O ponto A é um ponto da diretriz. O (70, 50, -) e A (70, 20, -).</p> <p>Determinar a interseção entre a superfície acima descrita e a reta r (XY). Onde X (00, 30, 00) e Y (90, 80, 30). Analisar a visibilidade da interseção. Un. = mm e Esc. = 1/1.</p>
Questão 2	<p>Representar as projeções da superfície retilínea com as seguintes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • uma diretriz é uma semi-circunferência contida num plano frontal, tem como centro o ponto O, raio igual a 30 mm, seu ponto de menor cota é 5 mm e de maior cota é 35 mm. Onde O (80, 80, 05); Un. = mm e Esc. = 1/1. • a outra diretriz é uma reta horizontal que faz um ângulo de 30° horários com π_2 e contém o ponto A; • o plano diretor α é vertical e faz um ângulo de 60° anti-horários com π_2.
Questão 3	<p>Planificar o tronco de cone resultante da interseção da superfície cônica e o plano horizontal α.</p>

Fonte: Prova 1da ARQ-03320, turmas C, UFRGS, 1º semestre de 1998.

Nota: Organizado pelo autor.

Turma D – Prova 1	
Questão 1	<p>Representar as projeções da superfície retilínea que apresenta como diretriz um quadrado contido no plano horizontal de projeção, um dos lados do quadrado é a reta r (XY). As geratrizes são retas frontais que fazem um ângulo de 45° anti-horários com o π_1 e medem 70 mm. Dados: X (90, 30, -) e Y (70, 15, -). Un.= mm e Esc.= 1/1</p> <p>Determinar a interseção entre a superfície acima descrita e a reta s (ZW). Onde Z (10, 20, 00) e W (100, 60, 50). Analisar a visibilidade da interseção.</p>
Questão 2	<p>Representar as projeções da superfície retilínea com as seguintes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • as diretrizes são as curvas a e b. A curva a está num plano vertical (30° anti-horários com π_2) e se projeta em π_2 como uma semi-circunferência de centro em O e raio igual a 15 mm, seu ponto de menor cota é 5 mm e de maior cota é 20 mm. Onde O (70, 30, 05); Un. = mm e Esc. = 1/1. • a curva b também está num plano vertical (60° anti-horários com π_2) e se projeta em π_2 como uma semi-circunferência de centro em P e raio igual a 25 mm, seu ponto de maior cota é 40 mm e de menor cota é 15 mm. Onde P (10, 30, 40); • o plano diretor α é vertical e faz um ângulo de 45° horários com π_2.
Questão 3	<p>Planificar a superfície de concordância abaixo.</p> 

Fonte: Prova 1 da ARQ-03320, turmas D, UFRGS, 1º semestre de 1998.

Nota: Organizado pelo autor.

Turma B – Prova 2	
Questão 1	<p>Representar as projeções da superfície de revolução cuja geratriz é uma circunferência de raio 30 mm e centro C (40, 75, 40) contida num plano frontal. O eixo é vertical e contém o ponto E (00, 75, 10). Un. = mm e Esc. = 1/1.</p> <p>Determinar a interseção entre a superfície acima descrita com o plano α de topo, que faz 30° horários com o plano de projeção e contém P (-50, 10, 10).</p>
Questão 2	<p>Representar as projeções de duas espiras do helicóide gerado pelo segmento AB e o eixo e. Onde A (50, 80, 10), B (10, 80, 30) e o eixo “e” é vertical e contém o ponto E (20, 70, -). O helicóide é sinistrorsum e tem passo de 60 mm. Representar o núcleo. Un. = mm e Esc. = 1/1.</p>

Fonte: Prova 2 da ARQ-03320, turmas B, UFRGS, 1º semestre de 1998.

Nota: Organizado pelo autor.

Turma C – Prova 2	
Questão 1	<p>Representar as projeções da superfície de revolução que apresenta as seguintes características: Un. = mm e Esc. = 1/1.</p> <ul style="list-style-type: none"> • a geratriz é uma circunferência contida num plano frontal de afastamento 50 mm, de centro O (70, -, 25) e raio igual a 20 mm; • o eixo que gera a superfície é vertical com abscissa 45 mm e afastamento de 50 mm. <p>Determinar a interseção entre a superfície de revolução e a reta r, onde r é definida pelos pontos X (30, 80, 00) e Y (80, 05, 35). Analisar a visibilidade da reta.</p>
Questão 2	<p>Representar as projeções da superfície helicoidal gerada pelo segmento AB e eixo e. Dados: A (60, 35, 15), B (35, 35, 35) e o eixo é vertical de abscissa de 60 mm e afastamento de 20 mm. O sentido de geração é sinistrorsum, o passo é de 40 mm e, deve ser desenvolvido em 1,5 ciclos. Un. = mm e Esc. = 1/1.</p>

Fonte: Prova 2 da ARQ-03320, turmas C, UFRGS, 1º semestre de 1998.

Nota: Organizado pelo autor.

Turma D – Prova 2	
Questão 1	<p>Representar as projeções da superfície de revolução que apresenta as seguintes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • a geratriz é uma reta r (XY), onde X (20, 70, 10) e Y (100, 100, 100); • o eixo que gera a superfície é vertical com abscissa 60 mm e afastamento 60 mm. <p>Determinar a interseção entre a superfície de revolução e o plano vertical α, onde α faz um ângulo de 45° horários com π_2, passando por T (150, 00, 00).</p> <p>Analisar a visibilidade da seção. Un. = mm e Esc. = 1/1.</p>
Questão 2	<p>Representar as projeções da superfície helicoidal gerada pelo segmento AB e eixo e. Dados: A (60, 35, 15), B (35, 35, 35) e o eixo é vertical de abscissa de 60 mm e afastamento de 20 mm. O sentido de geração é sinistrorsum, o passo é de 40 mm e, deve ser desenvolvido em 2 ciclos. Representar o núcleo. Un.= mm e Esc.= 1/1.</p>

Fonte: Prova 2 da ARQ-03320, turmas D, UFRGS, 1º semestre de 1998.

Nota: Organizado pelo autor.

APÊNDICE 2

LEVANTAMENTO DOS EQUÍVOCOS NAS PROVAS

TURMA B – 1º semestre de 1998								
Prova 1	Questão 1			Questão 2		Questão 3		
Alunos	Repres.	Interseç.	Visibil.	Repres.	Visibil.	Divisão	VG	Planif.
A _B	S/E	X	X	-	-	S/E	S/E	S/E
B _B	X	X	X	X	X	-	-	-
C _B	X	X	X	X	X	-	-	-
D _B	S/E	X	X	X	X	S/E	S/E	S/E
E _B	X	X	X	X	X	S/E	S/E	S/E
F _B	X	X	X	X	X	-	-	-
G _B	S/E	X	X	S/E	S/E	S/E	X	X
H _B	S/E	X	X	S/E	X	S/E	S/E	S/E
I _B	X	X	X	X	X	X	X	X

TURMA B – 1º semestre de 1998					
Prova 2	Questão 1			Questão 2	
Alunos	Repres.	Interseç.	Visibil.	Repres.	Visibil.
A _B	S/E	X	X	X	X
B _B	X	X	X	X	X
C _B	X	X	X	X	X
F _B	S/E	X	X	X	X
G _B	S/E	X	X	S/E	X
I _B	S/E	X	X	X	X
J _B	S/E	S/E	X	X	X
K _B	S/E	S/E	S/E	X	X

TURMA C – 1º semestre de 1998								
Prova 1	Questão 1			Questão 2		Questão 3		
Alunos	Repres.	Interseç.	Visibil.	Repres.	Visibil.	Divisão	VG	Planif.
A _C	X	X	X	X	X	S/E	X	X
B _C	X	X	X	S/E	X	X	X	X
C _C	S/E	X	X	-	-	S/E	S/E	S/E
D _C	S/E	S/E	S/E	S/E	X	-	-	-
E _C	S/E	X	X	S/E	X	-	-	-
F _C	S/E	X	X	X	X	-	-	-
G _C	X	X	X	X	X	S/E	X	X
H _C	S/E	X	X	X	X	S/E	S/E	S/E
I _C	S/E	X	X	X	X	S/E	X	X
J _C	X	X	X	X	X	X	X	X
K _C	S/E	X	X	S/E	S/E	X	X	X

TURMA C – 1º semestre de 1998					
Prova 2	Questão 1			Questão 2	
Alunos	Repres.	Interseq.	Visibil.	Repres.	Visibil.
A _C	X	X	X	S/E	S/E
D _C	-	-	-	S/E	S/E
G _C	S/E	S/E	X	X	X

TURMA D – 1º semestre de 1998								
Prova 1	Questão 1			Questão 2		Questão 3		
Alunos	Repres.	Interseq.	Visibil.	Repres.	Visibil.	Divisão	VG	Planif.
A _D	S/E	S/E	X	X	X	-	-	-
B _D	S/E	X	X	X	X	S/E	X	X
C _D	S/E	S/E	X	X	X	S/E	S/E	X
D _D	S/E	X	X	X	X	X	X	X
E _D	S/E	X	X	X	X	S/E	X	X
F _D	S/E	X	X	S/E	X	-	-	-
G _D	S/E	X	X	S/E	S/E	S/E	X	X
H _D	X	X	X	X	X	-	-	-
I _D	S/E	S/E	X	S/E	S/E	-	-	-
J _D	X	X	X	X	X	-	-	-
K _D	S/E	X	X	S/E	X	-	-	-
L _D	S/E	X	X	X	X	S/E	S/E	S/E
M _D	S/E	S/E	X	S/E	S/E	S/E	X	X
N _D	S/E	S/E	S/E	S/E	X	S/E	X	X
O _D	S/E	X	X	S/E	X	S/E	S/E	X
P _D	S/E	S/E	S/E	S/E	S/E	-	-	-
Q _D	S/E	S/E	X	S/E	S/E	S/E	X	X

TURMA D – 1º semestre de 1998					
Prova 2	Questão 1			Questão 2	
Alunos	Repres.	Interseq.	Visibil.	Repres.	Visibil.
C _D	S/E	S/E	X	X	X
D _D	X	X	X	X	X
E _D	X	X	X	S/E	S/E
J _D	X	X	X	X	X
N _D	S/E	S/E	X	X	X
O _D	S/E	X	X	X	X
Q _D	S/E	X	X	S/E	X
R _D	X	X	X	S/E	X
S _D	-	-	-	X	X
T _D	S/E	S/E	X	X	X
U _D	S/E	X	X	X	X

Quantidade de equívocos na prova 1 / turma								
Prova 1	Questão 1			Questão 2		Questão 3		
Equívoco	Repres.	Interseq.	Visibil.	Repres.	Visibil.	Divisão	VG	Planif.
Quant. B	5	9	9	7	8	4	5	5
Quant. C	4	10	10	7	10	6	9	9
Quant. D	2	10	15	8	12	8	14	16
TOTAL	11	29	34	22	30	18	28	30

Quantidade de equívocos na prova 2 / turma					
Prova 2	Questão 1			Questão 2	
Equívoco	Repres.	Interseq.	Visibil.	Repres.	Visibil.
Quant. B	2	6	7	7	8
Quant. C	2	2	3	1	1
Quant. D	5	8	11	8	10
TOTAL	9	16	21	16	19

APÊNDICE 3

TESTE DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS

FACULDADE DE ARQUITETURA – FARQ

Departamento de Expressão Gráfica – DEG

ARQ-03320 – Geometria Descritiva III

Prof. Régio Pierre da Silva

Teste de conhecimentos prévios

Este teste consta de questões sobre Geometria Descritiva básica, corresponde ao conteúdo que foi desenvolvido na ARQ-03317 – Geometria Descritiva II-A, e tem por finalidade verificar seus conhecimentos sobre o assunto.

Responda as questões individualmente. Deixe em braço as questões que não souber responder. O resultado deste teste não terá influência no seu conceito final da disciplina. Sua colaboração é muito importante.

Dados do Estudante

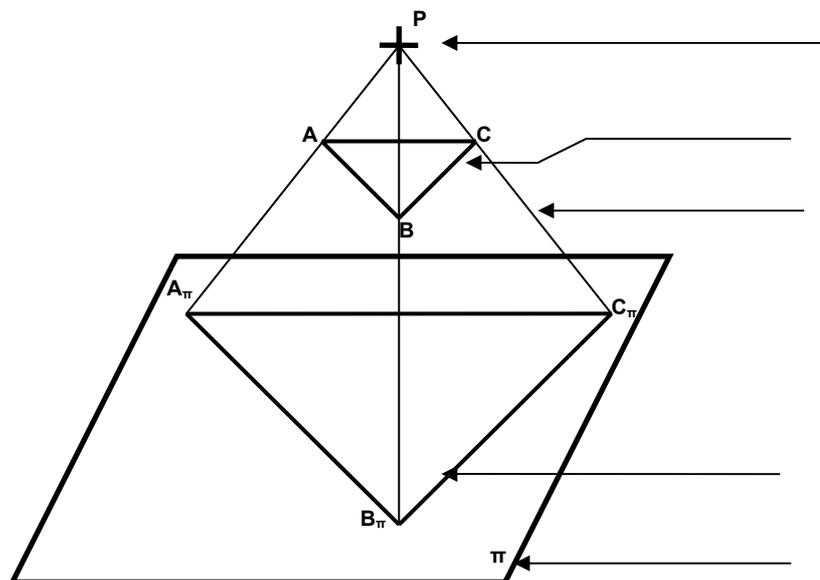
Nome: _____ **Turma:** _____

Ano que ingressou na UFRGS: _____ Já cursou a ARQ-03320? ()Sim ()Não

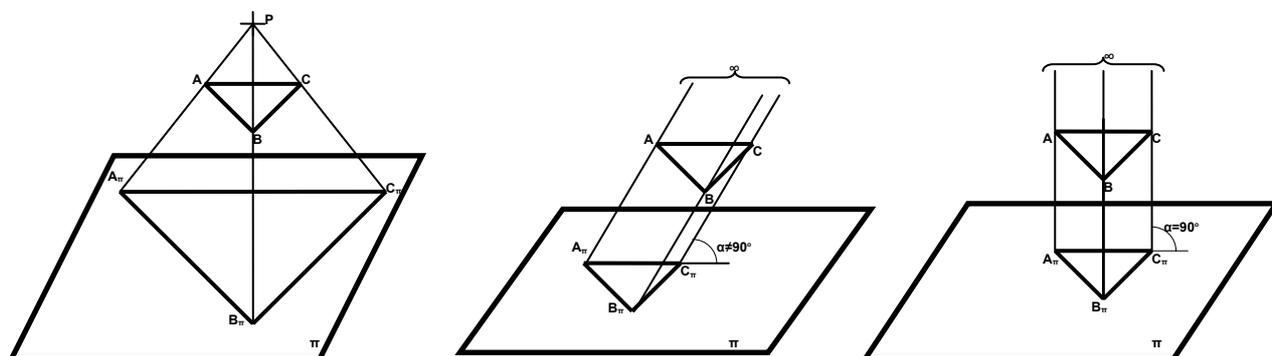
Além de estudar você trabalha? ()Sim ()Não Se sim, quantas horas trabalha? _____

Quantas disciplinas cursa além da ARQ-03320? _____.

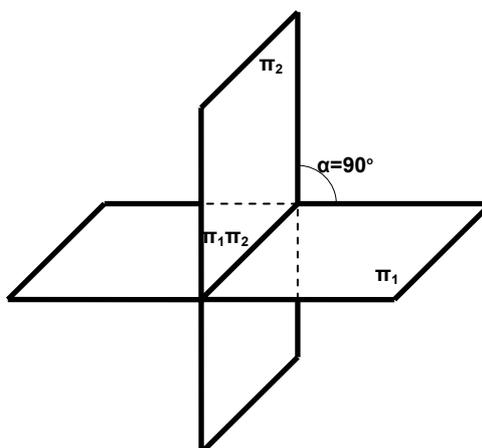
1. A Geometria Descritiva utiliza projeções para representar objetos tridimensionais sobre um plano. Logo, é necessário conhecer algo mais sobre um sistema projetivo. Complete a figura abaixo com os elementos de um sistema projetivo.



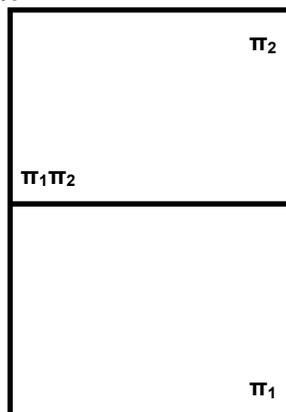
2. As figuras abaixo representam sistemas projetivos, identifique-os.



3. Na figura abaixo o espaço é dividido em quatro diedros que são criados através da disposição dos planos de projeção horizontal e vertical. Identifique os diedros na figura.



4. Da planificação do sistema de planos do exercício anterior obtém-se a figura plana abaixo. Qual é o nome desta figura?



5. A partir da figura em anexo, identifique os seguintes elementos geométricos:

- pontos de maior cota: _____
- pontos de menor cota: _____
- pontos de maior afastamento: _____
- pontos de menor afastamento: _____

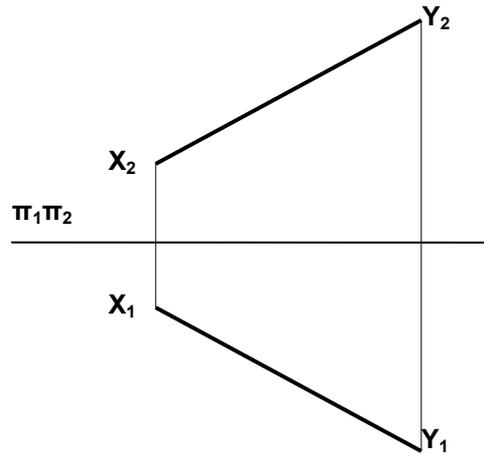
5.1 A partir da figura em anexo identifique os seguintes segmentos de reta, conforme suas projeções:

Segmentos de reta	Em π_1	Em π_2
Projeções em V.G.		
Projeções acumuladas		
Projeções reduzidas		

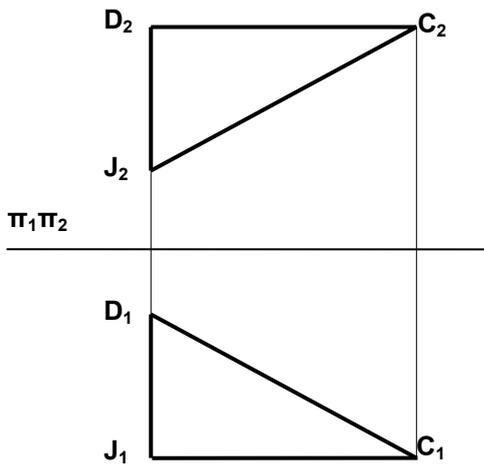
5.2 A partir da figura em anexo identifique as seguintes faces planas, conforme suas projeções:

Faces planas	Em π_1	Em π_2
Projeções em V.G.		
Projeções acumuladas		
Projeções reduzidas		

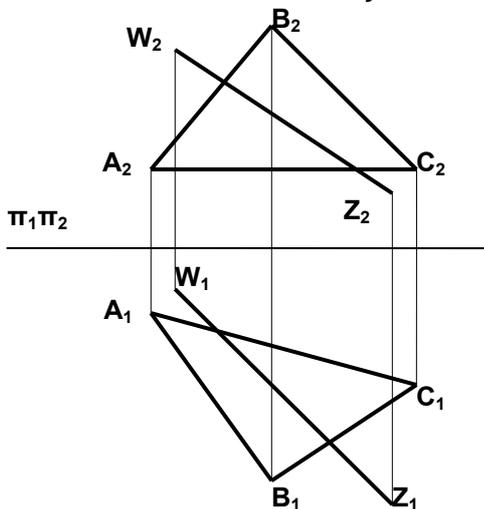
6. Determinar a V.G. do segmento de reta XY através de qualquer método descritivo apresentado na ARQ-03317.



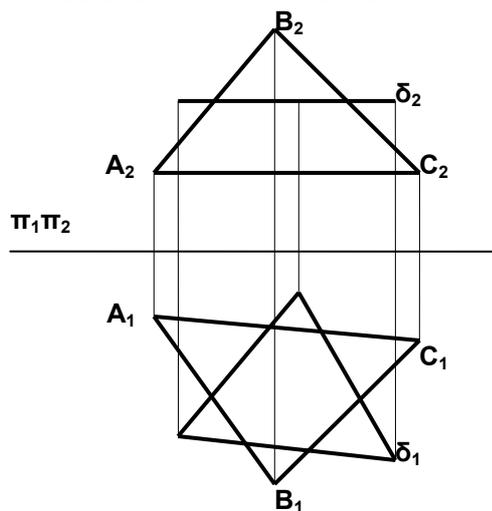
7. Determinar a área do triângulo 'CDJ', dado por suas projeções.



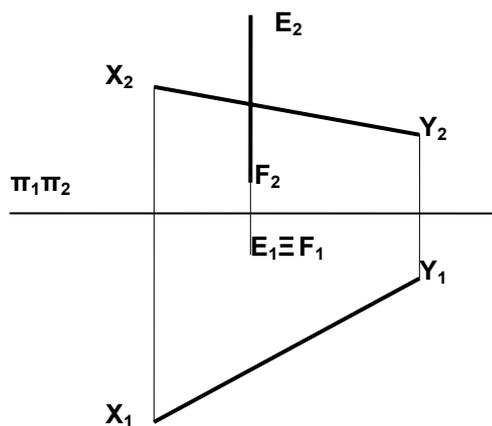
8. Determinar a interseção do plano 'ABC' com a reta 'WZ'. Analisar a visibilidade.



9. Determinar a interseção entre os dois planos (**ABC** e δ) representados na figura abaixo. Analisar a visibilidade.



10. Determinar o segmento distância entre as duas retas 'XY' e 'EF'.



APÊNDICE 4

TESTE DE ASSOCIAÇÃO ESCRITA DIRIGIDA DE CONCEITOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS

FACULDADE DE ARQUITETURA – FARQ

Departamento de Expressão Gráfica – DEG

ARQ-03320 – Geometria Descritiva III

Prof. Régio Pierre da Silva

Nome : _____ Turma : _____

Teste de associação escrita dirigida de conceitos – TAEDC

Instruções

Em uma folha anexa encontra-se uma lista de conceitos de Geometria Descritiva. Este teste tem por objetivo verificar quais os conceitos desta lista que você associa com um outro conceito dado.

Em cada página que segue você encontrará o nome de um conceito (ou palavra). Consulte a folha anexa e escreva, abaixo de cada conceito, o nome dos **conceitos da lista** que você considera estarem relacionados com ele. Escreva na primeira linha o conceito mais relacionado com o conceito dado; na linha seguinte o segundo conceito mais relacionado e assim por diante. A cada conceito dado você pode associar tantos outros conceitos (palavras) da lista quantos quiser. Além disto, um determinado conceito da lista pode ser associado a mais de um dos conceitos dados.

Não existem associações certas ou erradas e não há limite de tempo para completar o teste.

Distância

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

Épura

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

Interseção

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

Método Mongeano

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

Mudança de Plano de Projeção (MPP)

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

Paralelismo

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

Perpendicularismo

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

Pertinência

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

Plano

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

Rebatimento

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

Rotação

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

Sistema projetivo

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

Teste de associação escrita dirigida de conceitos – TAEDC

Lista de conceitos:	alçamento
	centro de projeção
	diedro
	distância
	eixo
	épura
	interseção
	linha de chamada
	linha de terra
	método mongeano
	mudança de plano de projeção (MPP)
	paralelismo
	paralelo
	perpendicular
	perpendicularismo
	plano
	plano de projeção
	plano frontal
	plano horizontal
	plano oblíquo
	ponto
	projeção
	projeção acumulada (PA)
	projeção em verdadeira grandeza (VG)
	projeção reduzida (PR)
	projetantes
	rebatimento
	rebatimento
	reta
	reta frontal
	reta horizontal
	reta oblíqua
	rotação
	sistema projetivo
	visibilidade
	vistas auxiliares

APÊNDICE 5
MAPAS CONCEITUAIS

MAPAS CONCEITUAIS – GRUPO EXPERIMENTAL

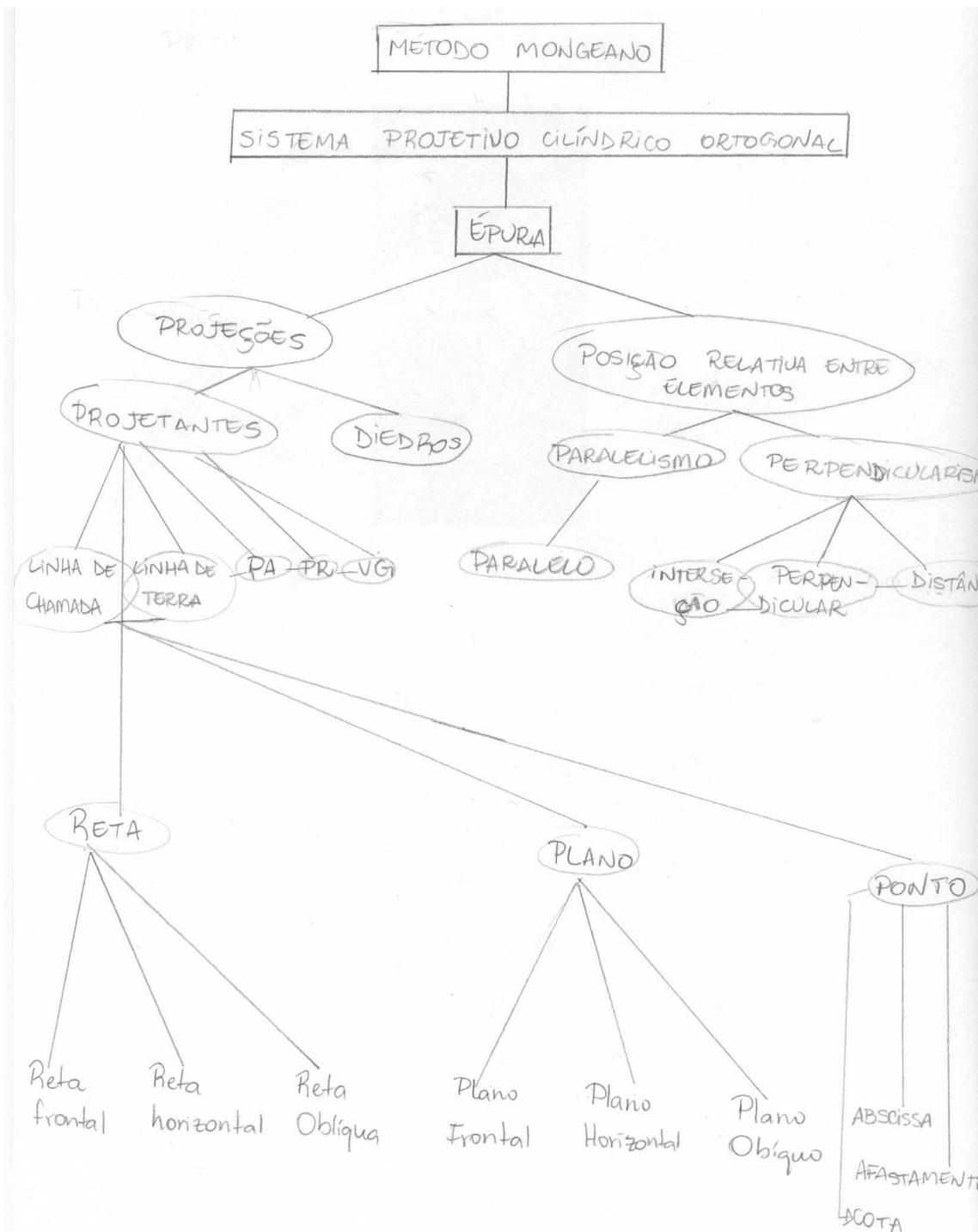


Figura 13 – Mapa conceitual aluno #2 no pré-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pré-teste.

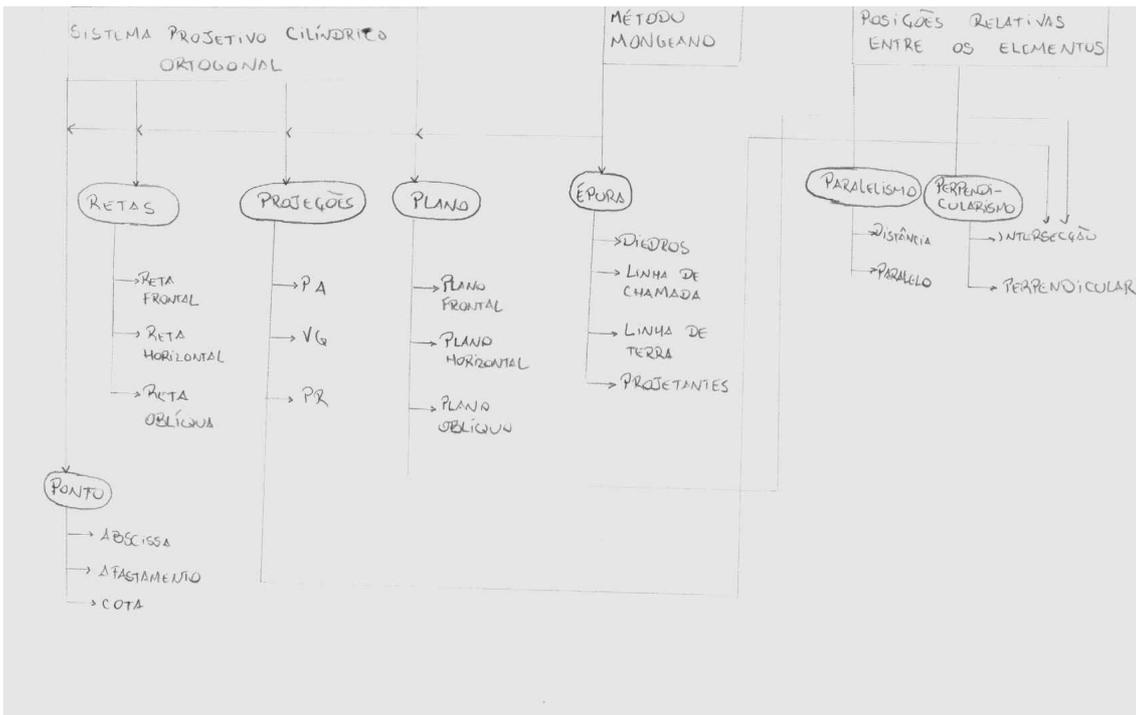


Figura 14 – Mapa conceitual aluno #13 no pré-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pré-teste.

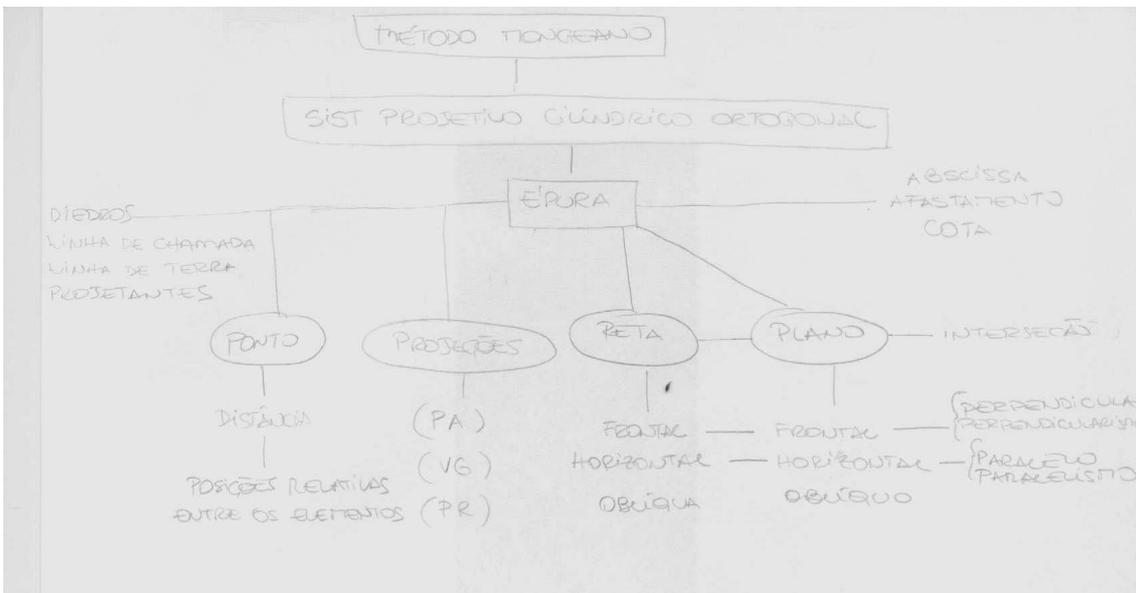


Figura 15 – Mapa conceitual aluno #21 no pré-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pré-teste.

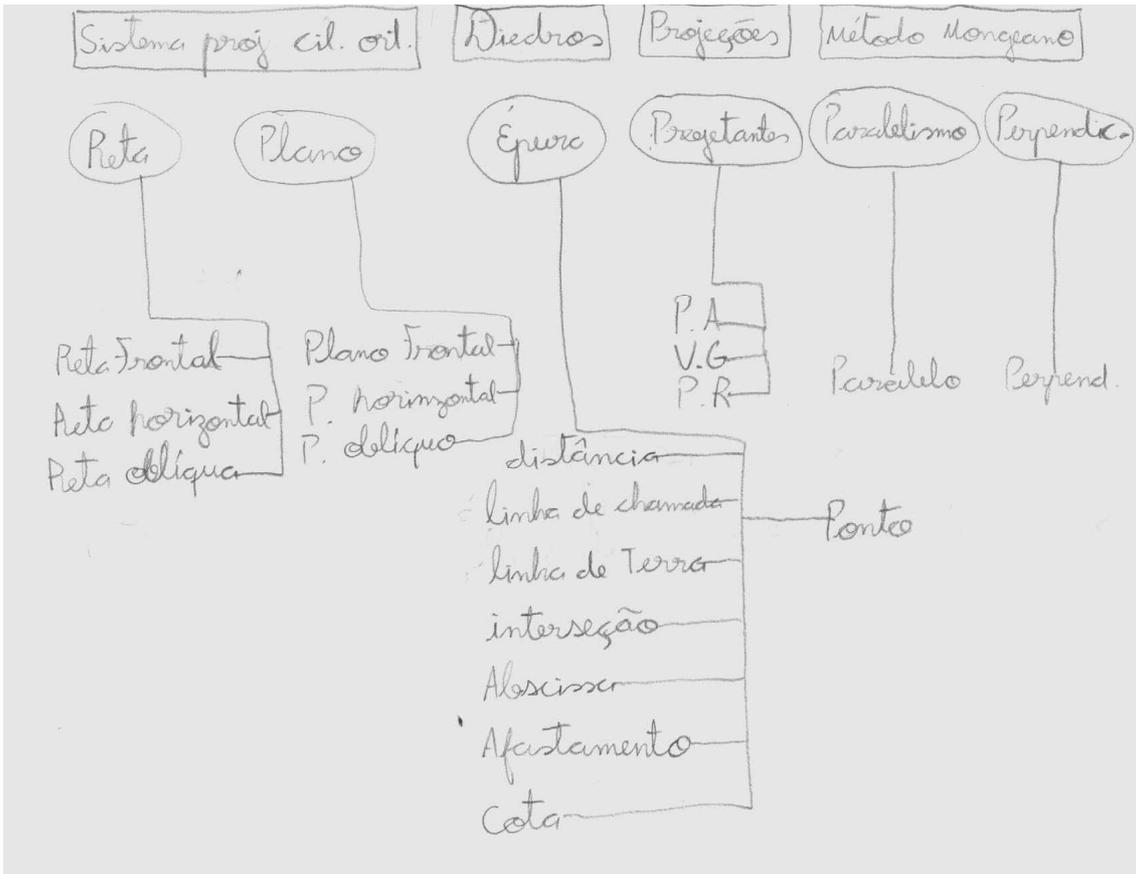


Figura 16 – Mapa conceitual aluno #27 no pré-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pré-teste.

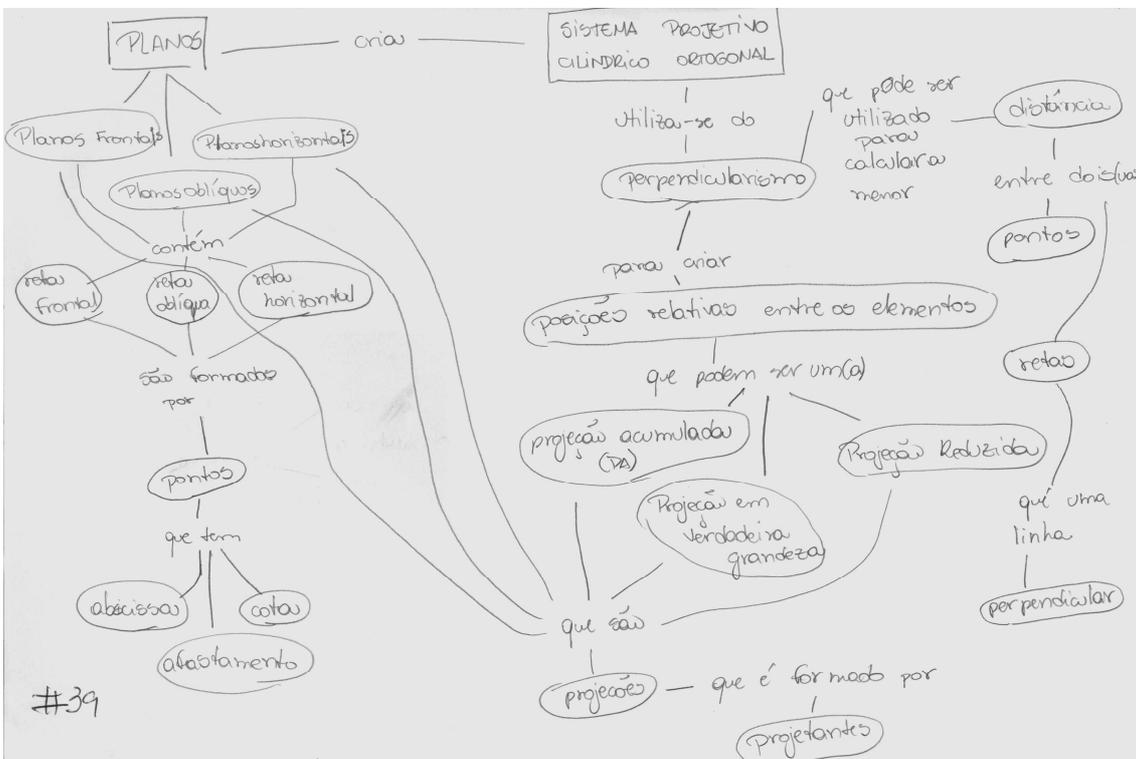


Figura 17 – Mapa conceitual aluno #39 no pré-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pré-teste.

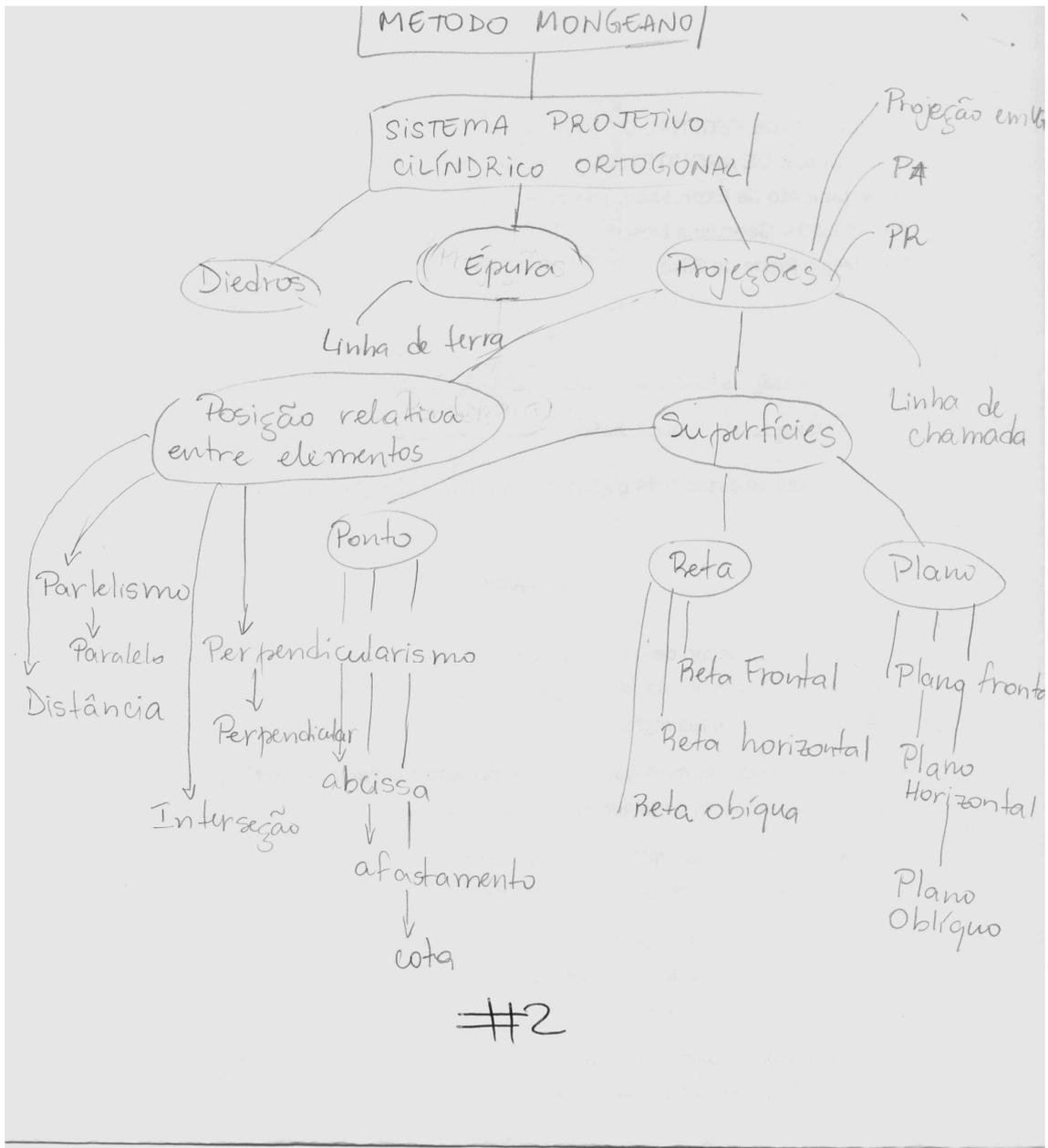


Figura 18 – Mapa conceitual aluno #2 no pós-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pós-teste.

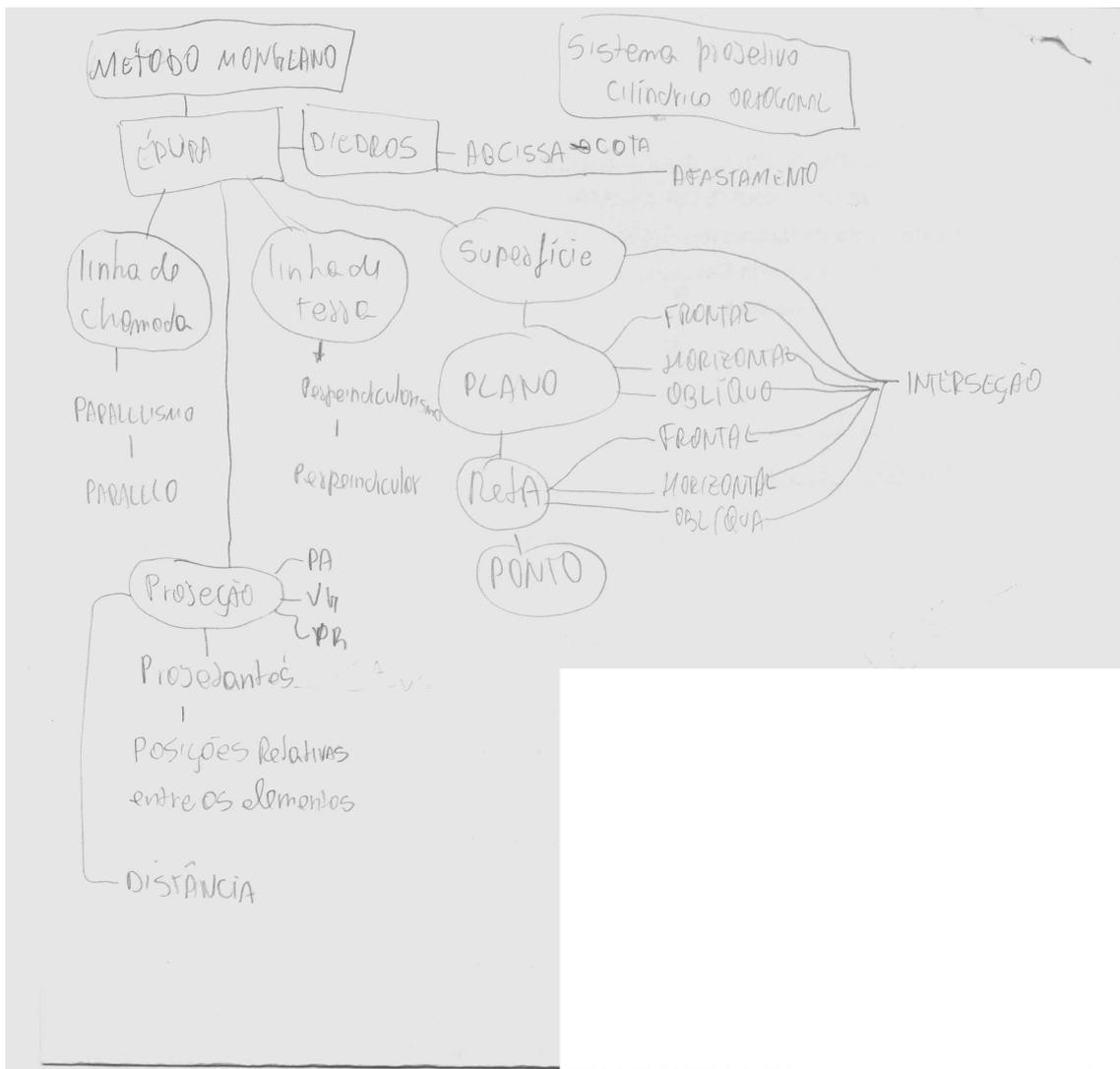


Figura 19 – Mapa conceitual aluno #5 no pós-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pós-teste.

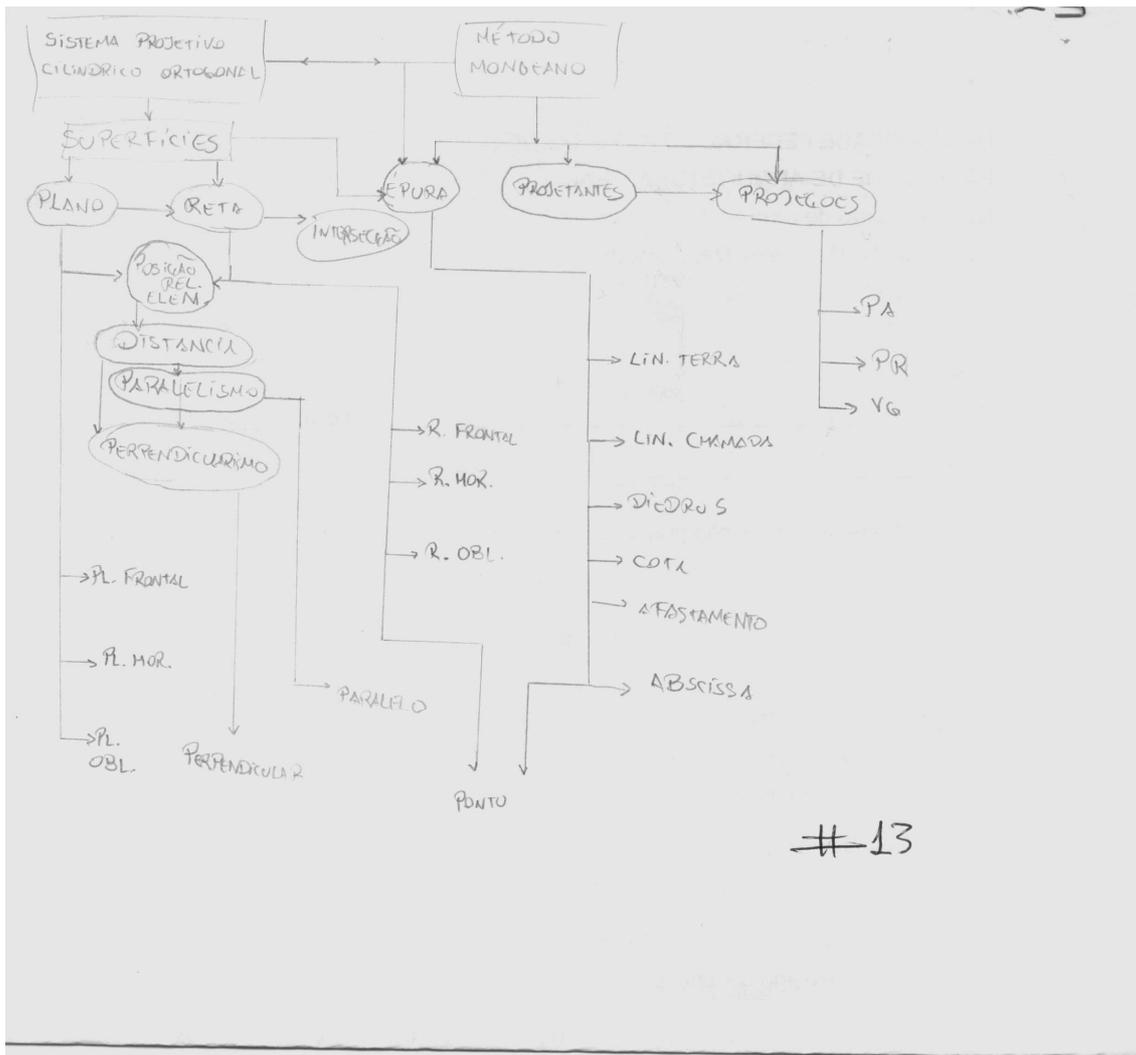


Figura 20 – Mapa conceitual aluno #13 no pós-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pós-teste.

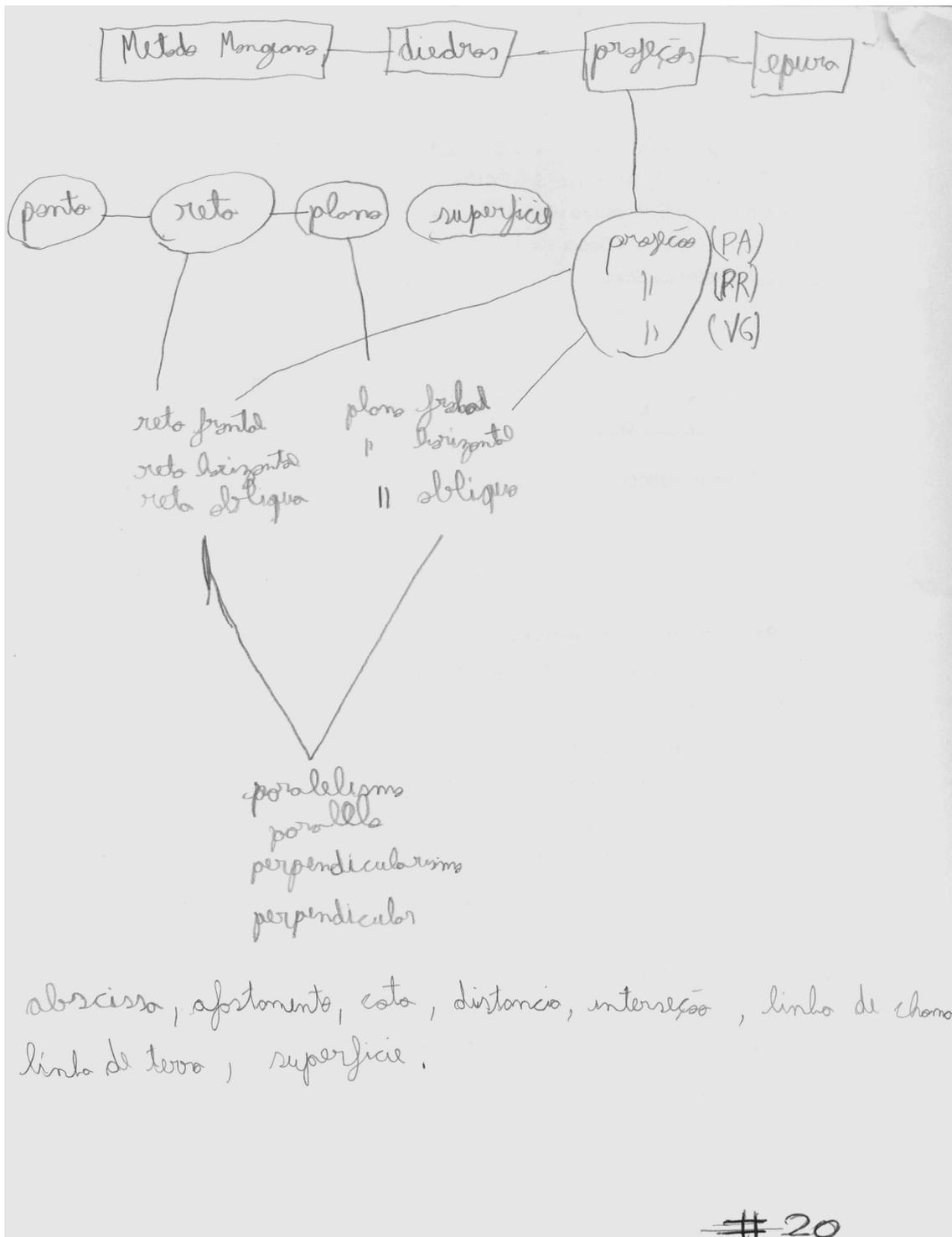


Figura 21 – Mapa conceitual aluno #20 no pós-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pós-teste.

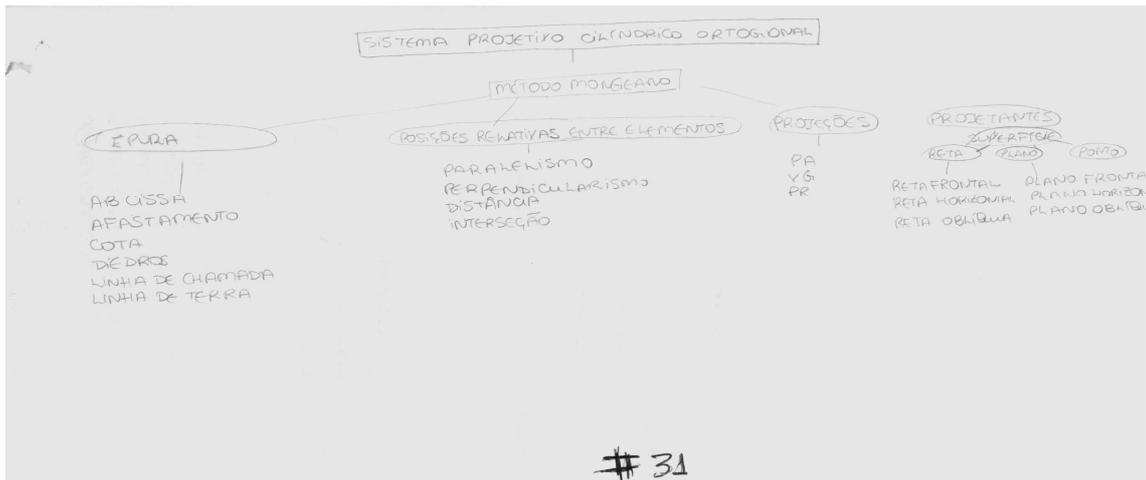


Figura 22 – Mapa conceitual aluno #31 no pós-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pós-teste.

MAPAS CONCEITUAIS – GRUPO DE CONTROLE

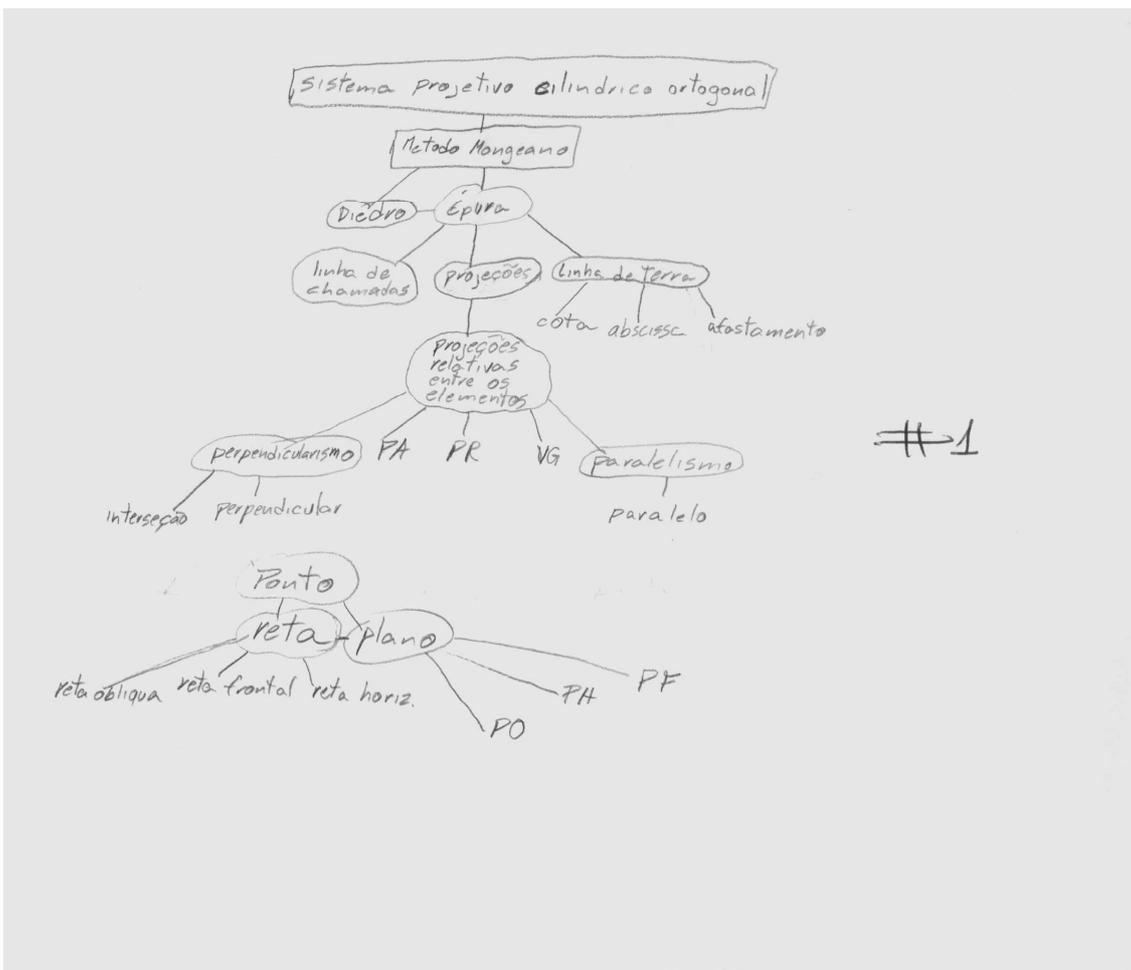


Figura 23 – Mapa conceitual aluno #1 no pré-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pré-teste.

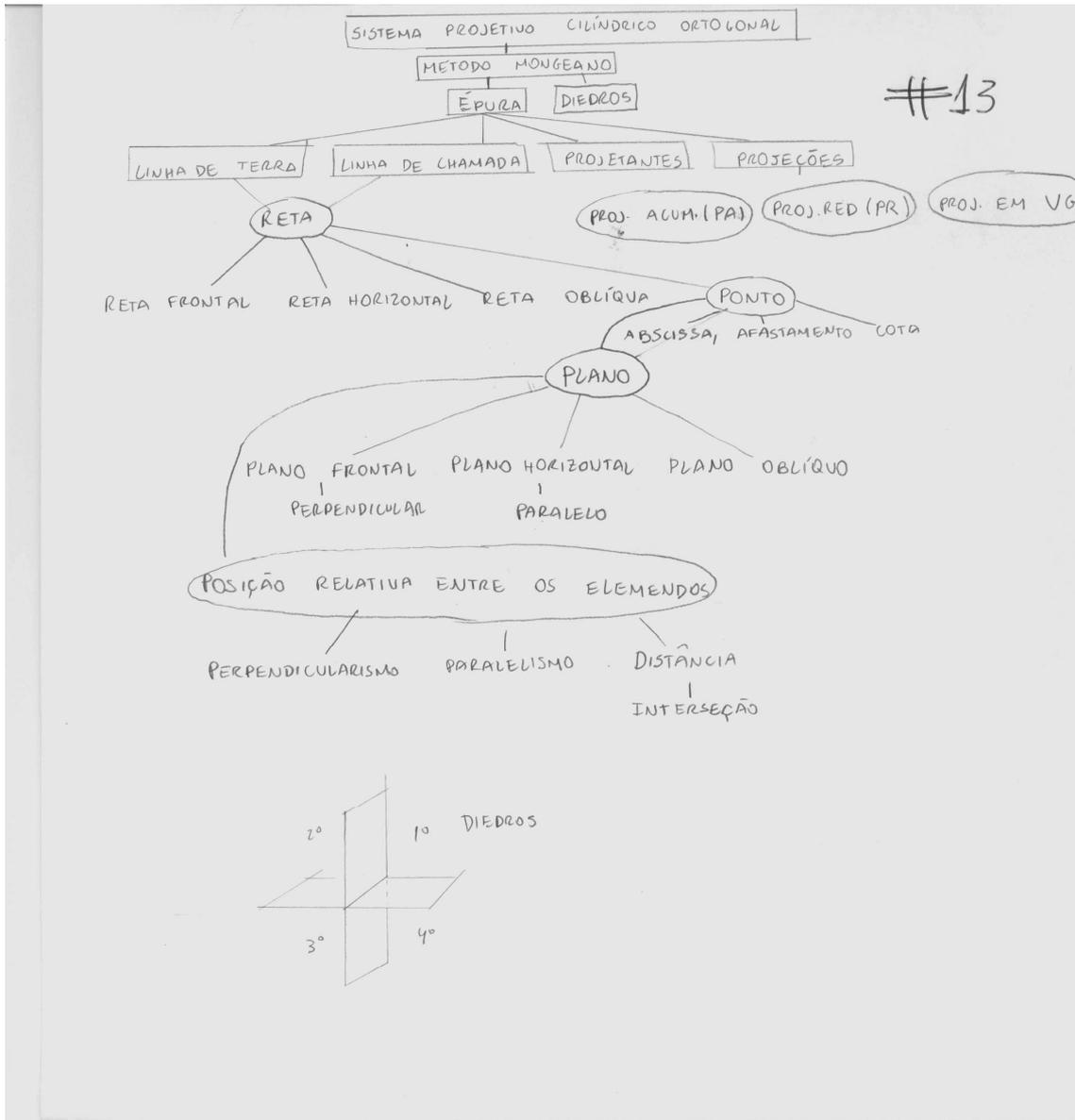


Figura 24 – Mapa conceitual aluno #13 no pré-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pré-teste.

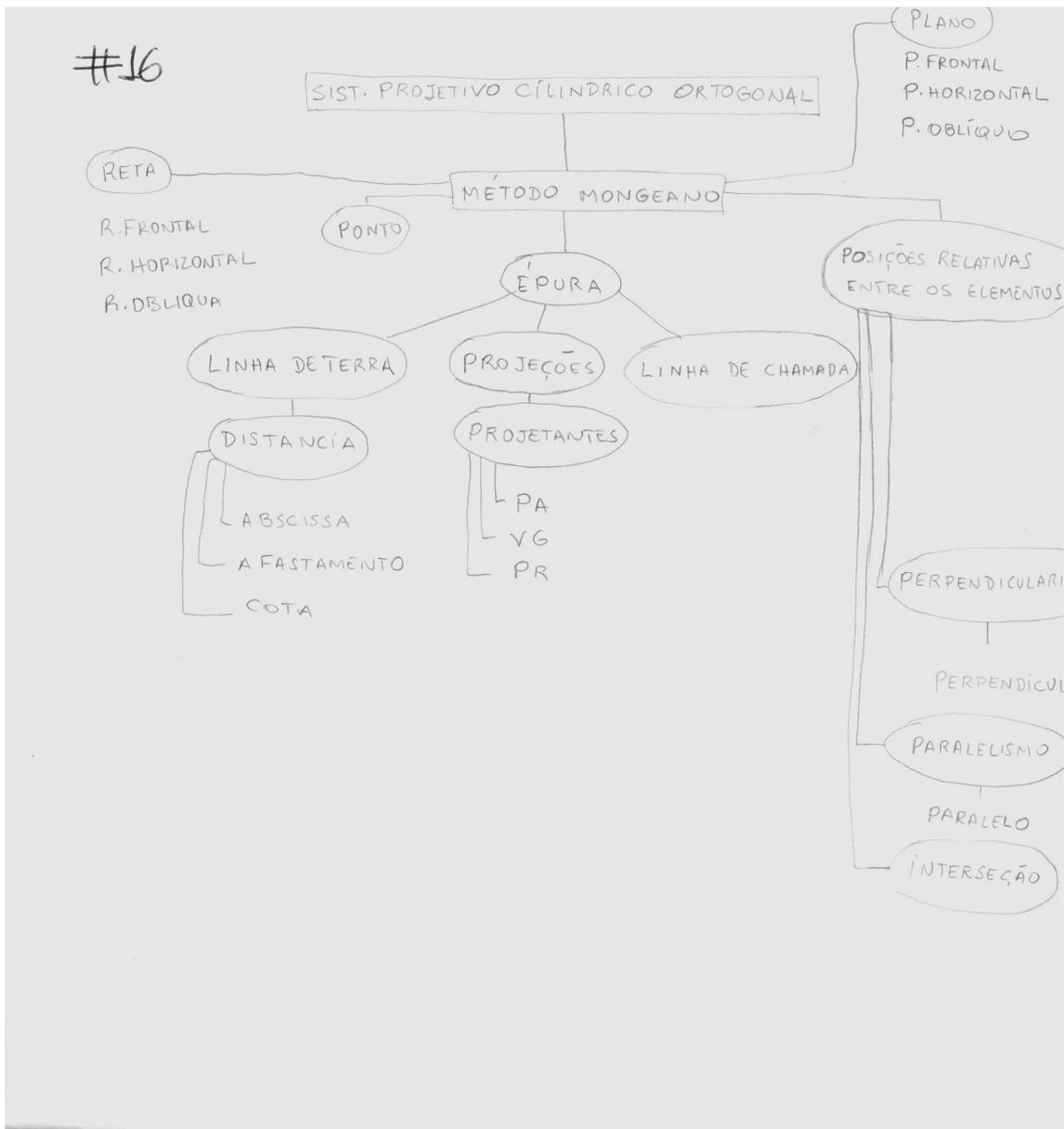


Figura 25 – Mapa conceitual aluno #16 no pré-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pré-teste.

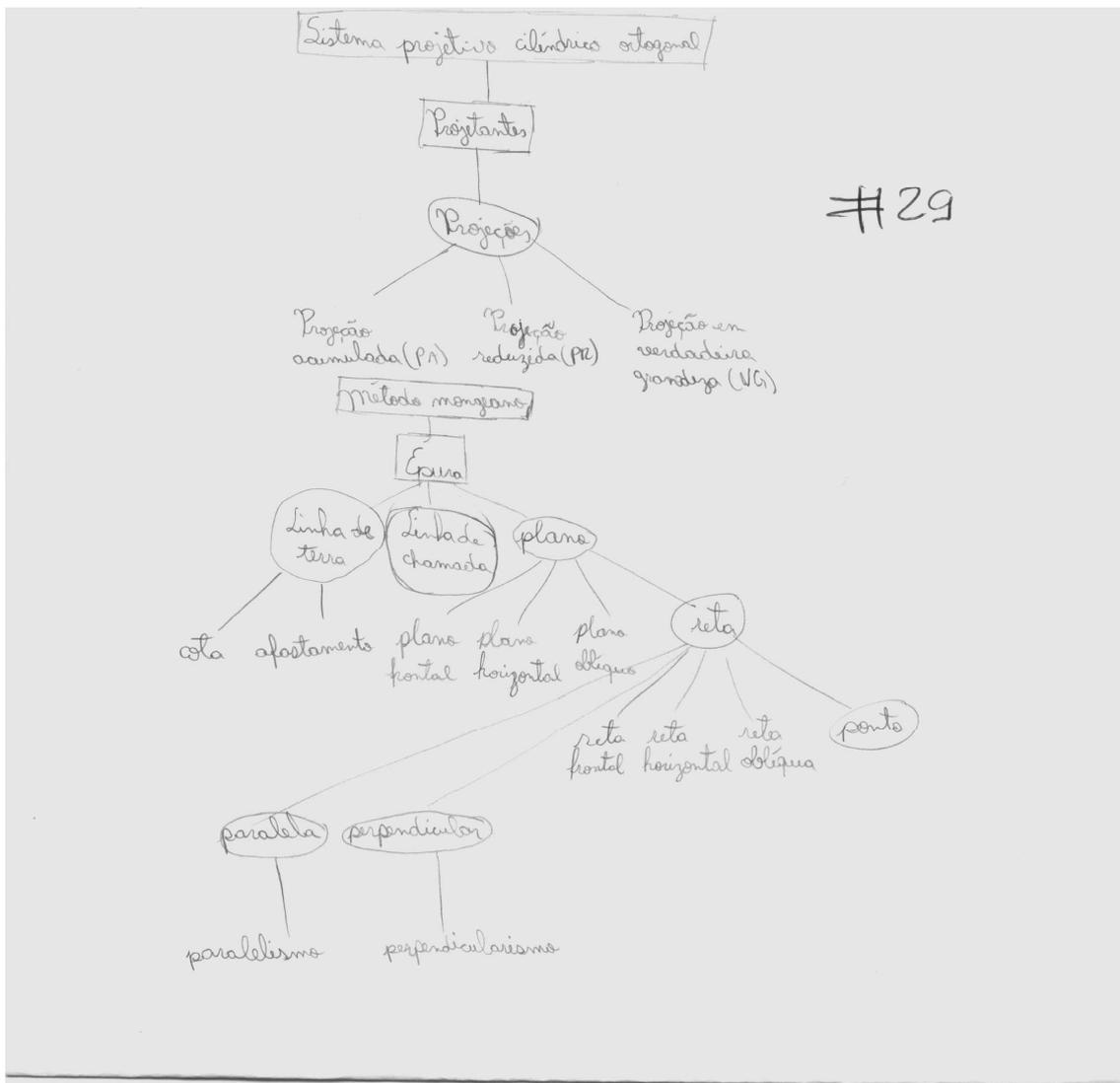


Figura 26 – Mapa conceitual aluno #29 no pré-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pré-teste.

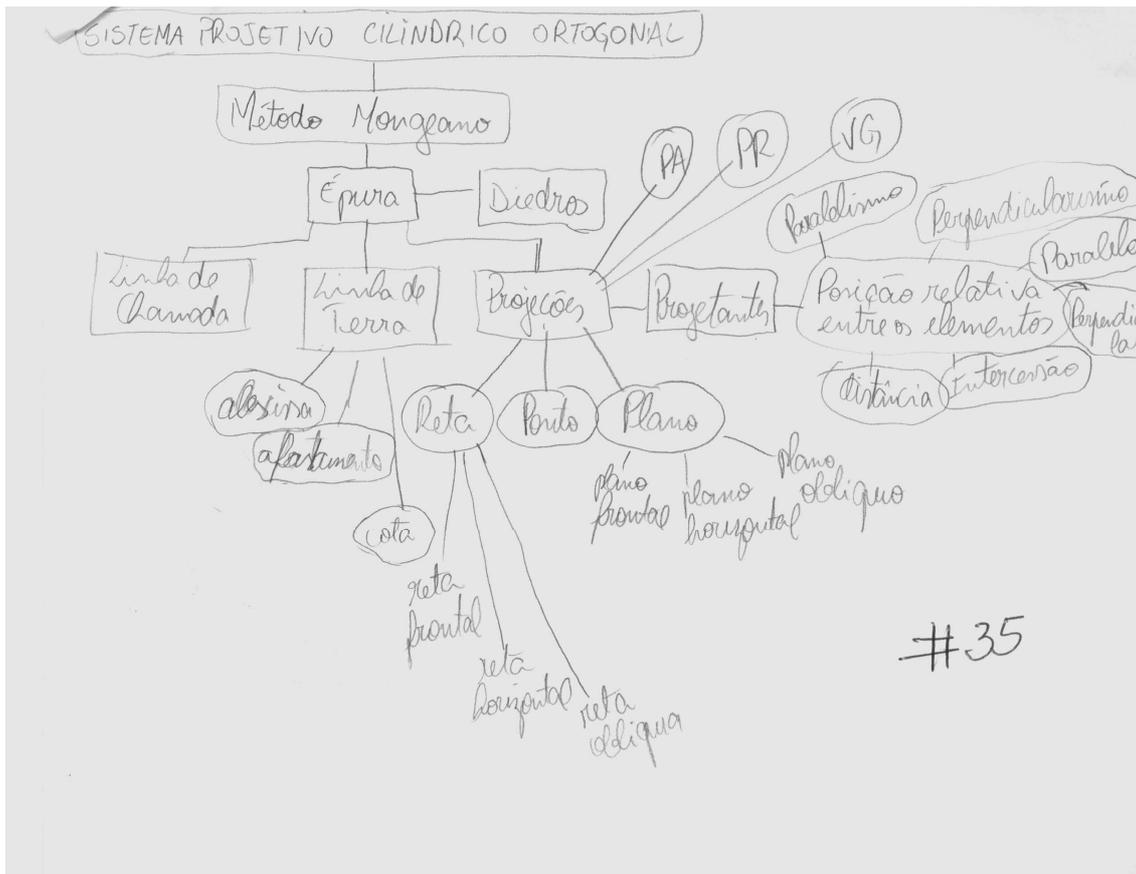


Figura 27 – Mapa conceitual aluno #35 no pré-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pré-teste.

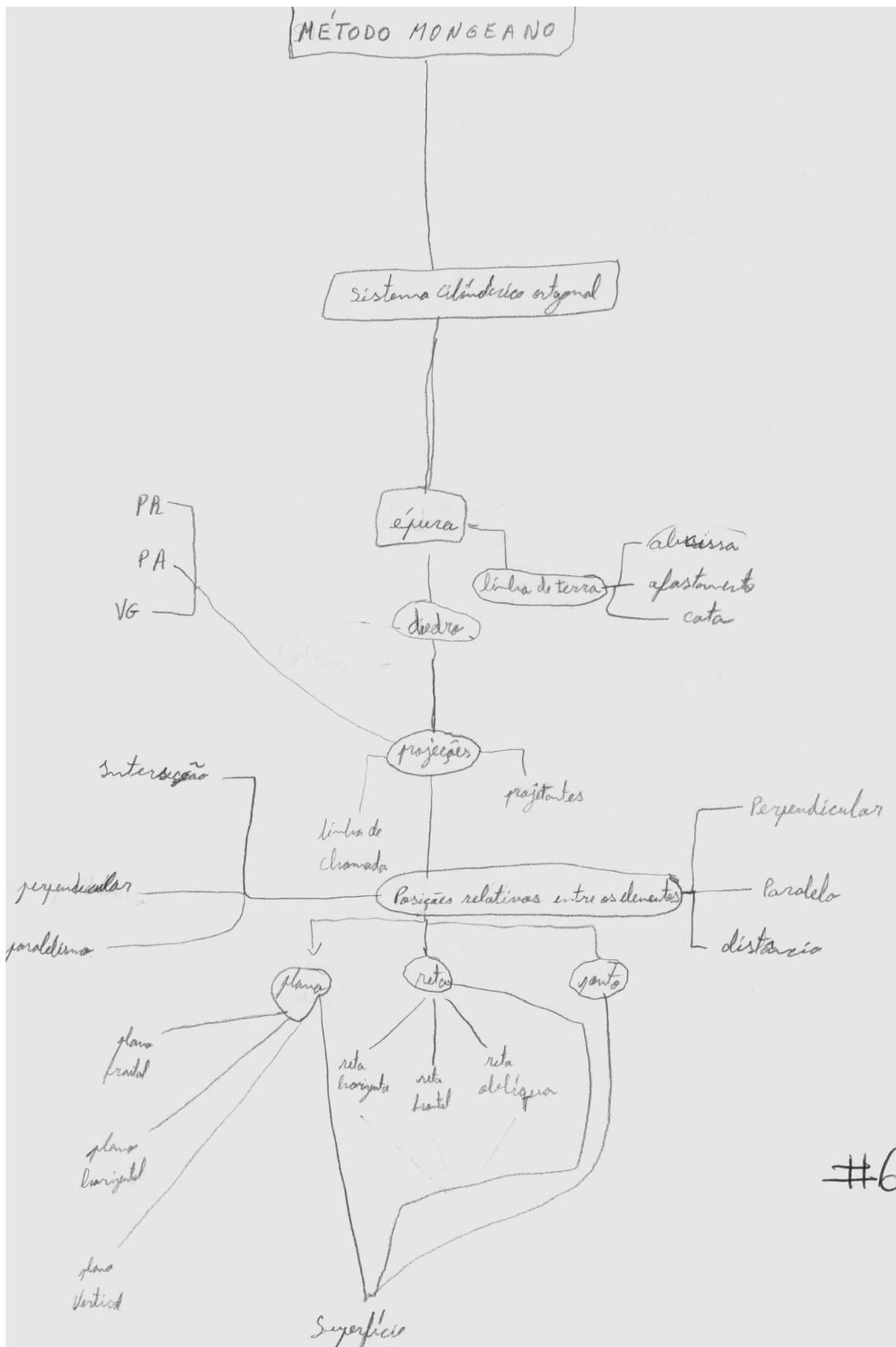


Figura 28 – Mapa conceitual aluno #6 no pós-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pós-teste.

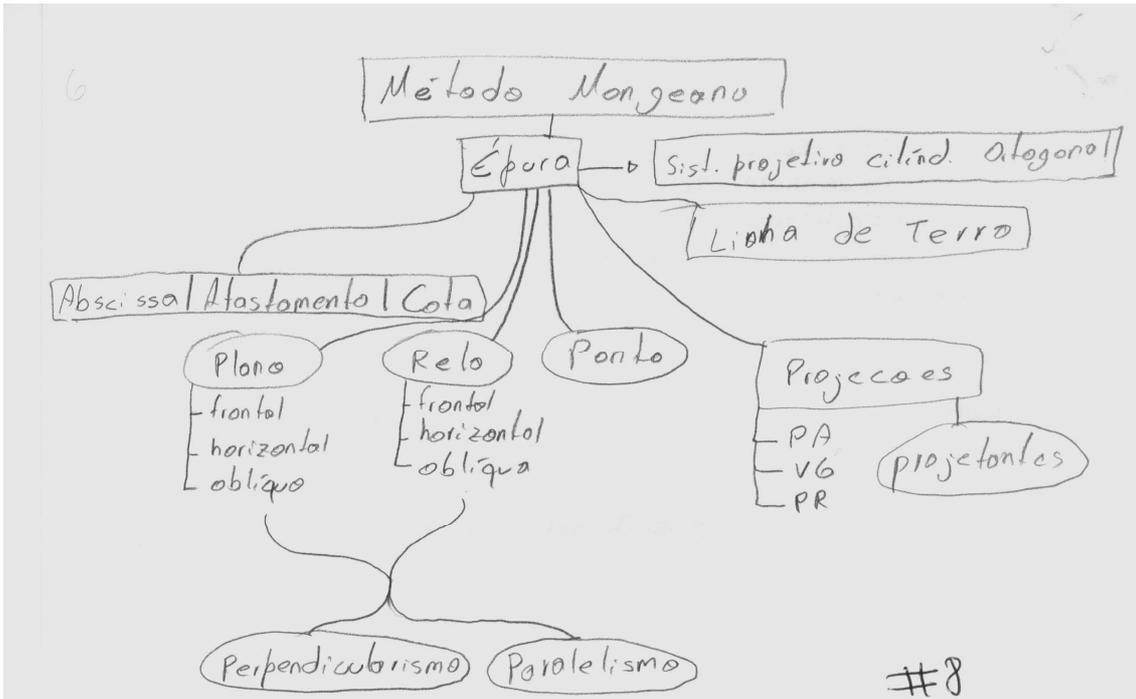


Figura 29 – Mapa conceitual aluno #8 no pós-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pós-teste.

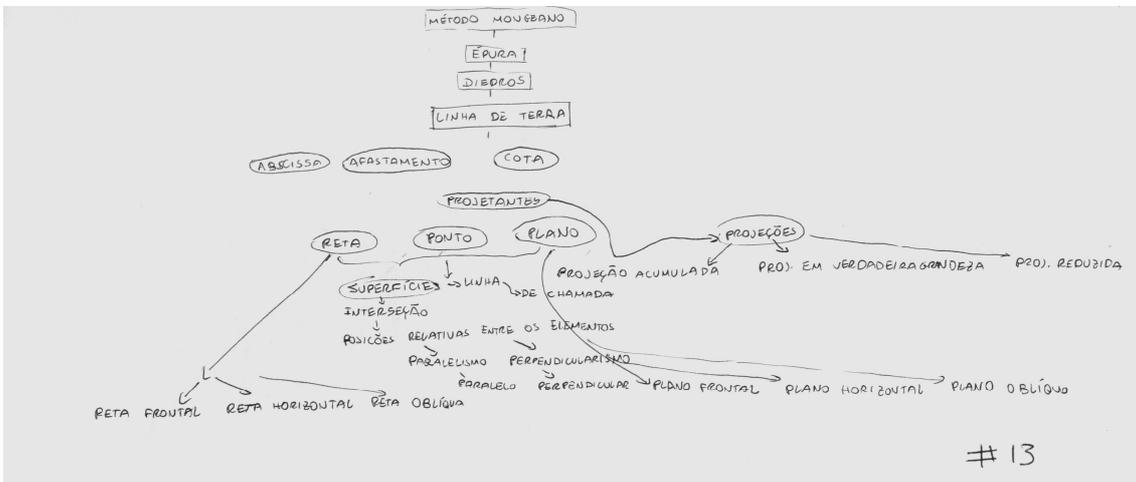


Figura 30 – Mapa conceitual aluno #13 no pós-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pós-teste.

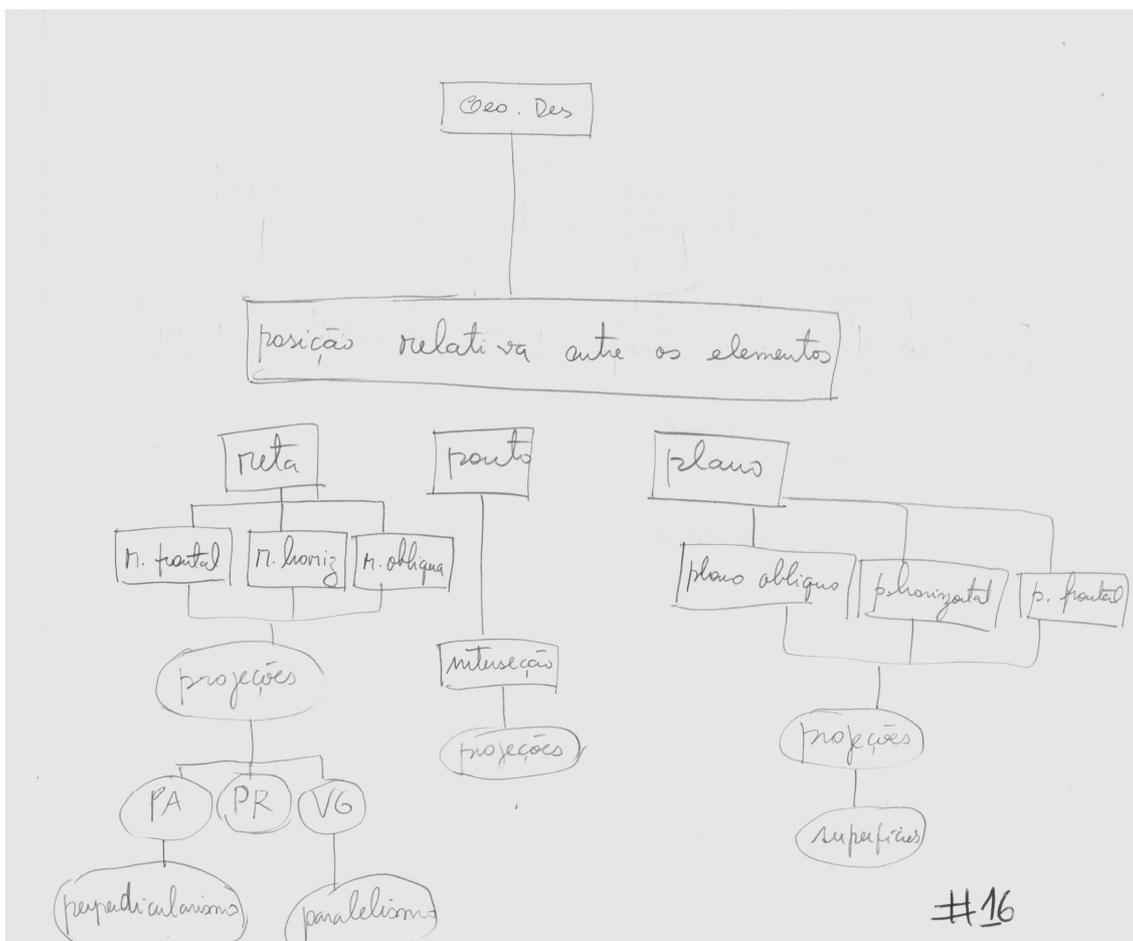


Figura 31 – Mapa conceitual aluno #16 no pós-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pós-teste.

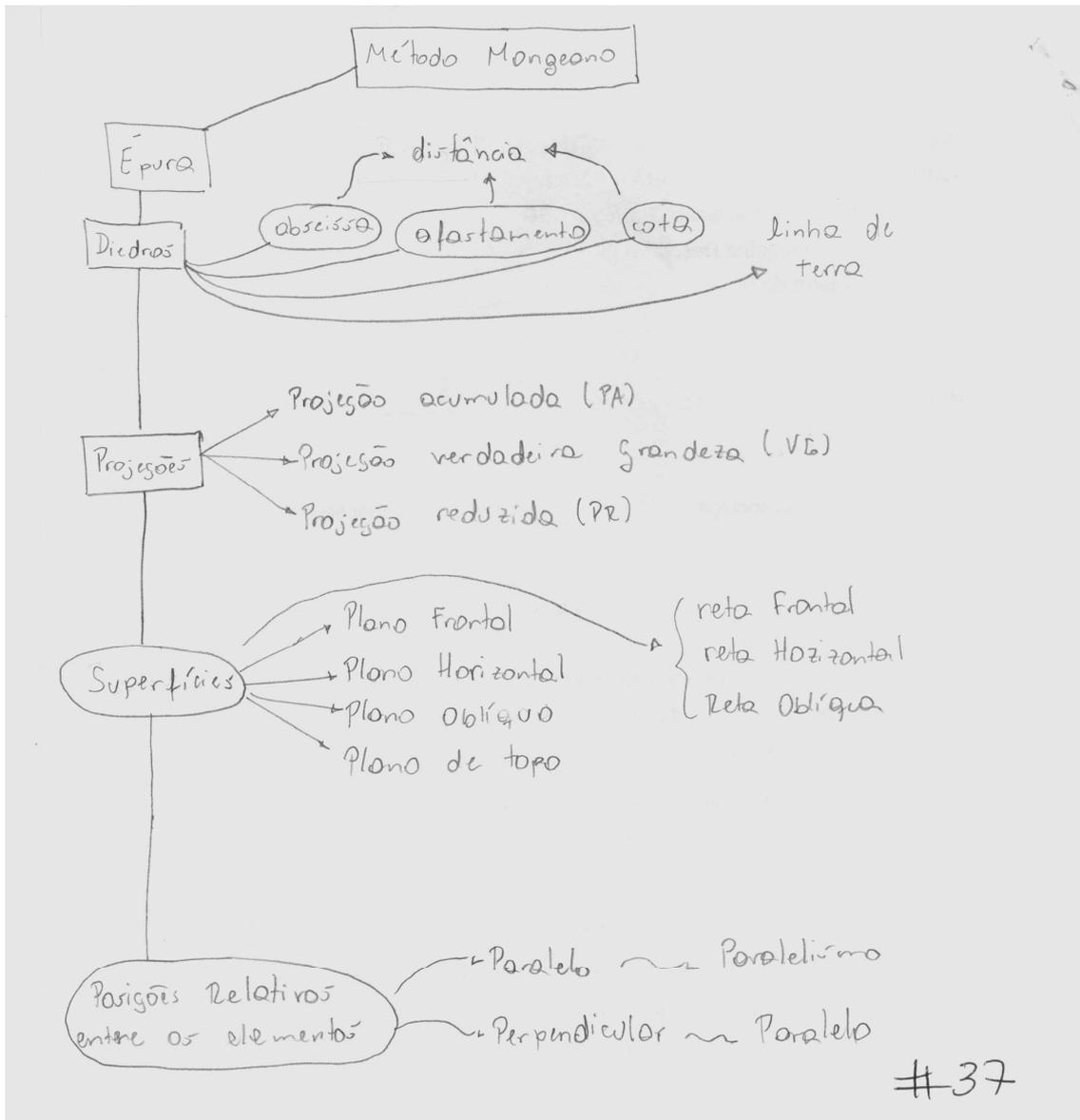


Figura 32 – Mapa conceitual aluno #37 no pós-teste.

Fonte: Teste de mapas conceituais no pós-teste.

APÊNDICE 6
ESCORES MÉDIOS DOS MAPAS CONCEITUAIS

ESCORES MÉDIOS – GRUPO EXPERIMENTAL

Tabela 21 – Escores médios dos mapas conceituais no pré-teste.

Grupo de mapas 1	Médias			
Aluno	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4
#1	2,333333	2,333333	2,333333	1,333333
#2	2,333333	2,666667	3	2,666667
#3	1,666667	1,666667	1,333333	1,333333
#4	2	2	2	1,333333
#5	1,333333	2	2	1
#6	2,666667	2,666667	2,333333	1,333333
#7	2,333333	2	2,333333	1,333333
#8	2	2	2	1,666667
#9	1,666667	1,333333	1,666667	1,333333
#10	2	2	2	1
#11	1,666667	2	2,666667	1
#13	3	3	3	2,666667
#14	2	1,666667	1,666667	1,333333
#15	1,666667	1,666667	1,333333	1,333333
#16	2,666667	2,333333	2,333333	2
#17	2,333333	2	2,666667	2,333333
#18	1	1,666667	1,666667	1,666667
#19	2	1,666667	2	1,666667
#20	2,666667	1,666667	1	1
#21	2,666667	2	2,333333	2,333333
#22	1,333333	1	1,333333	1
#23	1	1,333333	1,333333	1
#24	2,666667	2	2	2,333333
#25	1	1	1	1
#26	2	2	2	2
#27	2,333333	2,333333	2,666667	2,333333
#28	3	2,333333	2,333333	2,333333
#31	2,666667	2,333333	2,333333	2,666667
#32	2,666667	2	2,333333	2
#33	1,666667	1,333333	1,666667	1
#34	2	2,333333	2,333333	1,666667
#35	2,666667	2,666667	2,333333	2
#36	1,333333	2	1,666667	1
#37	1,333333	1,666667	1,666667	1,333333
#38	2,666667	2	2,333333	2
#39	2	2	1,333333	2,333333
#40	1,333333	1,333333	1	1,333333
Média	2,045045	1,945946	1,981982	1,648649
Desvio Padrão	0,58353	0,454834	0,538321	0,560786

Fonte: Teste de mapas conceituais no pré-teste.

Tabela 22 – Escores médios dos mapas conceituais no pós-teste.

Grupo de mapas 2	Médias			
Aluno	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4
#1	1,666667	2	1,333333	1,666667
#2	2,333333	2	2,333333	2
#3	1	1,333333	1,666667	1
#5	2,333333	2,333333	2,333333	2,333333
#7	1,666667	1,666667	1,666667	1,666667
#8	2	1,333333	2	1,666667
#9	2	1,666667	2,333333	1,666667
#10	1,666667	1,333333	1,333333	1,333333
#11	2	2	2	1,333333
#13	3	2,333333	3	3
#16	3	2	1,333333	1,333333
#17	2	2	2	1,333333
#18	1,333333	1,333333	1,333333	1,666667
#19	2	1,333333	1	1
#20	2	2	2,666667	2
#22	2,333333	2	1,666667	1,333333
#24	2,333333	2	2,333333	2
#25	2	2	2,666667	1,666667
#26	1,333333	1,666667	2	1,333333
#29	2	1,666667	1,333333	1,333333
#31	3	2	2,666667	2
#33	2	1,666667	1,666667	1
#34	1	1,333333	1,333333	1,333333
#36	1,666667	2,333333	2,333333	1,333333
#37	2	1,666667	2	1
#39	1,333333	1,666667	1,333333	1,333333
#40	1	1,333333	2	1
Média	1,925926	1,777778	1,91358	1,54321
Desvio Padrão	0,557262	0,333333	0,527797	0,463618

Fonte: Teste de mapas conceituais no pós--teste.

ESCORES – GRUPO DE CONTROLE

Tabela 23 – Escores médios dos mapas conceituais no pré-teste.

Grupo de mapas 3	Médias			
Aluno	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4
#1	2,666667	2	2,333333	2
#2	2,333333	1,666667	2,333333	1,666667
#3	2,333333	2,333333	1,333333	1,333333
#4	1,333333	1,333333	1	1
#5	2,333333	2	1,333333	1,666667
#6	2,333333	1,666667	1,333333	1,333333
#7	2,666667	1,666667	1	1,666667
#8	2,666667	1,666667	1	1,666667
#9	2,666667	1,333333	1,333333	1
#10	2	1,666667	1,333333	2
#11	1,666667	1,333333	1,666667	2
#13	2,333333	1,666667	1,666667	2
#14	2,333333	1,333333	2	1
#15	2	1,666667	1	1,333333
#16	2,666667	2	1,666667	2,666667
#17	2	1,333333	1,333333	1,333333
#18	2	1,333333	1,666667	1
#19	2,333333	1,666667	1,333333	1
#20	2,333333	1,666667	1	1
#21	2,666667	1,333333	1,666667	1,666667
#22	2,666667	1,666667	2	1,666667
#23	1,666667	1,666667	1	1,333333
#24	2	1,666667	1,333333	1
#25	2,333333	1,666667	2	1,333333
#26	2,333333	1,333333	2,333333	2
#27	2,333333	1,666667	2,333333	2
#28	2,333333	1,333333	1	1,333333
#29	2,333333	2	2,333333	2
#30	2,666667	1,333333	1,666667	1
#31	2,666667	1,666667	2	1,333333
#32	2,333333	2,333333	2,666667	1,666667
#33	2,333333	1,666667	1,333333	1,666667
#34	2,333333	1,666667	1	1,333333
#35	2	2	1,666667	2
#37	1,666667	1	1	1
#39	3	1,666667	1,666667	1,666667
#40	2	1,666667	1,666667	1,666667
#41	2	1,666667	1,333333	1,333333
#42	1,666667	1,333333	1	1
#43	2,333333	1,666667	1,333333	1
Média	2,266667	1,633333	1,55	1,491667
Desvio Padrão	0,355662	0,280415	0,474717	0,413363

Fonte: Teste de mapas conceituais no pré-teste.

Figura 24 – Escores médios dos mapas conceituais no pós-teste.

Grupo de mapas 4	Médias			
Aluno	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4
#1	1,666667	1,666667	1,333333	1,333333
#3	1,666667	1,333333	2	1,333333
#4	1,666667	1	1,333333	1
#5	1,666667	1,666667	1	1
#6	2,666667	2	2,333333	2
#7	1,666667	1,333333	1,333333	1,333333
#8	1,666667	1,666667	2	2
#9	1,666667	2	1	1,666667
#10	2,666667	2,333333	2,666667	2,333333
#13	1,666667	2,333333	2,333333	2
#15	2	1,666667	1,333333	1,666667
#16	1	1,333333	1,333333	2
#17	2,333333	2	1,666667	1,333333
#18	1,666667	1,333333	1,666667	1,333333
#19	1,666667	1,333333	1	1,333333
#20	1,666667	1,666667	1	1,333333
#21	1,666667	1,666667	2,333333	1,333333
#23	1,666667	1,666667	1,666667	1,333333
#24	2,333333	1,333333	1	1
#25	2,333333	1,666667	1,333333	1,666667
#26	1,333333	1,666667	1,333333	1,333333
#27	1,666667	1	1,666667	1,333333
#28	1,666667	1,666667	1	1
#29	1,666667	1,333333	1	1
#31	1,666667	1,333333	1,333333	1
#33	2,333333	1,666667	1,333333	1,333333
#35	1,666667	1	1,333333	1
#36	1,666667	1,666667	1,666667	1,333333
#37	2,333333	1,666667	1,666667	1,666667
#40	1,666667	1	1	1,333333
#42	1,333333	1,666667	1,666667	1
Média	1,806452	1,569892	1,505376	1,408602
Desvio Padrão	0,382721	0,346341	0,462449	0,362192

Fonte: Teste de mapas conceituais no pós--teste.

APÊNDICE 7

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - UFRGS

FACULDADE DE ARQUITETURA – FARQ

Departamento de Expressão Gráfica – DEG

ARQ-03320 – Geometria Descritiva III

Prof. Régio Pierre da Silva

INTRODUÇÃO

A Geometria Descritiva é o ramo da matemática que tem por objetivo representar objetos (planos ou espaciais) sobre um plano, de tal forma que, com o auxílio da geometria plana pode-se interpretar os problemas em que se consideram três dimensões. Esta representação faz-se por meio de **projeções**.

As projeções geradas pelo método descritivo permitem dar uma idéia da **forma** do objeto e de sua **disposição** no espaço, determinar suas **dimensões**, estudar as propriedades geométricas do objeto.

A Geometria Descritiva é a **base teórica** do desenho técnico, assegurando seu caráter expressivo e sua precisão. Possibilitando, assim, a execução dos objetos representados.

Esta disciplina foi concebida por Gaspard Monge, quando este era professor na “École Militaire de Mézières” na França, no período de 1765 a 1789. A primeira publicação sobre este assunto data de 1795.

A Geometria Descritiva foi introduzida no Brasil a partir da criação da Academia Real Militar, na cidade do Rio de Janeiro em 1810. Na Escola de Engenharia de Porto Alegre, começou a ser lecionada em 1897. Sendo, desde então, oferecida como disciplina obrigatória nos cursos de engenharia.

Atualmente, o estudo da Geometria Descritiva na UFRGS é desenvolvido em duas disciplinas, ARQ-03317 – Geometria Descritiva II-A e ARQ-03320 – Geometria Descritiva III. A Geometria Descritiva II-A trata da representação gráfica do **ponto**, da **reta** e do **plano**, como também de operações e resoluções gráficas com esses elementos geométricos (verdadeira

grandeza, pertinência, vistas auxiliares primárias e secundárias, interseções, paralelismo, perpendicularismo e distâncias).

A ARQ-03320 – Geometria Descritiva III, trata do estudo das **superfícies geométricas**. Nesta disciplina a superfície é considerada como o conjunto de todas as posições consecutivas de uma determinada linha (geratriz) que se move no espaço, de forma a facilitar as construções gráficas. Na representação de uma superfície somente o traçado de algumas de suas posições é suficiente. Como a geração da superfície é obtida por este movimento contínuo, elas são chamadas de **superfícies cinemáticas**. Portanto, a superfície cinemática representa o lugar geométrico das linhas que se movem no espaço seguindo uma determinada lei de geração.

Estas superfícies são classificadas em: **retilíneas**; **de revolução** e **helicoidais**. As **superfícies retilíneas** são divididas em **desenvolvíveis** (planificáveis) e **não desenvolvíveis** (não planificáveis).

Além destas superfícies trabalha-se, ainda, com **superfícies de concordância**, que fazem a concordância (ligação) entre dutos de formas variadas.

Assim como na disciplina anterior (ARQ-03317), trabalha-se com operações e resoluções gráficas com superfícies, tais como: pertinência, planificação e interseções.

ANEXO 1

Quadro 12: Modalidades de avaliação com base nos objetivos educacionais de Bloom

Objetivos	Modalidades de avaliação	Técnica aconselhada	Instrumentos e recursos
Domínio Cognitivo	Diagnóstica	observação	escalas, sistema de categorias, anedotários, fichas, etc.
		testagem	teste objetivo e ensaio (diagnóstico)
		entrevista	fichas
	Formativa	testagem	testes com referência a critérios
		observação	sistema de categorias, escalas, fichas, etc.
	Somativa	testagem	testes objetivos e de ensaio
		observação e entrevista de sondagem	escalas, fichas, etc.
Domínio Afetivo	Diagnóstica	testagem	testes psicológicos
		sociometria	sociograma
		observação	sistema de categorias, escalas, anedotários, etc.
		questionário	questionário
	Formativa *	observação	sistema de categorias, escalas, etc.
		testagem	testes de atitudes, etc.
	Somativa *	observação	fichas de acompanhamento, inventários (interesse), escalas de atitudes
		testagem	testes objetivos, de atitude, atenção, etc.
	Domínio Psicomotor	Diagnóstica	observação
testagem			teste objetivo e de ensaio (diagnóstico)
entrevista			fichas
Formativa		testagem	testes com referência a critério
		observação	sistema de categorias, escalas, etc.
Somativa		testagem	teste objetivo e de ensaio
		observação	escalas, fichas, etc.

Fonte: ENRICONE et al (1998, p. 195-196)

Obs. * Nem sempre realizável, dependendo da natureza do objetivo e do atributo.

ANEXO 2

Plano de ensino da disciplina ARQ 03317 - Geometria Descritiva II A

Carga horária semanal: 02 horas, semestral: 30 horas, créditos: 02

Pré-requisitos: não tem

- **Súmula:** Fundamentos da expressão gráfica. Métodos usuais de representação e técnicas de resolução de problemas tridimensionais envolvendo forma, posição, deslocamentos e vistas auxiliares.
- **Objetivos gerais:** Desenvolver a capacidade de representar e resolver problemas do espaço tridimensional através de suas projeções.
- **Objetivos específicos:** Treinar o aluno no uso dos instrumentos básicos de desenho; Desenvolver a capacidade de identificar os elementos tridimensionais representados em épura; Tornar o aluno apto a resolver problemas envolvendo retas e planos.
- **Programa da disciplina:**
 - Introdução: histórico da geometria descritiva, suas aplicações no desenho técnico;
 - Sistemas Projetivos: conceitos, principais sistemas projetivos de representação e suas aplicações;
 - Representação mongeana: do ponto, da reta e do plano;
 - Posições relativas entre os elementos estudados: pertinência, paralelismo, perpendicularismo, distância e interseções;
 - Vistas auxiliares: simples e múltiplas, utilizando mudança dos planos de projeção, rotação e rebatimento;
 - Alçamento: representação de elementos contidos no plano e de segmentos contidos em retas oblíquas.

- Procedimentos didáticos: aulas teórico-práticas, compostas de exposição teórica, explorando conceitos e aplicação destes conceitos em trabalhos práticos.
- Bibliografia básica:
 - CARVALHO, B. **Desenho Geométrico**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1975.
 - BORGES, G. C. M.; BARRETO, D. O.; MARTINS, E. Z. **Noções de Geometria Descritiva**. Porto Alegre: SAGRA-LUZZATTO, 1988.
 - MACHADO, A. **Geometria Descritiva**: teoria e exercícios. 26 ed. rev. São Paulo: Projeto, 1986.
 - DI PIETRO, D. **Geometria Descritiva**. Buenos Aires: Alsina, 1977.
 - RODRIGUES, A. J. **Geometria Descritiva**. 6 ed. ver. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1964.
 - WELLMAN, L. B. **Geometria Descritiva**. Barcelona: Editorial Reverte S.A., 1987.
 - Geometria Descritiva – Exercícios propostos e resolvidos. Apostilas – A. Masuero; D. Barreto; F. Teixeira; J. Masuero e R. Silva.
- Desenvolvimento do programa: o programa é subdividido em duas áreas, compreendendo primeiramente o estudo do ponto e da reta; a segunda área abrange o estudo dos planos.
- Material: 1 Jogo de esquadros, 1 compasso, 1 lapiseira ou lápis com grafite HB, 1 borracha, 1 escala e 1 bloco de folhas para desenho no formato A4.
- Avaliação: durante o semestre os alunos serão avaliados por dois exercícios.
 - Aprovação: frequência mínima de 75% e

Grau Parcial = $G_p = (Ex1 + Ex2)/2 \geq 6,0$ (Aprovado)

Recuperação/Exame

O aluno poderá substituir um dos graus, Ex1 ou Ex2, através de uma recuperação (conteúdo do exercício que está recuperando) ou optar por fazer exame (conteúdo do semestre). Caso a opção seja pelo exame, o grau final (Gf) será:

$G_f = (G_p + 2.G_e)/3 \geq 6,0$ (aprovado); onde G_e = grau obtido no exame.

Obs.: os exercícios Ex1 e Ex2 deverão ter grau mínimo igual a 4,0.

Conceito: a média final será convertida em conceitos da seguinte forma:

9,0 a 10,0 – conceito A

7,5 a 8,9 – conceito B

6,0 a 7,4 – conceito C

0,0 a 5,9 – conceito D

FF – Frequência inferior a 75%.

ANEXO – 3

CONTÉUDOS DA DISCIPLINA GEOMETRIA DESCRITIVA

EM 1912

3.^a AULA**Geometria descriptiva — Planos cotados**

Noções preliminares. Methodo das projecções. Representação do ponto, da recta e do plano. Traços das rectas. Rectas contidas em um plano. Intersecções de rectas e de planos. Rectas e planos paralelos. Rectas e planos perpendiculares. Verdadeira grandeza de uma recta. Methodos geraes; mudança dos planos de projecção; rotações; rebatimentos. Angulos das rectas e dos planos. Angulos triédros. Representação das figuras planas. Representação dos polyédros. Intersecções de uma recta e um polyedro. Superficies em geral. Classificação. Contorno aparente. Representação das superficies. Planos tangentes. Secções planas. Intersecções das superficies. Methodo dos planos cotados. Preliminares. Da recta. Do plano. Polyédros e superficies curvas. Superficies topographicas.
