

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA MULTIDISCIPLINAR DE PÓS-GRADUAÇÃO DO MESTRADO
EM MODELAGEM COMPUTACIONAL DE CONHECIMENTO

ANDRÉ VILHENA VIEIRA

CONCEPÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM MODELO DE AVALIAÇÃO
QUALITATIVA PARA MAPAS CONCEITUAIS ESTRATIFICADOS EM UM ESTUDO DE
CASO NO CONTEXTO DE UM CURSO DE EXTENSÃO SOBRE LICITAÇÃO NA
UFAL.

MACEIÓ-AL

2017.

ANDRÉ VILHENA VIEIRA

CONCEPÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM MODELO DE AVALIAÇÃO
QUALITATIVA PARA MAPAS CONCEITUAIS ESTRATIFICADOS EM UM ESTUDO DE
CASO NO CONTEXTO DE UM CURSO DE EXTENSÃO SOBRE LICITAÇÃO NA
UFAL.

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do grau de mestre pelo curso de
Mestrado em Modelagem Computacional do
Conhecimento do Instituto de Computação da
Universidade Federal de Alagoas.

Orientador:

Dr. Fábio Paraguaçu Duarte da Costa

Orientadora:

Dra. Cleide Jane de Sá Araújo Costa

MACEIÓ-AL

2017.

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

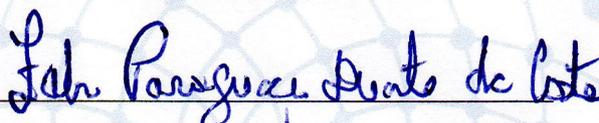
- V665c Vieira, André Vilhena.
Concepção e implementação de um modelo de avaliação qualitativa para mapas conceituais estratificados em um estudo de caso no contexto de um curso de extensão sobre licitação na UFAL / André Vilhena Vieira, 2017.
114 f. : il.
- Orientador: Fábio Paraguaçu Duarte da Costa.
Coorientadora: Cleide Jane de Sá Araújo Costa.
Dissertação (mestrado em Modelagem Computacional de Conhecimento) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Computação. Maceió, 2017.
- Bibliografia: f. 109-114.
1. Mapa conceitual. 2. Mapa conceitual estratificado. 3. Aprendizagem significativa. 4. Avaliação qualitativa. 5. Informática na educação. I. Título.

CDU: 004.78:37



Membros da Comissão Julgadora da Dissertação de Mestrado de André Vilhena Vieira, intitulada: “Concepção e implementação de um modelo de avaliação qualitativa para mapas conceituais estratificados em um estudo de caso no contexto de um curso de extensão sobre licitação na Ufal”, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional de Conhecimento da Universidade Federal de Alagoas, em 7 de abril de 2017, às 9h00min, no auditório do Instituto de Computação da Ufal.

COMISSÃO JULGADORA



Prof. Dr. Fábio Paraguaçu Duarte da Costa

Ufal – Instituto de Computação

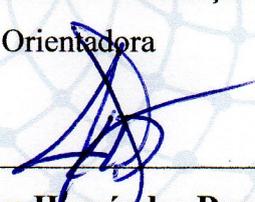
Orientador



Profa. Dra. Cleide Jane de Sá Araújo Costa

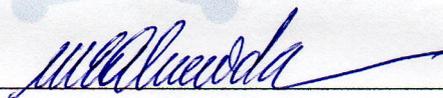
Ufal – Centro de Educação

Orientadora


Prof. Dr. Arturo Hernández-Domínguez

Ufal – Instituto Federal de Alagoas

Examinador



Profa. Dra. Maria Elizabeth Bianconcini Trindade Morato Pinto de Almeida

PUC/SP – Departamento de Educação

Examinadora

Agradecimentos

Durante essa jornada, recebi o apoio incondicional de algumas pessoas que elencarei abaixo.

Primeiro agradeço a Deus por todas as bênçãos recebidas e a toda minha família: minhas irmãs Celina e Luciana, aos meus pais: Antônio e Glória Vieira a minha filha Andréa que nasceu durante essa pesquisa e em especial a minha irmã e algumas vezes mãe - Roberta Vieira Lopes, por toda a atenção e carinho com que sempre me tratou.

Agradeço imensamente ao Prof. Agamemnom Lopes, pelos conselhos e ensinamentos; A minha sobrinha Isaura Celina, por quem eu tenho profundo carinho.

Agradeço ao meu primo Mauro Folha, por toda contribuição dada nesta pesquisa.

Agradeço a todos os meus colegas, professores e funcionários do Mestrado em especial ao Vitor Torres secretário do Mestrado, por todo companheirismo.

Agradeço aos meus colegas de mestrado e em especial ao Davi, Eline, Fábio, Hugo, Paulo Henrique, Pedro, Thiago, Vilker, e Wilson, por compartilharem os momentos de zoeira, deixando o mestrado menos “tenso”.

Agradeço ao meu Orientador e Prof. Dr. Fábio Paraguaçu por todo apoio e paciência dentro e fora de sala.

Agradeço à minha Orientadora Profa. Dra. Cleide Jane de Sá Araújo Costa por ter me acolhido e me acompanhado nessa pesquisa com sua sabedoria na área da educação.

Resumo

Mapas Conceituais (MCs) são usados em diversas situações educacionais, tais como recurso para aprendizagem significativa e instrumento de avaliação. Esta dissertação propõe um modelo de avaliação qualitativa para mapas conceituais da evolução da aprendizagem significativa, denominado de Mapa Conceitual Estratificado (MCE), com facilidades para atender de maneira particular tanto o professor quanto o aluno, utilizando as informações presentes no mapa com atribuição das classes opcional, básico, obrigatório e avançado aos conceitos e características de simetria, transitividade e reflexividade as relações. O objetivo é ampliar o uso que se faz do modelo tradicional integrando as tarefas de construção e avaliação de mapas conceituais, facilitando o acompanhamento da evolução do aluno e/ou da turma, oferecendo *feedback* ao aluno, com possibilidade de auto avaliação e ajudando o professor na avaliação da evolução e qualidade dos conceitos mapeados. A pesquisa utilizou uma abordagem qualitativa e sua validação ocorreu durante um curso de extensão sobre Licitação na Universidade Federal de Alagoas (UFAL) com doze participantes. Como instrumentos de aquisição de dados, utilizou-se a entrevista, questionário e *brainstorming*. Os resultados obtidos demonstram que o modelo proposto pode auxiliar os professores numa avaliação qualitativa dos mapas de seus alunos.

Palavras chave: Mapa Conceitual. Aprendizagem Significativa. Mapa Conceitual Estratificado. Avaliação Qualitativa. Informática na Educação.

Abstract

Conceptual Maps (MCs) are used in various educational situations, such as meaningful learning resource and assessment tool. This dissertation proposes a qualitative evaluation model for conceptual maps of the evolution of meaningful learning, called the Stratified Conceptual Map (MCE), with facilities to attend in a particular way both the teacher and the student, using the information present in the map with attribution of the classes Optional, basic, mandatory and advanced concepts and characteristics of symmetry, transitivity and reflexivity relations. The objective is to increase the use of the traditional model by integrating the tasks of constructing and evaluating conceptual maps, facilitating the monitoring of the evolution of the student and / or the class, offering feedback to the student, with the possibility of self evaluation and helping the teacher In the evaluation of the evolution and quality of the mapped concepts. The research used a qualitative approach and its validation occurred during an extension course on Bidding at the Federal University of Alagoas (UFAL) with twelve participants. As data acquisition instruments, interview, questionnaire and brainstorming were used. The results show that the proposed model can help teachers in a qualitative evaluation of the maps of their students.

Keywords: Conceitual map. Meaningful Learning. Map Conceptual Stratified. Qualitative Evaluation. Informatics in Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Proposição.....	12
Figura 2- Grafo	16
Figura 3– Grafo Dirigido	17
Figura 4 - Grafo Rotulado	18
Figura 5- Método de Bhaskara para encontrar as raízes de uma equação de segundo grau.....	20
Figura 6 - Exemplo de mapa conceitual sobre aprendizagem significativa	22
Figura 7 - Mapa Conceitual com Estrutura Hierárquica.....	22
Figura 8 - Mapa Conceitual com Estrutura de Teia.....	23
Figura 9 - Mapa Conceitual com Estrutura de Fluxograma (flowchart)	23
Figura 10 - Mapa Conceitual com Estrutura Conceitual	24
Figura 11 - Estruturas de MCs com (a) diferenciação progressiva e (b) diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Legenda: linhas pretas - proposições com diferenciação progressiva; linhas vermelhas - proposições com reconciliações integrativas; TL - termo de ligação.	261
Figura 12 - Topologia de Mapas Conceituais	31
Figura 13 - Mapa conceitual dos fenômenos atmosféricos, dos efeitos globais e das ações locais.....	37
Figura 14 - Evolução da Estrutura Cognitiva	40
Figura 15 - MC da Família Imperial Brasileira	42
Figura 16 - Representação da estratificação dos conceitos	45
Figura 17 - MCE Completo da Família Imperial Brasileira.....	49
Figura 18 - MCE Obrigatório da Família Imperial Brasileira	50
Figura 19 - MCE Obrigatório e Avançado da Família Imperial Brasileira	50
Figura 20 - MCE Obrigatório e Básico da Família Imperial Brasileira	51
Figura 21 - MCE Obrigatório e Opcional da Família Imperial Brasileira	51
Figura 22 - Avaliação do MCE.....	56
Figura 23 - Avaliação entre os conceitos do MCE do especialista e do aluno.	58
Figura 24 - Avaliação entre as relações do MCE do especialista e do aluno.	59
Figura 25 - Avaliação completa segundo a arquitetura do MCE.....	60
Figura 26 - MCE da Família Imperial Brasileira feito pelo aluno.....	61
Figura 27 - Arquitetura da Ferramenta	66
Figura 28 - Janela Principal do MCE	67
Figura 29 - Janela Professor opção Abrir	68
Figura 30 - Janela Professor opção Abrir com os dados lidos.....	68
Figura 31 - Janela Professor opção Importar do CMAPTOOLS momento de atribuição das classes aos conceitos.....	69
Figura 32 - Janela Professor opção Importar do CMAPTOOLS momento de atribuição das características as relações	69
Figura 33 - Janela do Professor opção Editar Conceitos	70
Figura 34 - Janela do Professor opção Editar Relações.....	70
Figura 35 - Janela do Professor opção Editar Proposições.....	71
Figura 36 - Janela Ferramenta opção Conceitos Não Inclusos.....	72
Figura 37 - Janela Ferramenta opção Relações Não Inclusas	73
Figura 38 - Janela Ferramenta opção Proposições Não Inclusas.....	73
Figura 39 - Janela Ferramenta opção Avaliar	74
Figura 40 - Módulos do curso d extensão sobre licitação	80
Figura 41 - 1ª Avaliação – MC licitação do especialista	83
Figura 42 - 1ª Avaliação – MC sobre licitação G1	84

Figura 43 - 1ª Avaliação – MCE licitação G1 SEM estratificação e SEM os Arquivos – S.I.E.	84
Figura 44 - 1ª Avaliação - MCE licitação G1 SEM estratificação e COM os Arquivos – S.I.E.	85
Figura 45 - 1ª Avaliação - MCE licitação G1 COM estratificação e COM os Arquivos – S.I.E.	85
Figura 46 - 1ª Avaliação – MC licitação G2.....	86
Figura 47 - 1ª Avaliação – MCE licitação G2 SEM estratificação e SEM os Arquivos – S.I.E.	87
Figura 48 - 1ª Avaliação – MCE licitação G1 SEM estratificação e COM os Arquivos – S.I.E.	87
Figura 49 - 1ª Avaliação –MCE licitação G1 COM estratificação e COM os Arquivos – S.I.E.	88
Figura 50 - 2ª Avaliação – MC PE do especialista	88
Figura 51 - 2ª Avaliação – MC PE G1.....	89
Figura 52 - 2ª Avaliação – MCE PE G1 SEM estratificação MCE e SEM os Arquivos – S.I.E.	90
Figura 53 - 2ª Avaliação – MCE PE G1 SEM estratificação e COM os Arquivos – S.I.E.....	90
Figura 54 - 2ª Avaliação – MCE PE G1 COM estratificação e COM os Arquivos – S.I.E.....	91
Figura 55 - 2ª Avaliação – MC PE G2.....	91
Figura 56 - 2ª Avaliação – MCE PE G2 SEM Estratificação e SEM os Arquivos – S.I.E.	92
Figura 57 - 2ª Avaliação – MCE PE G2 SEM estratificação e COM os Arquivos – S.I.E.....	92
Figura 58 - 2ª Avaliação – MCE PE G2 COM estratificação e COM os Arquivos – S.I.E.....	93

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Classificação dos conceitos presentes no mapa conceitual da Figura 12.....	32
Tabela 2 - Cálculo dos elementos presentes no mapa conceitual da Figura 12.....	33
Tabela 3 - Parâmetros da análise estrutural do mapa conceitual da Figura 12.....	34
Tabela 4 - Classificação proposicional das relações do mapa conceitual da Figura 5.	36
Tabela 5 - Questionário para aferir o grau de conhecimento.....	79
Tabela 6 - Calendário do módulo	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Algoritmo de construção do MCE.....	53
Quadro 2 - Regra de produção do arquivo de Mapa Conceitual Estratificado.....	74
Quadro 3 - Regra de produção do arquivo de mapa conceitual no formato VITAL	75
Quadro 4 - Regra de produção do arquivo de sinônimo e inverso	75
Quadro 5 - Pseudocódigo do procedimento que compara as proposições	76
Quadro 6 - Pseudocódigo da função sinônimo.....	76
Quadro 7 - Pseudocódigo da função inverso	77
Quadro 8 - Avaliações (Licitação e Pregão Eletrônico) e resultados.....	93
Quadro 9 - 1ª avaliação licitação G1 MC – MISTO - MCE.....	94
Quadro 10 - 1ª avaliação licitação G2 MC – MISTO - MCE.....	95
Quadro 11 - 2ª avaliação PE G1 MC – MISTO - MCE.....	96
Quadro 12 - 2ª avaliação PE G2 MC – MISTO - MCE	96

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - MC da 1ª avaliação licitação do aluno G1 MC – MISTO - MCE	94
Gráfico 2 - MC da 1ª avaliação licitação do aluno G2 MC – MISTO - MCE	95
Gráfico 3 - MC da 2ª avaliação PE do aluno G1 MC – MISTO - MCE	96
Gráfico 4 - MC da 2ª avaliação PE do aluno G1 MC – MISTO - MCE	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TAS – Teoria da Aprendizagem Significativa

MC – Mapa Conceitual

MCs – Mapas Conceituais

MCE – Mapa Conceitual Estratificado

MCEs – Mapas Conceituais Estratificados

PE – Pregão Eletrônico

TL – Termo de Ligação

S.I.E. – sinônimos, inversos e equivalentes

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	15
1.1 - O Uso de Mapa Conceitual.....	15
1.2 - Motivação	16
1.3 - Hipóteses	17
1.4 - Objetivos.....	17
1.4.1 - Objetivo Geral.....	17
1.4.2 - Objetivos Específicos	17
1.5 - Metodologia Científica	17
2 - MAPA CONCEITUAL	12
2.1 - O Mapa Conceitual de Novak	12
2.1 - Definição Formal de Mapa Conceitual.....	16
2.2 - Alguns Tipos de Mapas Conceituais.....	21
2.3 - O Mapa Conceitual e a Aprendizagem Significativa	24
2.4 - Análises de Mapas Conceituais	30
2.4.1 - Análise Estrutural.....	30
2.4.2 - Análise Proposicional	35
2.4.3 - Análise de Vizinhança.....	37
3 - O MODELO PROPOSTO	39
3.1 - A Evolução da Estrutura Cognitiva	39
3.2 - Compreendendo a informação de um Mapa Conceitual	42
3.3 - O Mapa Conceitual Estratificado	44
3.4 - Construindo um Mapa Conceitual Estratificado	51
3.5 - Avaliação do Mapa Conceitual Estratificado.....	54
4 - ARQUITETURA DA FERRAMENTA	66
4.1 - Introdução.....	66
4.2 - Interface.....	67
4.3 - Arquivos manipulados pelo sistema	74
4.4 - Descrição de alguns algoritmos do sistema.....	75
4.5 - Síntese da Funcionalidade da Ferramenta	77
5 - METODOLOGIA DO EXPERIMENTO E RESULTADOS DA PESQUISA	79
5.1 - O ESTUDO DE CASO	79
5.1.1 - Apresentação e discussão do material composto no plano de aula.....	82
5.2 - Primeira Avaliação (Lei 8.666/93).....	83
5.3 - Segunda Avaliação (Lei 10.520/02).....	88
6 - CONCLUSÃO	99
6.1 - Considerações sobre o trabalho realizado	99
6.2 - Trabalhos Futuros	100
7.0 - REFERENCIAIS BIBLIOGRÁFICAS	102

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - O Uso de Mapa Conceitual

Mapas Conceituais (MCs) são usados como recurso para aprendizagem significativa e instrumento de avaliação (NOVAK & GOWIN, 1984) contrapondo-se as técnicas de avaliação tradicionais como os testes dissertativos e questões de múltipla escolha, os quais vêm sendo questionados quanto à sua capacidade de aferir o que realmente o aluno aprendeu, já que esta forma de avaliação só consegue cobrir parte de todo o conhecimento objetivado e impossibilita o aluno de mostrar como ele estrutura, relaciona, diferencia e integra os conceitos aprendidos (MOREIRA, 1999).

Um mapa conceitual é um instrumento dinâmico e reflete “a compreensão de quem o faz no momento em que o faz” (MOREIRA, 2012, p. 14). Desta forma, ao avaliar um mapa conceitual construído por um aluno, o professor consegue identificar o que foi aprendido e também as dificuldades encontradas, ou seja, quais conceitos ainda não estão bem estáveis, que precisam ser reforçados nas próximas aulas. Esta análise demanda certo tempo e pode gerar uma sobrecarga de trabalho ao professor, inviabilizando em alguns casos a utilização de mapas conceituais como instrumento de avaliação de suas turmas quando o professor não dispõe de tempo suficiente para avaliar cada mapa conceitual.

Uma avaliação qualitativa requer a comparação dos mapas conceituais construídos durante todo o processo de aprendizagem, na busca por evidências da aprendizagem significativa de um determinado conteúdo antes, durante e depois do processo de aprendizagem, ao qual este aluno é submetido (AUSUBEL, 2000).

Desta forma, o professor precisa fazer uma avaliação completa de todos os mapas construídos pelos alunos para obter um perfil da evolução do aluno, como da turma no decorrer do curso. Nesta tarefa, o modelo proposto pode auxiliar o professor, identificando nas proposições evidências dessa aprendizagem representada nos mapas conceituais estratificados construídos dos seus alunos, a fim de prover o professor de um conjunto de informações úteis a respeito desses mapas, o qual poderá ser utilizado pelo professor como apoio para a avaliação qualitativa do aluno e conseqüentemente da turma.

O modelo proposto faz comparações entre os mapas do especialista e do aluno, identificando pontos de igualdade e divergências entre as representações feitas pelo aluno e aquelas feitas pelo professor, considerando a existência de relações sinônimas, sempre que a informação de uma proposição for mantida como “João é pai de Pedro” e “João é progenitor de Pedro”; como de relações inversas, sempre que a direção de uma relação for invertida

preservando a mesma informação, por exemplo, “João é pai de Pedro” e “Pedro é filho de João”; Também considera a ocorrência de conceitos equivalentes como “Pedrinho, Pedrão, Pepe”, que são outras formas usadas nomear Pedro.

O objetivo do presente trabalho é ampliar o uso que se faz do modelo tradicional, integrando as tarefas de construção e avaliação de mapas conceituais, facilitando o acompanhamento da evolução do aluno e/ou da turma, oferecendo *feedback* ao aluno, com possibilidade de auto avaliação e ajudando o professor na avaliação da evolução e qualidade dos conceitos mapeados.

Esta dissertação apresenta um modelo de representação de mapas, denominado de Mapa Conceitual Estratificado (MCE), que deu suporte para o desenvolvimento de um modelo de avaliação qualitativa para mapas conceituais, baseado na evolução da aprendizagem, com facilidades para atender de maneira particular tanto o professor quanto o aluno, utilizando uma estratificação dos conceitos presentes no mapa nas classes opcional, básico, obrigatório e avançado e uma caracterização das relações em simetria, transitividade e reflexividade.

É importante salientar que a ferramenta proposta não tem como objetivo substituir uma avaliação semântica cuidadosa do mapa conceitual. Esta somente poderá ser feita pelo próprio professor. A intenção é oferecer ao professor uma ferramenta para dar celeridade ao processo de avaliação qualitativa dos mapas conceituais de seus alunos, podendo ser utilizada na educação presencial, semipresencial e a distância em qualquer área de conhecimento.

1.2 - Motivação

Os métodos contemporâneos de aferir o ganho cognitivo com o uso de mapas conceituais evidenciam o quanto de conhecimento o aluno aprendeu, porém não avalia a qualidade desse conhecimento, esses processos de avaliação são balizados sobre algumas propriedades que podem ser encontradas no mapa conceitual do aluno, tais como: capacidade de se comunicar (BARTELS, 1995) (MUELLER, 2007); hierarquia dos conceitos (NOVAK and GOWIN 1988) (CRONIN, DEKKER and DUNN, 1982) (MCMURRAY, 2014); presença de exemplos (NOVAK and GOWIN 1984) (MCMURRAY, 2014) e progressão cognitiva (MCMURRAY, 2014). Avaliar a qualidade dos significados presentes no mapa conceitual é a forma mais adequada de medir o ganho cognitivo deste aluno. Porém para que isso ocorra é necessário que o mapa conceitual evidencie a evolução da estrutura cognitiva do aluno continuamente durante todo processo de aprendizagem (MOREIRA, 1999).

Surge então a seguinte pergunta: Como avaliar qualitativamente a evolução dos significados contidos no mapa conceitual de um aluno? Isso porque não tem sentido segundo Ausubel (2000) avaliar o conteúdo da estrutura significativa do aluno para lhe conferir uma nota, mas sim à procura da evolução desta estrutura inserida em um processo de aprendizagem continuada. Logo é necessário ter uma representação para a estrutura cognitiva do aluno capaz de expressar a evolução dos significados aprendidos, depois é preciso que se avalie a qualidade da evolução dessa estrutura.

1.3 - Hipóteses

Mapas Conceituais podem ser utilizados como instrumentos de avaliação qualitativa da aprendizagem significativa, com o uso do mapa conceitual estratificado.

A avaliação qualitativa da evolução do conhecimento presente num mapa conceitual pode ser obtida através da inserção de elementos que expressem o ganho cognitivo do aluno.

1.4 - Objetivos

1.4.1 - Objetivo Geral

Propor um modelo de avaliação qualitativa para mapas conceituais estratificados da evolução da aprendizagem significativa dos alunos, como ferramenta de apoio ao professor.

1.4.2 - Objetivos Específicos

- Ampliação do modelo tradicional de ensino e aprendizagem, integrando as tarefas de construção e avaliação de MCE.
- Implementação de uma ferramenta de avaliação qualitativa de MCE.
- Realização de teste para validar a avaliação qualitativa dos MCEs, com o uso do *software*.

1.5 - Metodologia Científica

A pesquisa tem uma abordagem qualitativa e de acordo com Gil (2008), qualquer classificação de pesquisa deve seguir algum critério. Se for utilizado o objetivo geral como critério, têm-se três grupos de pesquisa: Pesquisas Exploratórias, Pesquisas Descritivas e Pesquisas Explicativas. Segundo este objetivo o critério usado na pesquisa é explicativa, na medida em que há a necessidade da utilização de métodos experimentais de modelagem e simulação para que os fenômenos sejam identificados e posteriormente explicados.

Os procedimentos propostos com o MCE para ampliar o uso do MC e representar a

evolução da estrutura cognitiva do aluno, reflete com maior detalhe o processo de aprendizagem significativa e a qualidade do ganho cognitivo.

A validação da pesquisa ocorreu durante um curso de extensão sobre Licitação na Universidade Federal de Alagoas, com doze participantes, tendo seus nomes omitidos para garantir o anonimato e a fonte de dados foi obtida através da entrevista, do questionário e do brainstorming.

O *brainstorming* é uma Técnica criada por Alex Osborn em 1960 para a geração coletiva de novas ideias através da contribuição e participação de diversos indivíduos inseridos num grupo (OSBORN, 1987). Segundo Miranda e Oliveira (2011), a técnica de *brainstorming* é um procedimento de geração de ideias, que serve como fonte para criação de mapas conceituais, pois tem como principal objetivo “a liberdade de imaginação sem que o julgamento de ideias interfira no processo criativo”.

No entendimento de Moreira (2012), não existe um mapa conceitual correto (exato/finito) nem tão pouco um único mapa para um determinado assunto. Um mapa conceitual é um instrumento dinâmico, logo mapas construídos hoje, serão diferentes amanhã.

Além desse capítulo introdutório, a pesquisa tem a seguinte organização: no próximo capítulo será definido Mapa Conceitual e sua utilização como instrumento de avaliação da aprendizagem. Já no capítulo 3 será apresentado o modelo proposto, com seu sistema de avaliação. No capítulo 4 a interface do *software*, com a descrição dos algoritmos do sistema. No capítulo 5, a síntese dos resultados obtidos no estudo de caso e por fim as considerações finais e as perspectivas futuras, usando Mapas Conceituais para avaliação qualitativa da evolução da aprendizagem.

2 - MAPA CONCEITUAL

2.1 - O Mapa Conceitual de Novak

O Mapa Conceitual (MC) foi desenvolvido pelo grupo de pesquisa do Dr. Joseph D. Novak, em 1972, na Universidade de Cornell, que os utilizava para representar as relações conceituais estabelecidas por alunos sobre temas científicos ao longo da escolarização básica, resultando num estudo de 12 anos sobre mudanças conceituais (NOVAK & MUSONDA, 1991). A representação esquemática destes dados contribuiu para o melhor detalhamento das mudanças conceituais que ocorreram na estrutura cognitiva dos alunos (NOVAK, MUSONDA, 1991; NOVAK, CAÑAS, 2006, NOVAK, CAÑAS, 2010).

As seções dos alunos que faziam parte da pesquisa eram gravadas, sendo tal gravação a fonte primária de dados empíricos e, devido a dificuldades de transcrever todo o material obtido nestas seções, os mapas conceituais passaram a ser adotados para representar a estrutura cognitiva dos alunos. A construção do mapa era feita em três etapas, primeiramente escutava-se a gravação e transcreviam-se as proposições declaradas pelo aluno, em seguida estas proposições eram classificadas de forma hierárquica, para só então construir-se o mapa conceitual (Novak, 2010; NOVAK & CAÑAS, 2006; NOVAK & CAÑAS, 2010; AUSUBEL, 2000).

Os MCs podem ser definidos como um conjunto de conceitos imersos em uma rede de proposições. Elas são formadas por um conceito inicial, um conceito final e um termo de ligação (Figura 1). A necessidade de incluir um termo de ligação, que expressa relação entre dois conceitos, torna os MCs mais poderosos que outros organizadores gráficos (NOVAK, 2010).

Figura 1- Proposição



Fonte: elaborado pelo autor

As proposições são as estruturas primárias para a construção dos mapas conceituais, elas são formadas pela união de dois conceitos ligados por meio de um termo de ligação, que expresse de forma clara como tais conceitos se relacionam (NOVAK, 2010). Não há regras gerais fixas para o traçado de mapas conceituais. O importante é que o mapa seja um instrumento capaz de evidenciar significados atribuídos aos conceitos, através das relações no contexto de uma disciplina. O indivíduo que faz um mapa, seja ele, professor ou aluno, une

dois conceitos, através de um termo de ligação, ele deve ser capaz de explicar o significado da relação que vê entre esses conceitos (MOREIRA, 2010).

Os dois conceitos ligados pelo termo de ligação formam uma proposição e está evidenciando o significado sobre o conteúdo mapeado. Por esta razão, o uso do termo de ligação conectando conceitos é importante e deve ser incentivado na construção de mapas conceituais, mas esse recurso não os torna autoexplicativos. Mapas conceituais devem ser explicados por quem os faz, ao explicá-lo, a pessoa externaliza significados. Reside aí o maior valor de um mapa conceitual. É claro que a externalização de significados pode ser obtida de outras maneiras, porém mapas conceituais são particularmente adequados para essa finalidade (MOREIRA, 2010).

O mapeamento conceitual é uma técnica muito flexível e em razão disso pode ser usado em diversas situações, para diferentes finalidades como: instrumento de análise curricular, técnica didática, recurso de aprendizagem e meio de avaliação (MOREIRA e BUCHWEITZ, 1993). Sendo estas duas últimas utilizações a base da nossa pesquisa.

Como instrumento de avaliação da aprendizagem, mapas conceituais podem ser usados para se obter uma visualização da organização conceitual que o aluno atribui a um dado conhecimento. Segundo Moreira (2010) a utilização de mapa conceitual como ferramenta de avaliação pode ser descrita como "... uma técnica não tradicional de avaliação que busca informações sobre os significados e relações significativas entre conceitos-chave da matéria de ensino segundo o ponto de vista do aluno. É mais apropriada para uma avaliação qualitativa, formativa, da aprendizagem".

Todas as atividades pedagógicas que contemplam a leitura ou escrita de um mapa conceitual estimulam a aprendizagem significativa, em detrimento da aprendizagem mecânica (MOREIRA, 2010). O mapa conceitual evidencia erros conceituais, visto que a aprendizagem significativa não implica necessariamente no estabelecimento de relações conceituais corretas. A identificação de erros conceituais é muito importante, pois assim o professor pode corrigi-los, conseqüentemente ajuda o aluno a aprender os conceitos que são derivados dos erros conceituais da sua estrutura cognitiva (NOVAK, 2002; NOVAK & CAÑAS, 2008; NOVAK, 2010).

O êxito no uso do mapa conceitual como ferramenta de apoio a aprendizagem significativa depende da familiarização de todos os personagens, professor e aluno, envolvidos com a construção do mapa conceitual. Logo deve existir um período de treinamento desses personagens na elaboração de mapas conceituais. Deve-se ressaltar que o treinamento do professor deve ocorrer ou iniciar antes do treinamento do aluno. O professor

deve ter em seu treinamento a fundamentação da aprendizagem significativa; o processo de leitura, escrita e correção de mapas conceituais; formas de uso de mapas conceituais no planejamento de uma disciplina. O aluno deve ter em seu treinamento o processo de leitura e escrita de mapas conceituais (CORREIA, INFANTE-MALACHIAS & GODOY, 2008).

A pesquisa com o uso de mapas conceituais na aprendizagem significativa começou nos anos de 1960, com a proposição da Teoria da Aprendizagem Significativa - TAS por David Ausubel. Nesta época os trabalhos concentravam-se no processo de criação de mapas conceituais e sua aplicação nas mais diferentes áreas do conhecimento acadêmico, culminando com o reconhecimento da importância do mapa conceitual como ferramenta relevante para o ensino acadêmico relatado no periódico *Journal of Research in Science Teaching* em 1990 (WANDERSEE, 1990; NOVAK, 1990; BEYERBACH & SMITH, 1990).

O único problema relatado nas pesquisas dessa época era a dificuldade em incluir, corrigir e alterar os mapas conceituais uma vez que os mesmos eram elaborados a mão, surgindo então o primeiro editor de mapas conceituais denominado de CMAPTOOLS, como resultado do trabalho colaborativo entre Joseph Novak & Alberto Cañas (1997). A realização sistemática de conferências internacionais sobre mapa conceitual começou a partir de 2004 e a comunidade científica que se dedica ao tema se reúne a cada dois anos.

O aumento da troca de informações entre os especialistas de educação consolidou o uso de mapas conceituais como uma ferramenta de representação gráfica da estrutura cognitiva de uma pessoa sobre um determinado domínio de conhecimento, servindo de inspiração a pesquisas sobre:

- as formas de armazenamento dos conceitos adquiridos, dentre as quais pode-se citar:
 - as árvores conceituais (PREECE, 1976), são as representações estruturadas de um domínio do conhecimento, em forma de diagrama hierárquico, possibilitando a visualização gráfica deste domínio e dos relacionamentos entre seus módulos conceituais;
 - os mapas conceituais são as representações estruturadas de um domínio do conhecimento, em forma de rede, possibilitando a visualização gráfica deste domínio e dos relacionamentos entre seus módulos conceituais (TABER, 1994); e
 - as proposições conceituais são as representações estruturadas de um domínio do conhecimento.
- o desenvolvimento de métricas para medir quantitativamente as relações entre os conceitos adquiridos, como:

- os testes de associação: onde o professor solicita aos alunos que indiquem através de um valor numérico o quanto dois conceitos estão relacionados (PREECE, 1976) e
- a análise multidimensional: é uma forma representativa do cruzamento de informação (ROSA et al., 1993); e
- o processo de evolução da estrutura cognitiva, onde figuram os trabalhos de ideias intuitivas (DRIVER, 1989), pré-concepções (GIL PÉREZ, 1986; FREITAS & DUARTE, 1990), ideias prévias (GIL PÉREZ, 1986; DRIVER, 1989), pré-conceitos (NOVAK, 1977; ANDERSON, 1986), erros conceituais (LINKE & VENZ, 1979), conceitos alternativos (GILBERT, 1982), conhecimentos prévios (POZO, 1998) e concepções alternativas (SANTOS, 1998).

A medida que os mapas conceituais foram sendo difundidos, as pesquisas de informática começaram a se desenvolver no campo da educação, resultando no desenvolvimento de suporte para o professor usar os mapas conceituais tanto na modalidade presencial como a distância, provendo três abordagens computacionais para o processo de edição de mapas conceituais denominado de:

- manuais: são ferramentas que permitem a edição, remoção e alteração dos objetos correspondentes aos conceitos e as relações do mapa conceitual pelo usuário, como a ferramenta CMAPTOOLS (PEREIRA, 2007).
- semi-automáticas: são ferramentas de construção de mapas conceituais quando o usuário utiliza um módulo da ferramenta, acessando diferentes materiais e destacando algumas palavras do mesmo para serem reunidas e reorganizadas de modo a atribuir um significado a essas palavras, como na ferramenta Nestor (EKLUND et al., 1999).
- automáticas: são ferramentas que comportam-se como um compilador de mapas conceituais, cuja entrada é um documento o qual tem suas informações extraídas e convertidas em um mapa conceitual (CLÁUDIA CAMERINI CORRÊA PÉREZ & RENATA VIEIRA, 2005).

Pedagogicamente os mapas conceituais são aplicações para introduzir um novo conceito (CUNHA, 2013), sistematizar os conceitos vistos (NUNES, 2011), sintetizar o resultado de uma pesquisa (MOREIRA, 2012), organizar as ideias antes de redigir um texto e para avaliar a aprendizagem do aluno (MAFFRA, 2011). As quais serão descritas nesta pesquisa. Destarte, é preciso definir formalmente o mapa conceitual e uma metodologia para a sua construção o que será feito na próxima seção.

2.1 - Definição Formal de Mapa Conceitual

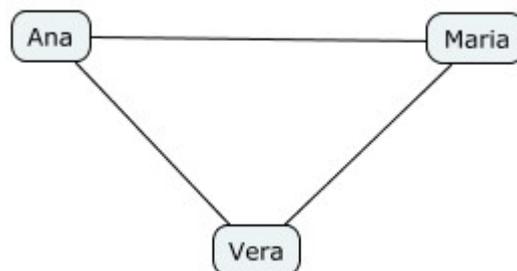
O mapa conceitual é definido como um grafo direcionado rotulado por Rocha (2014) e como um grafo direcionado por Araújo (2014). Um grafo G é definido matematicamente por um par $G=(V,A)$, onde:

- V é um conjunto não vazio, denominado de conjunto dos vértices do grafo; e
- A é um conjunto de pares ordenados $a=(v_1,v_2)$, denominado de conjunto das arestas do grafo, com v_1 e v_2 pertencente ao conjunto V .

A representação gráfica de um vértice é uma circunferência com o seu nome escrito dentro e da aresta é uma linha que sai e chega a um vértice. Os pares de vértices que formam uma aresta são conectados mediante a presença de uma relação ou função definida de acordo com o interesse do indivíduo que está construindo o grafo. Por exemplo, o grafo com os caminhos que ligam as cidades em que um caixeiro viajante deve passar, ou as possibilidades de jogadas em um tabuleiro de damas a partir de sua configuração atual, ou as relações taxonômicas entre um determinado grupo de palmeiras, etc.

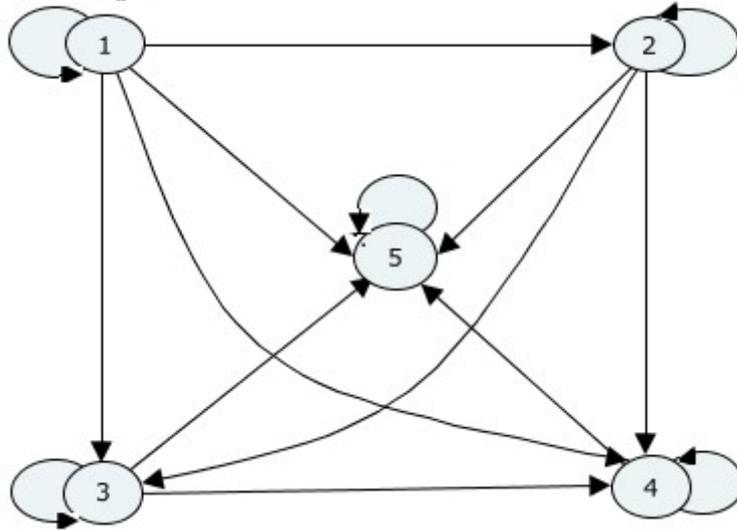
Quando a relação que associa dois vértices de um grafo é simétrica, as arestas do grafo não precisam ter direção (seta na ponta), pois tanto vai existir a aresta (v_1,v_2) como a aresta (v_2,v_1) . Por exemplo, o grafo $G=(V,A)$, com o conjunto $V=\{Ana, Maria, Vera\}$ e o conjunto A formado pelos pares de elementos de V do tipo (v_1,v_2) onde v_1 é irmã de v_2 , ou seja, $A = \{(Ana,Maria), (Maria,Ana), (Ana,Vera), (Vera,Ana), (Maria,Vera), (Vera,Maria)\}$, está representado na Figura 2.

Figura 2- Grafo



Fonte: elaborado pelo autor

Quando a relação que associa dois vértices de um grafo é assimétrica, as arestas do grafo precisam ter direção (seta na ponta), pois se existir a aresta (v_1,v_2) , então a aresta (v_2,v_1) não existirá. Por exemplo, o grafo $G=(V,A)$, com o conjunto $V=\{1,2,3,4,5\}$ e o conjunto A formado pelos pares de elementos de V do tipo (v_1,v_2) , onde v_1 é menor ou igual a v_2 , ou seja, $A = \{(1,1), (1,2), (1,3), (1,4), (1,5), (2,2), (2,3), (2,4), (2,5), (3,3), (3,4), (3,5), (4,4), (4,5), (5,5)\}$, o qual está representado na Figura 3.

Figura 3– Grafo Dirigido

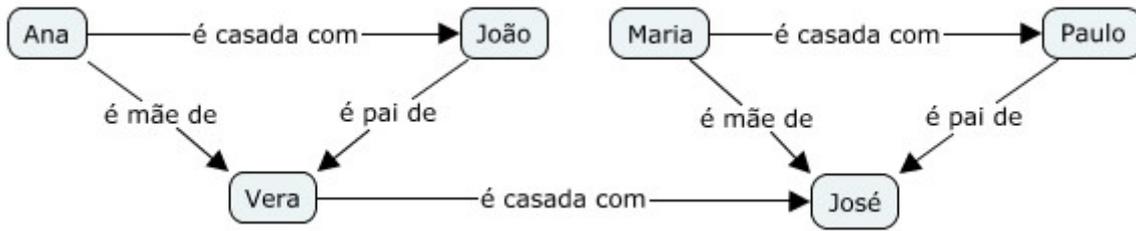
Fonte: elaborado pelo autor

Note que este grafo tem arestas que saem e chega ao mesmo vértice, isso ocorre porque a relação menor ou igual é reflexiva, ou seja, todo número é igual a ele mesmo. Uma aresta que sai e chega ao mesmo vértice recebe a denominação de laço.

Quando a relação que associa dois vértices de um grafo é uma relação de segunda ordem, ou seja, uma relação de relações. O nome da relação de primeira ordem que está sendo usada para associar os vértices precisa ser explicitado, têm-se dessa forma os grafos rotulados. Um grafo G é dito rotulado quando cada aresta carece de um rótulo para que a informação do grafo tenha sentido.

Por exemplo, o grafo $G=(V,A)$, com o conjunto $V=\{\text{Ana, Maria, Vera, João, Paulo, José}\}$ e o conjunto A é formado pelos pares de elementos de V do tipo (v_1,v_2) onde v_1 tem uma relação do tipo P com v_2 , as relações do tipo P são: é pai de, é mãe de, e é casada com. Se as relações são: Ana é casada com João, Maria é casada com Paulo, Ana é mãe de Vera, João é pai de Vera, Maria é mãe de José, Paulo é pai de José, e Vera é casada com José, então $A=\{(Ana,João), (Maria, Paulo), (Vera, José), (Ana,Vera), (João,Vera), (Maria,José), (Paulo,José), (José,Vera)\}$, o que não faz muito sentido por não expressar a relação entre os vértices. Para que as arestas façam sentido é preciso rotulá-las da seguinte forma $A=\{\text{é casada com}(Ana,João), \text{é casada com}(Maria, Paulo), \text{é casada com}(Vera, José), \text{é mãe de}(Ana,Vera), \text{é pai de}(João,Vera), \text{é mãe de}(Maria,José), \text{é pai de}(Paulo,José), \text{é pai de}(José,Vera)\}$ como apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Grafo Rotulado



Fonte: elaborado pelo autor

Nesta dissertação o mapa conceitual é definido como uma estrutura $MC = (C, R, A)$, onde:

- C é um conjunto finito de conceitos,
- R é um conjunto finito das relações existentes entre os elementos de C , e
- A é o conjunto finito de pares $r(c_1, c_2)$, com $c_1, c_2 \in C$, que satisfazem uma relação $r \in R$, a qual é representada pelo grafo direcionado rotulado conexo $G=(C,A)$.

Um grafo G é dito conexo, se existe uma sequencia de arestas ligando cada par de vértices de G , desconsiderando-se a direção das arestas. Dá-se o nome de cadeia a esta sequencia de arestas. Por exemplo, na Figura 2.4 as cadeias entre os vértices tendo Ana como o início são:

- para chegar a João: $\langle \text{é casada com}(Ana, João) \rangle$,
- para chegar a Vera: $\langle \text{é mãe de}(Ana, Vera) \rangle$,
- para chegar a José: $\langle \text{é mãe de}(Ana, Vera), \text{é casada com}(Vera, José) \rangle$ e $\langle \text{é casada com}(Ana, João), \text{é pai de}(João, Vera), \text{é casada com}(Vera, José) \rangle$,
- para chegar a Maria: $\langle \text{é mãe de}(Ana, Vera), \text{é casada com}(Vera, José), \text{é mãe de}(Maria, José) \rangle$, $\langle \text{é casada com}(Ana, João), \text{é pai de}(João, Vera), \text{é casada com}(Vera, José), \text{é mãe de}(Maria, José) \rangle$, $\langle \text{é mãe de}(Ana, Vera), \text{é casada com}(Vera, José), \text{é pai de}(Paulo, José), \text{é casada com}(Maria, Paulo) \rangle$, $\langle \text{é casada com}(Ana, João), \text{é pai de}(João, Vera), \text{é casada com}(Vera, José), \text{é pai de}(Paulo, José), \text{é casada com}(Maria, Paulo) \rangle$, e
- para chegar a Paulo: $\langle \text{é mãe de}(Ana, Vera), \text{é casada com}(Vera, José), \text{é pai de}(Paulo, José) \rangle$, $\langle \text{é casada com}(Ana, João), \text{é pai de}(João, Vera), \text{é casada com}(Vera, José), \text{é pai de}(Paulo, José) \rangle$, e

com(Vera, José), é pai de(Paulo, José)>, <é mãe de(Ana, Vera), é casada com(Vera, José), é mãe de(Maria, José), é casada com(Maria, Paulo)>, <é casada com(Ana, João), é pai de(João, Vera), é casada com(Vera, José), é mãe de(Maria, José), é casada com(Maria, Paulo)>.

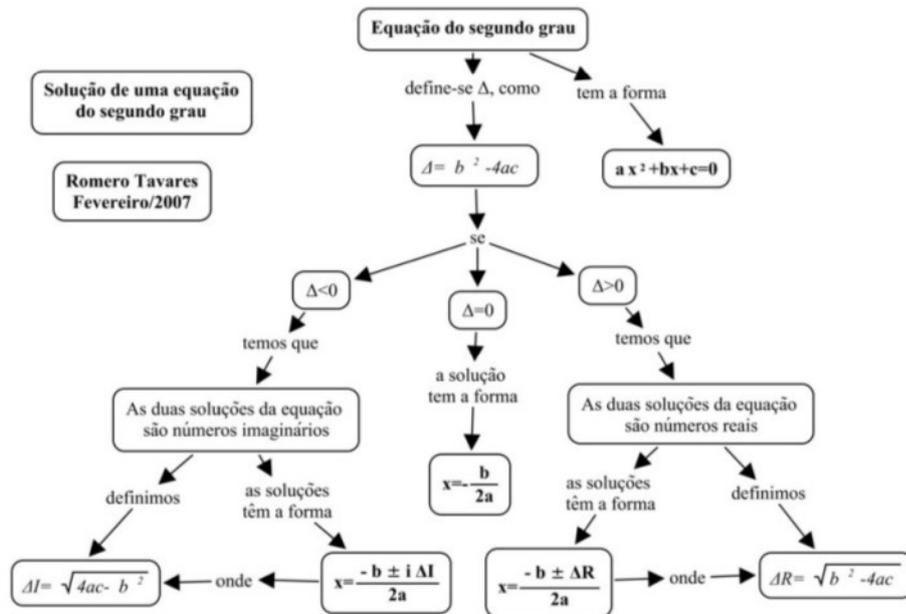
Em outro exemplo, representado pela figura 5 mostra um mapa conceitual para encontrar as raízes de uma equação de segundo grau pelo método de Bhaskara. Os conjuntos da estrutura MC são:

- C= {equação de segundo grau, $\Delta = b^2 - 4ac$, $ax^2 + bx + c = 0$, $\Delta < 0$, $\Delta = 0$, $\Delta > 0$, as duas soluções da equação tem números imaginários, a solução tem a forma, as duas soluções da equação são números reais, $\Delta_I = \sqrt{4ac - b^2}$, $x = \frac{-b \pm i\Delta_I}{2a}$, $x = \frac{-b}{2a}$, $x = \frac{-b \pm \Delta_R}{2a}$ },
- R = {define-se Δ , como, tem a forma, se, temos que, a solução tem a forma, definimos, onde, as soluções têm a forma}, onde cada uma dessas relações é definida como:
 - define-se Δ , como = {(equação de segundo grau, $\Delta = b^2 - 4ac$)}
 - tem a forma = {(equação de segundo grau, $ax^2 + bx + c = 0$)}
 - se = {($\Delta = b^2 - 4ac$, $\Delta < 0$), ($\Delta = b^2 - 4ac$, $\Delta = 0$), ($\Delta = b^2 - 4ac$, $\Delta > 0$)}
 - temos que = {($\Delta < 0$, as duas soluções da equação são números imaginários), ($\Delta > 0$, as duas soluções da equação são números reais)}
 - a solução tem a forma = { ($\Delta = 0$, $x = \frac{-b}{2a}$) }
 - definimos = {(as duas soluções da equação são números imaginários, $\Delta_I = \sqrt{4ac - b^2}$), (as duas soluções da equação são números reais, $\Delta_R = \sqrt{b^2 - 4ac}$)}
 - onde = {($x = \frac{-b \pm i\Delta_I}{2a}$, $\Delta_I = \sqrt{4ac - b^2}$), ($x = \frac{-b \pm \Delta_R}{2a}$, $\Delta_R = \sqrt{b^2 - 4ac}$)}

- as soluções têm a forma = {(as duas soluções da equação são números imaginários, $x = \frac{-b \pm i\Delta_I}{2a}$), (as duas soluções da equação são números reais, $x = \frac{-b \pm \Delta_R}{2a}$)}

A= {(equação de segundo grau, $\Delta = b^2 - 4ac$), (equação de segundo grau, $ax^2 + bx + c = 0$), ($\Delta = b^2 - 4ac, \Delta < 0$), ($\Delta = b^2 - 4ac, \Delta = 0$), ($\Delta = b^2 - 4ac, \Delta > 0$), ($\Delta < 0$, as duas soluções da equação são números imaginários), ($\Delta > 0$, as duas soluções da equação são números reais), ($\Delta = 0, x = \frac{-b}{2a}$), (as duas soluções da equação são números imaginários, $\Delta_I = \sqrt{4ac - b^2}$), (as duas soluções da equação são números reais, $\Delta_R = \sqrt{b^2 - 4ac}$), ($x = \frac{-b \pm i\Delta_I}{2a}, \Delta_I = \sqrt{4ac - b^2}$), ($x = \frac{-b \pm \Delta_R}{2a}, \Delta_R = \sqrt{b^2 - 4ac}$), (as duas soluções da equação são números imaginários, $x = \frac{-b \pm i\Delta_I}{2a}$), (as duas soluções da equação são números reais, $x = \frac{-b \pm \Delta_R}{2a}$)}

Figura 5- Método de Bhaskara para encontrar as raízes de uma equação de segundo grau



Fonte: (DE AGUIAR. CORREIA, 2013).

A construção de um mapa conceitual até hoje segue a metodologia descrita por Buchweitz (1984), composta pelas seguintes etapas:

- localiza-se os conceitos: exemplos, equações, teorias ou outros elementos que podem

acompanhar os conceitos para deixar o mapa mais detalhado e para facilitar o aprendizado;

- lista-se os conceitos em uma forma hierárquica: partindo dos conceitos mais gerais para os mais específicos;
- distribui-se os conceitos em duas dimensões: os mais gerais ficam no topo do mapa e os mais específicos na parte inferior; os conceitos que estão no mesmo nível de especificação ficam lado a lado;
- traça-se as linhas que indicam as relações entre os conceitos: liga-se os conceitos que têm algum tipo de relação;
- escreve-se a natureza da relação: as relações devem representar proposições significativas entre os conceitos;
- revisa-se e refaz-se o mapa: para acrescentar conceitos que foram esquecidos e reescrever algumas relações para facilitar o entendimento do significado;
- prepara-se o mapa final: distribui-se melhor os conceitos para retirar algumas ligações que podem estar se cruzando.

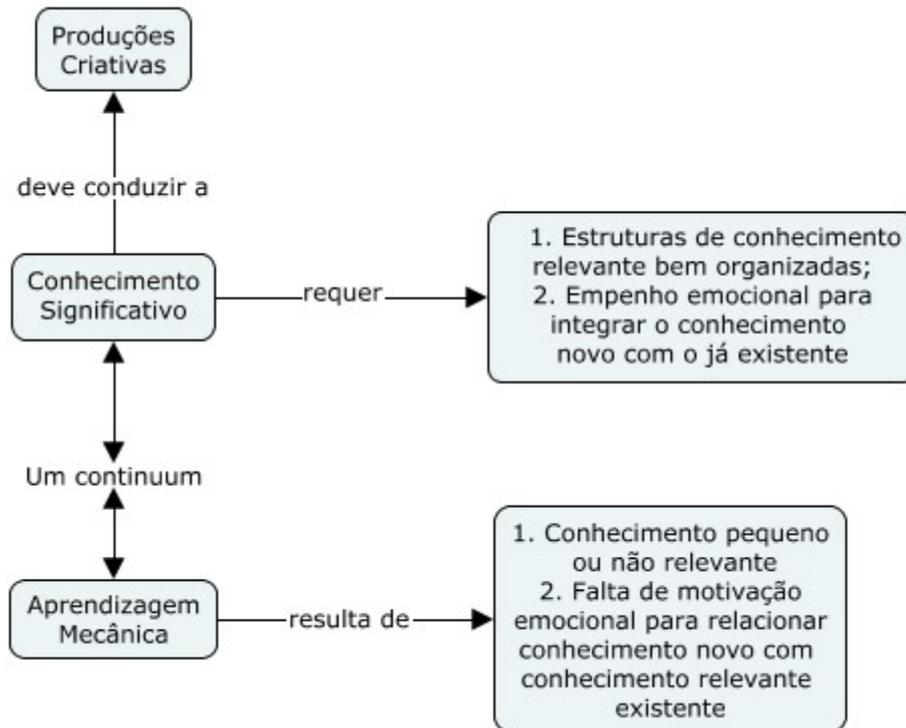
2.2 - Alguns Tipos de Mapas Conceituais

O mapa conceitual é considerado como um esquematizador do conhecimento, na medida em que permite mostrar como o conhecimento sobre determinado assunto está organizado na estrutura cognitiva do autor e ao professor analisar a sua profundidade e extensão. Ele pode ser entendido como uma representação visual utilizada para partilhar significados, pois explicita como o autor entende as relações entre os conceitos mapeados. O mapa conceitual baseia-se na Teoria da Aprendizagem Significativa, que demonstra como o ser humano organiza o seu conhecimento através de uma hierarquização dos conceitos.

Um mapa conceitual pode ajudar na organização do conhecimento e demonstra graficamente a leitura dos significados conectados. Os mapas conceituais são normalmente feitos pela colocação de conceitos mais abrangentes e inclusivos, usando setas ou linhas de ligação a outros conceitos para mostrar a relação existente.

A construção de Mapas Conceituais (NOVAK & GOWIN, 1996) propõe que as temáticas sejam apresentadas de modo diferenciado, progressivo e integrado. Pela diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, determinados conceitos são desdobrados em outros conceitos que estão contidos em si mesmos, parcial ou integralmente, indo dos conceitos mais abrangentes aos menos inclusivos, conforme pode ser observado na figura 6 abaixo.

Figura 6 - Exemplo de mapa conceitual sobre aprendizagem significativa

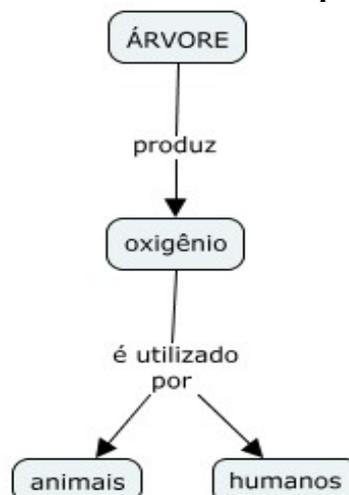


Fonte: Novak e Cañas (2010).

Os mapas conceituais são classificados em quatro tipos, conforme sua estrutura como: hierárquica, teia, fluxograma (flowchart) e conceitual (entrada e saída), segundo o site do College of Agricultural Consumer and Environmental Sciences da University of Illinois at Urbana-Champaign, na disciplina The Mind Module, apresenta o artigo Kinds of Concept Maps, como explicado abaixo:

- **Estrutura Hierárquica:** apresenta a informação em forma descendente de importância, sendo que a informação mais importante é colocada no topo do mapa (Figura 7).

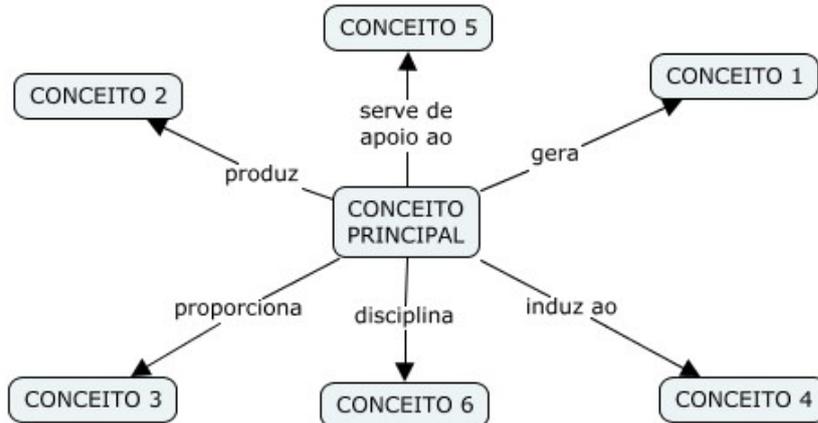
Figura 7 - Mapa Conceitual com Estrutura Hierárquica



Fonte: elaborado pelo autor

- Estrutura de Teia: o conceito central (ou gerador) é colocado no centro do mapa. Os demais conceitos vão se irradiando a partir deste conceito (Figura 8).

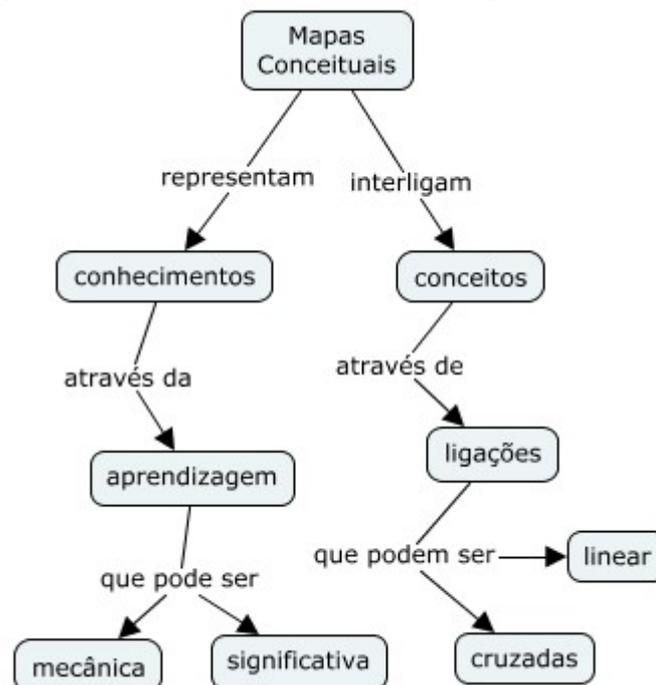
Figura 8 - Mapa Conceitual com Estrutura de Teia



Fonte: elaborado pelo autor

- Estrutura de Fluxograma (Flowchart): organiza os conceitos de maneira linear. Normalmente utilizado para demonstrar um passo a passo de um processo de produção ou procedimento e normalmente inclui um ponto inicial e outro ponto final. Um fluxograma é normalmente usado para melhorar a desempenho de um procedimento (Figura 9).

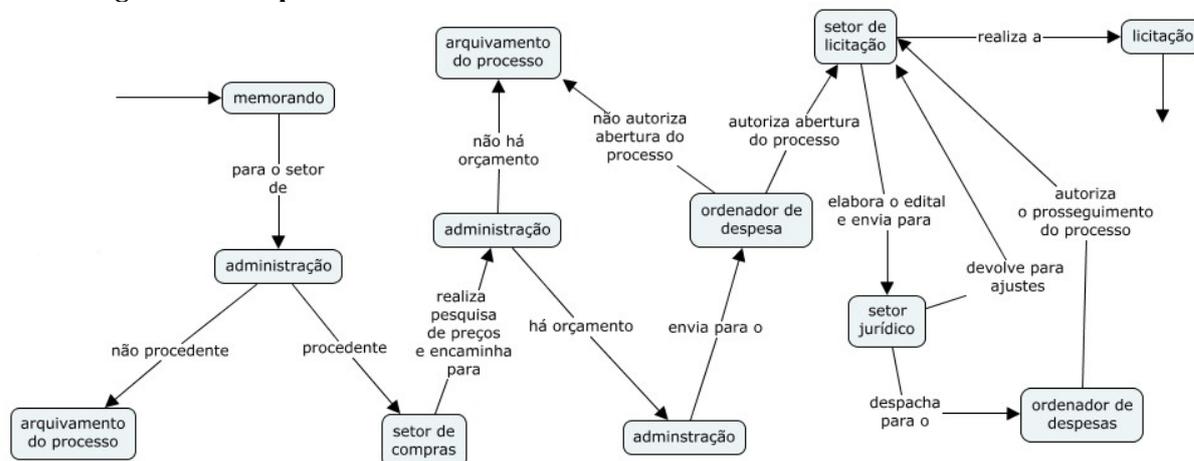
Figura 9 - Mapa Conceitual com Estrutura de Fluxograma (flowchart)



Fonte: elaborado pelo autor.

- Estrutura Conceitual: organiza a informação num formato que é semelhante ao fluxograma, mas com o acréscimo da imposição das possibilidades “entrada” e “saída” (Figura 10).

Figura 10 - Mapa Conceitual com Estrutura Conceitual



Fonte: elaborado pelo autor

2.3 - O Mapa Conceitual e a Aprendizagem Significativa

Mapas Conceituais estimulam o processo de aprendizagem significativa, isto implica na atribuição de significados idiossincráticos (pessoais), “mapas conceituais, traçados por professores e alunos, refletirão tais significados, ou seja, tanto mapas usados por professores como recurso didático, como mapas feitos por alunos em uma avaliação têm componentes idiossincráticos” (MOREIRA, 2009).

Um ser humano constrói o seu conhecimento através de sua experiência com objetos de estudo sob a perspectiva de suas fontes culturais (VALADARES & MOREIRA, 2009). Logo o conhecimento não é um fato absoluto e imutável, é um processo em evolução que se modifica à medida que os conceitos, modelos, teorias e metodologias sobre o mundo e o objeto de estudo vão se alterando (VALADARES & MOREIRA, 2009).

Na sala de aula é necessário que o professor esteja consciente de que não basta ensinar novos conceitos para que seus alunos os aprendam. Mas é preciso que cada aluno construa os seus próprios conhecimentos, por fazer uma descoberta ou por receber uma nova informação do professor. Nessa visão, o papel do professor é o de fazer com que os novos conhecimentos aprendidos pelo aluno se somem aos velhos e faça do aluno um cidadão intelectual e moralmente mais preparado para contribuir com a sociedade em que está inserido (VALADARES & MOREIRA, 2009).

Aprender significativamente requer maior esforço cognitivo do que aprender

mecanicamente. Isso ocorre porque na aprendizagem significativa o aluno precisa conferir sentido à nova informação, a partir do que ele já sabe (conhecimento prévio). O mesmo não ocorre quando a aprendizagem é mecânica. Nesse caso, o aluno não consegue estabelecer relações de sentido entre o que ele sabe e o novo conhecimento. A aprendizagem significativa deve ser entendida como uma parceria entre professor e aluno. É necessário estabelecer um ambiente propício à aprendizagem, pois os requisitos para a obtenção da aprendizagem significativa exigem o empenho de ambos (CICUTO, 2013).

A identificação do conhecimento prévio dos alunos envolve o professor, que propõe uma atividade para este fim e os alunos, que devem participar e revelar o que já sabe sobre o tema. A seleção do material instrucional é uma decisão do professor e a escolha por aprender significativamente é uma decisão exclusiva dos alunos (AUSUBEL, 2000). Durante a aprendizagem significativa podem ocorrer dois processos a diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (Figura 11 A e B).

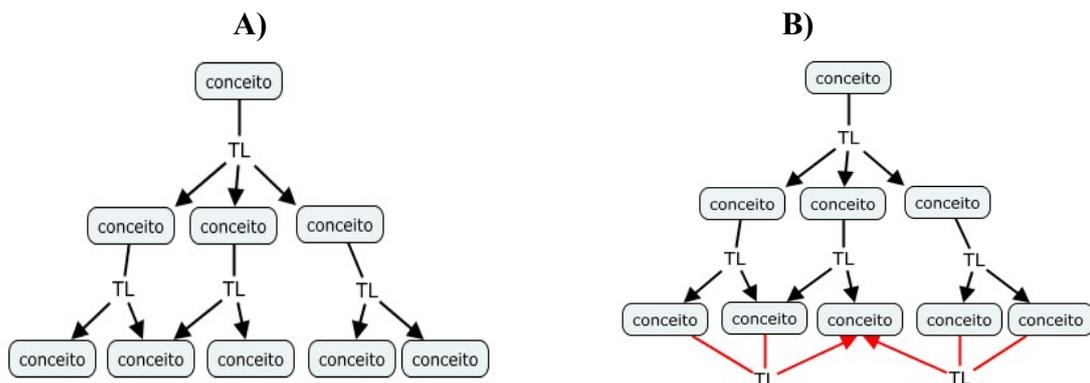
Na diferenciação progressiva o processo de aprendizagem inicia nos conceitos mais abstratos para progressivamente serem apresentados conceitos mais específicos. Já na reconciliação integrativa o processo de aprendizagem tem início nos conhecimentos mais específicos que depois que se trabalhar a similaridade e diferenças entre as especificidades estudadas chegam-se a um conhecimento abstrato sobre as mesmas especificidades.

Nem sempre o aluno dispõe de subsunçores adequados para aprender significativamente o conteúdo programático de uma disciplina, então o professor irá precisar trabalhar um material introdutório com o objetivo de fornecer subsunçores provisórios antes de iniciar a apresentação da sua disciplina (VALADARES & MOREIRA, 2009).

Na teoria de Ausubel a palavra significado é usada para designar uma relação entre dois conceitos. O conjunto de conceitos adquiridos por um aluno até o presente momento forma a sua estrutura cognitiva (estrutura hierarquizada de conceitos/conhecimentos). Portanto é fundamental conhecer a estrutura cognitiva atual do aluno e basear a sua educação a partir deste conhecimento. De acordo com esta visão, o processo de aprendizagem significativa é aquele em que os novos conhecimentos adquirem significado por interação com velhos conhecimentos especificamente relevantes da estrutura cognitiva do aluno, denominados de subsunçores ou ponto de ancoragem (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 1999 in VALADARES & MOREIRA, 2009).

Os subsunçores servem de alicerce para sustentar os novos conhecimentos. Quando um novo conceito é aprendido, esta estrutura é alterada, ora ampliando-se pela aquisição do conceito através do processo de assimilação e diferenciação progressiva, ora contraindo-se quando o conceito pode ser visto como uma generalização de dois ou mais conceitos já presentes na estrutura cognitiva do aluno pelo processo de reconciliação integrativa, dependendo do caso pode ocorrer tanto a inserção de novas relações como a remoção de relações já existentes (MOREIRA, 1999 in VALADARES & MOREIRA, 2009).

Figura 11 - Estruturas de MCs com (a) diferenciação progressiva e (b) diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Legenda: linhas pretas - proposições com diferenciação progressiva; linhas vermelhas - proposições com reconciliações integrativas; TL - termo de ligação.



Fonte: CICUTO & CORREIA, 2013.

É possível identificar, a partir dos MCs, as diferenças gráficas entre a representação dos processos de diferenciação progressiva (Figura 11A) e reconciliação integrativa (Figura 11B). No primeiro caso (Figura 11A), ideias, conceitos ou proposições mais gerais presentes na estrutura cognitiva do aluno se modificam na medida em que ele interage com as novas informações. No segundo caso (Figura 11B), as ideias, conceitos ou proposições existentes na

estrutura cognitiva se recombina por similaridades ou diferenças, gerando novos significados e proporcionando uma reorganização da estrutura cognitiva (AUSUBEL, 2000).

A diferenciação progressiva dos conceitos facilita a assimilação de novas informações durante a aprendizagem. Por esse motivo, é aconselhável começar a instrução com conceitos mais gerais sobre o assunto a ser abordado. Os detalhamentos devem ser feitos a partir deles, a fim de que os alunos consigam compreender todas as partes do conteúdo sem perder a chance de relacioná-las com o todo. A diferenciação progressiva, que pode ser visualizada nos MCs, é um conceito útil para o planejamento das atividades de ensino. Desta forma, a combinação da teoria Ausubeliana com o uso dos MCs gera um ponto de partida favorável para a criação de um processo de ensino que favoreça a aprendizagem significativa (CICUTO, 2013).

A Técnica de Mapeamento Conceitual de Novak foi desenvolvida a partir das ideias cognitivas de Ausubel. Essa técnica inclui uma visão humanista para o processo de ensino-aprendizagem. Segundo Novak (2010), os seres humanos pensam, sentem e agem e todos esses elementos devem ser combinados na criação de novos conhecimentos. Portanto, o desafio educacional é gerenciar as seguintes formas de aprendizagem:

1. A aquisição de conhecimento (aprendizagem cognitiva);
2. A mudança na emoção ou sentimentos (aprendizagem afetiva); e
3. O ganho de aptidão física ou motora (aprendizagem psicomotora).

A partir dessa perspectiva humanista, Novak (2010) propõe uma nova definição para a aprendizagem significativa que tem orientado o uso que se faz dos MCs: a aprendizagem significativa deve promover a integração construtiva entre o pensar, o sentir e o agir, levando ao engrandecimento humano (NOVAK, 2010). Os indivíduos devem ser responsáveis pela condução do seu processo de aprendizagem. Isso permite que a aprendizagem ocorra por toda a vida e atenda as novas demandas da sociedade do século XXI (VISSER & VISSER-VALFREY, 2008).

Como a Aprendizagem Significativa implica, necessariamente, atribuição de significados idiossincráticos (pessoal), mapas conceituais, traçados por professores e alunos, refletirão tais significados. Quer dizer, tanto mapas usados por professores como recurso didático como mapas feitos por alunos em uma avaliação têm componentes idiossincráticos. Isso significa que não existe mapa conceitual “correto”. O professor nunca deve apresentar um mapa conceitual certo (único) sobre determinado conteúdo, mas sim um mapa conceitual para o tema segundo os significados que ele atribui aos conceitos e às relações significativas. Analogicamente, nunca deve-se esperar que o aluno apresente numa avaliação um mapa

conceitual “correto” de um certo conteúdo. Isso não existe. O que o aluno apresenta é o seu conhecimento sobre este tema e o importante não é se esse mapa está certo ou não, mas sim se ele dá evidências de que o aluno está aprendendo significativamente o conteúdo (MOREIRA, 2010).

Destarte, o professor ao ensinar tem a intenção de fazer com que o aluno adquira certos conhecimentos no contexto da matéria de ensino. O ensino busca aferir como o aluno vem incorporando na sua estrutura cognitiva tais conhecimentos. Mapas Conceituais podem ser valiosos na consecução desse objetivo e podem fornecer informação sobre como está sendo alcançado. Todavia, mapas conceituais – tanto do aluno como do professor – têm significados pessoais. Como exemplo, pode-se solicitar que dois professores, que lecionam a mesma disciplina, construam um mapa conceitual sobre determinado conteúdo, certamente será obtido dois mapas conceituais que terão semelhanças e diferenças. Os dois mapas poderão evidenciar um bom entendimento da disciplina, não sendo possível afirmar que um mapa é melhor que outro e menos ainda que um está certo e outro errado. O mesmo acontece quando avalia-se mapas conceituais produzidos por alunos de uma mesma disciplina. Contudo, é preciso cuidado para não cair em um relativismo onde “tudo vale”: alguns mapas são definitivamente pobres e sugerem falta de compreensão (MOREIRA, 2010).

Mapas Conceituais são dinâmicos, estão constantemente mudando no curso da aprendizagem significativa. Se a aprendizagem é significativa, a estrutura cognitiva está constantemente se reorganizando e em consequência, mapas traçados hoje serão diferentes amanhã (MOREIRA, 2010). De tudo isso, depreende-se facilmente que mapas conceituais são instrumentos diferentes e que não faz muito sentido querer avaliá-los como se avalia um teste de múltipla escolha ou um problema matemático. A análise de mapas conceituais é essencialmente qualitativa. O professor, ao invés de preocupar-se em atribuir uma nota ao mapa feito pelo aluno, deve procurar interpretar as informações presente no mapa a fim de obter evidências de aprendizagem significativa.

A técnica de mapeamento conceitual não exclui a possibilidade de erros proposicionais, ou seja, pode haver na elaboração de um mapa proposições inadequadas ou falsas. A identificação de proposições “defeituosas” auxilia o professor a intervir na correção da estrutura cognitiva do aluno.

O processo de criação e organização de um mapa conceitual deve ser livre e estimulado pelo professor, tendo como ponto de partida a estrutura cognitiva atual do aluno. O uso adequado do mapa conceitual como ferramenta de apoio a aprendizagem significativa, requer um período de treinamento diferente entre o professor e o aluno. O treinamento do professor

deve iniciar ou ocorrer antes do aluno e contemple as formas de uso de mapas conceituais no planejamento de suas aulas, o processo de leitura, escrita e correção dos MCs. Já o aluno deve ter em seu treinamento o processo de leitura e escrita dos mapas conceituais (CORREIA, INFANTE-MALACHIAS & GODOY, 2008).

Na prática pedagógica, os mapas conceituais são utilizados como representações gráficas para a gestão da informação e do conhecimento em sala de aula, em grupos de pesquisas e em corporações (CORREIA, 2012; MOON, 2011), porém a aprendizagem ocorre por toda a vida e não se limita mais à educação formal presencial.

Na sala de aula os professores interessados em promover a aprendizagem significativa de seus alunos tem utilizado o mapa conceitual para:

- introduzir um novo conceito: antes de introduzir um novo conceito o professor pode apresentar um mapa conceitual aos alunos com os conceitos prévios necessários para o bom entendimento do novo conceito, em seguida o professor deve iniciar uma discussão sobre os conceitos presentes neste mapa procurando sempre que possível relacioná-los a experiências já vivenciadas pelos alunos (CUNHA; 2013) (MOREIRA, 2012);
- sistematizar os conceitos já vistos e aprendidos: ocorre sempre que o professor solicita para seus alunos a construção de um mapa conceitual da disciplina ao longo das aulas. Pois de acordo com o princípio da diferenciação progressiva os conceitos mais abstratos da disciplina são apresentados primeiro e na sequencia das aulas tais conceitos começam a ser detalhados e instanciados até a sua forma concreta. Servindo a sequencia dos mapas gerados pelo aluno no decorrer da disciplina de uma organização sistemática dos conceitos aprendidos (CUNHA; 2013) (NUNES, 2013);
- resumir uma pesquisa ou leitura: ocorre sempre que o professor propõe a seus alunos a edição de um mapa conceitual contendo as informações obtidas a partir de uma pesquisa ou leitura (MOREIRA, 2012);
- organizar as ideias e informações na criação de um projeto: antes dos alunos iniciarem a realização de um projeto, é interessante a apresentação das ideias e metodologia através de um mapa conceitual para o professor. Assim o professor pode iniciar uma discussão com os alunos que irão realizar o projeto no sentido de corrigir percalços de metodologia e erros de entendimento dos conceitos envolvidos na execução do projeto (MAFFRA, 2011);

O uso de mapa conceitual como atividade em sala estimula a aprendizagem significativa, mas não é garantia de que esta forma de aprendizagem ocorra. Deve-se ressaltar que estas atividades requerem mais trabalho por parte tanto do professor como do aluno. Pois o professor precisa estar atento para os significados construídos pelos alunos e intervir sempre que necessário, evitando que os alunos apresentem significados errôneos para um determinado conceito (NOVAK e GOWIN, 1984).

A avaliação do mapa conceitual do aluno é uma das formas que o professor dispõe para avaliar como está ocorrendo a aprendizagem significativa do aluno. Acredita-se que quantos mais significados novos e corretos o aluno for capaz de acrescentar a sua estrutura cognitiva, maior será a sua familiaridade com o assunto estudado (NOVAK, GOWIN, 1984), evidenciando o ganho cognitivo através da comparação da estrutura cognitiva do aluno antes e depois do processo de aprendizagem.

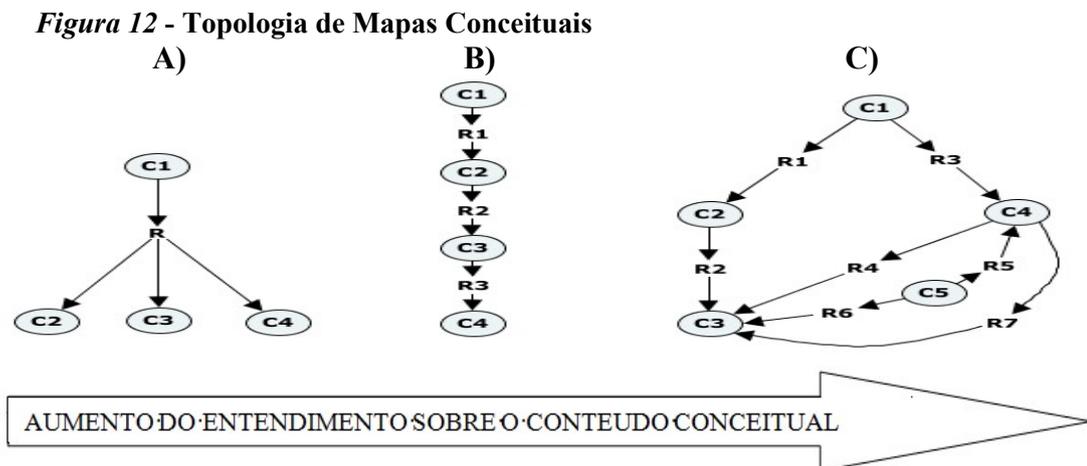
2.4 - Análises de Mapas Conceituais

A adoção de uma metodologia para construção de mapas conceituais não é suficiente para garantir que o conhecimento representado no mapa expresse o entendimento de um determinado conteúdo programático com clareza, pois para que o autor do mapa conceitual tenha êxito na tarefa de confeccionar seu mapa é necessário saber se o autor tem: proficiência em elaborar mapas conceituais (SILVA JR; ROMANO JR; CORREIA, 2010); compreensão do assunto a ser mapeado (CICUTO; CORREIA, 2011) e compreensão da semântica expressas pelas proposições do mapa (ROMANO JR; CORREIA, 2010). Essas questões têm sido trabalhadas por vários pesquisadores, resultando na proposta de três técnicas de análise das informações presentes no mapa conceitual, denominadas de análise estrutural, análise de vizinhança e análise proposicional.

2.4.1 - Análise Estrutural

A análise estrutural, proposta por Kinchin, Hay, Adams (2000), tem o objetivo de verificar a topologia do grafo orientado que representa o mapa conceitual para discutir seu significado. Segundo este trabalho no início do processo de aprendizagem significativa sobre um determinado assunto o aluno tende a produzir um mapa conceitual com a topologia radial, onde um único conceito serve de conexão com os demais (Figura 12A). No decorrer do processo de aprendizagem significativa o aluno gerar um encadeamento lógico dos conceitos aprendidos resultando em uma alteração da sua estrutura cognitiva, o que pode ser percebido na alteração da topologia do mapa conceitual de uma topologia radial para uma topologia

linear (Figura 12B). Porém só quando o aluno consegue estabelecer relações entre os conceitos aprendidos é que a topologia linear se transforma em uma topologia de rede (Figura 12C), revelando a atribuição de significado aos conceitos aprendidos. Essa evolução da complexidade do mapa conceitual pode ser verificada pelo número de níveis hierárquicos presentes no mapa.



Fonte: Adaptado (TAVARES, 2007).

A associação entre a avaliação estrutural do mapa conceitual de um aluno e o estágio de seu processo de aprendizagem significativa, identificado no trabalho de Kinchin, Hay e Adams (2000) serviu de inspiração para Silva, Romano e Correia (2010) elaborarem uma avaliação estrutural quantitativa do mapa conceitual em função de oito parâmetros capazes de capturar todas as características estruturais do mapa.

A definição dos parâmetros usados para a avaliação quantitativa dos mapas conceituais requer a definição de:

- conceito inicial $c_j \in C$, denotado por um conjunto J , é um conceito que ocorre na primeira posição dos arcos presentes no mapa conceitual, ou seja, $\forall a = (c_1, c_2) \in A$ ($c_j = c_1$).
- conceito inicial múltiplo $c_{JM} \in C$, denotado por um conjunto JM , é um conceito que ocorre na primeira posição de mais de um arco presente no mapa conceitual, ou seja, $\exists a_1 = (c_{1,1}, c_{1,2}), a_2 = (c_{2,1}, c_{2,2}) \in A$ ($(a_1 \neq a_2) \wedge (c_{1,1} = c_{2,1})$).
- conceito exclusivamente inicial $c_{JE} \in C$, denotado por um conjunto JE , é um conceito que ocorre na primeira posição de um arco, mas nunca ocorre na segunda posição dos arcos presente no mapa conceitual, ou seja, $(\exists a_1 = (c_{1,1}, c_{1,2}) \in A (c_{1,1} = c_{JE})) \wedge (\forall a_2 = (c_{2,1}, c_{2,2}) \in A (c_{2,2} \neq c_{JE}))$.

- conceito final $c_K \in C$, denotado por um conjunto K , é um conceito que ocorre na segunda posição dos arcos presentes no mapa conceitual, ou seja, $\forall a=(c_1, c_2) \in A$ ($c_K=c_2$).
- conceito final múltiplo $c_{KM} \in C$, denotado por um conjunto KM , é um conceito que ocorre na segunda posição de mais de um arco presente no mapa conceitual, ou seja, $\exists a_1=(c_{1,1}, c_{1,2}), a_2=(c_{2,1}, c_{2,2}) \in A$ ($(a_1 \neq a_2) \wedge (c_{1,2}=c_{2,2})$).
- conceito exclusivamente final $c_{KE} \in C$, denotado por um conjunto KE , é um conceito que ocorre na segunda posição de um arco, mas nunca ocorre na primeira posição dos arcos presente no mapa conceitual, ou seja, $(\exists a_1=(c_{1,1}, c_{1,2}) \in A (c_{1,2}=c_{JE})) \wedge (\forall a_2=(c_{2,1}, c_{2,2}) \in A (c_{2,1} \neq c_{JE}))$.
- conceito inicial e final $c_L \in C$, denotado por um conjunto L , é um conceito que ocorre na primeira e segunda posição de pelo menos um arco presentes no mapa conceitual, ou seja, $\exists a_1=(c_{1,1}, c_{1,2}), a_2=(c_{2,1}, c_{2,2}) \in A$ ($(c_L=c_{1,1}) \wedge (c_L=c_{2,2})$).

Por exemplo, para os mapas conceituais da Figura 12, os conceitos são classificação como representado na Tabela abaixo.

Tabela 1 - Classificação dos conceitos presentes no mapa conceitual da Figura 12

Conceito	Mapa A	Mapa B	Mapa C
Inicial	c_1	c_1, c_2 e c_3	c_1, c_2, c_4 e c_5
inicial múltiplo	c_1		c_1 e c_4
exclusivamente inicial	c_1	c_1	c_1
Final	c_2, c_3 e c_4	c_2, c_3 e c_4	c_2, c_3, c_4 e c_5
final múltiplo			c_3 e c_4
exclusivamente final	c_2, c_3, c_4	c_4	c_3
inicial e final		c_2 e c_3	c_2, c_4 e c_5

Fonte: elaborado pelo autor

Com base nesses conceitos e na estrutura que define um mapa conceitual, calculam-se os seguintes parâmetros:

- quantidade de proposições, denotado por Q_P , é o número de arcos presentes no mapa conceitual, ou seja, é o tamanho do conjunto A .
- quantidade de conceitos, denotado por Q_C , é o número de conceitos presentes no mapa conceitual, ou seja, é o tamanho do conjunto C .

- quantidade de conceitos iniciais, denotado por Q_J , é o número de conceitos iniciais presentes no mapa conceitual, ou seja, é o tamanho do conjunto J.
- quantidade de conceitos iniciais múltiplos, denotado por Q_{JM} , é o número de conceitos iniciais múltiplos presentes no mapa conceitual, ou seja, é o tamanho do conjunto JM.
- quantidade de conceitos exclusivamente iniciais, denotado por Q_{JE} , é o número de conceitos exclusivamente iniciais no mapa conceitual, ou seja, é o tamanho do conjunto JE.
- quantidade de conceitos finais, denotado por Q_K , é o número de conceitos finais no mapa conceitual, ou seja, é o tamanho do conjunto K.
- quantidade de conceitos finais múltiplo, denotado por Q_{KM} , é o número de conceitos finais múltiplos no mapa conceitual, ou seja, é o tamanho do conjunto KM.
- quantidade de conceitos exclusivamente finais, denotado por Q_{KE} , é o número de conceitos finais múltiplos no mapa conceitual, ou seja, é o tamanho do conjunto KE.
- quantidade de conceitos iniciais e finais, denotado por Q_L , é o número de conceitos iniciais e finais no mapa conceitual, ou seja, é o tamanho do conjunto L.

Por exemplo, os valores obtidos dessas quantidades para os mapas conceituais da Figura 12 são exibidos na Tabela 2.2.

Tabela 2 - Cálculo dos elementos presentes no mapa conceitual da Figura 12

Quantidade de	Mapa a	Mapa b	Mapa c
proposições (Q_P)	4	4	6
Conceitos (Q_C)	4	4	5
conceitos iniciais (Q_J)	1	3	4
conceitos iniciais múltiplos (Q_{JM})	1	0	2
conceitos exclusivamente iniciais (Q_{JE})	1	1	1
conceitos finais (Q_K)	3	3	4
conceitos finais múltiplos (Q_{KM})	0	0	1
conceitos exclusivamente finais (Q_{KE})	3	1	1
conceitos iniciais e finais (Q_L)	0	0	3

Fonte: elaborado pelo autor

Os parâmetros adotados por Kinchin, Hay e Adams, para ajudar o professor a

compreender a etapa, em que se encontra o processo de aprendizagem significativa do seu aluno, mediante uma avaliação das características estruturais do mapa conceitual presentes no mapa do aluno são:

- Densidade proposicional (Q_P/Q_C): definido como a relação entre a quantidade de proposições Q_P e a quantidade total de conceitos do mapa Q_C .
- Conceitos iniciais (Q_J/Q_P): definido como a relação entre a quantidade de conceitos iniciais e a quantidade total de conceitos do mapa.
- Conceitos iniciais múltiplos (Q_{JM}/Q_P): definido como a relação entre a quantidade de conceitos que iniciam múltiplas proposições e a quantidade total de conceitos do mapa.
- Conceitos finais (Q_K/Q_P): definido como a relação entre a quantidade de conceitos finais e a quantidade total de conceitos do mapa.
- Conceitos finais múltiplos (Q_{KM}/Q_P): definido como a relação entre a quantidade de conceitos que finalizam múltiplas proposições e a quantidade total de conceitos do mapa.
- Conceitos iniciais e finais (Q_L/Q_P): definido como a relação entre a quantidade de conceitos iniciais e finais e a quantidade total de conceitos do mapa.
- Conceitos exclusivamente iniciais (Q_{JE}/Q_P): definido como a relação entre a quantidade de conceitos que exclusivamente iniciam proposições e a quantidade total de conceitos do mapa.
- Conceitos exclusivamente finais (Q_{KE}/Q_P): definido como a relação entre a quantidade de conceitos que exclusivamente finalizam proposições e a quantidade total de conceitos do mapa.

Por exemplo, para os mapas conceituais da Figura 12 tem-se o seguinte valor para os parâmetros analisados:

Tabela 3 - Parâmetros da análise estrutural do mapa conceitual da Figura 12

Parâmetro	Mapa a	Mapa b	Mapa c
Densidade proposicional (Q_P/Q_C)	0,85	0,85	1,2
Conceitos iniciais (Q_J/Q_P)	0,33	1	0,8
Conceitos iniciais múltiplos (Q_{JM}/Q_P)	0,33	0	0,4
Conceitos exclusivamente iniciais (Q_{JE}/Q_P)	0,33	0,33	0,2

Conceitos finais (Q_K/Q_P)	1	1	0,8
Conceitos finais múltiplos (Q_{KM}/Q_P)	0	0	0,2
Conceitos exclusivamente finais (Q_{KE}/Q_P)	1	0,33	0,2
Conceitos iniciais e finais (Q_L/Q_P)	0	0	0,6

Fonte: elaborado pelo autor

Kinchin, Hay e Adams (2000), concluem em seu trabalho que, dentre estes parâmetros somente a densidade proposicional, os conceitos iniciais múltiplos e os conceitos finais múltiplos foram considerados como indicativo de proficiência do aluno na elaboração de mapas conceituais. Logo quanto maior o valor desses parâmetros no mapa conceitual, maior será a proficiência do aluno que o construiu. Com base nesta informação o mapa conceitual que representa maior proficiência é o mapa da Figura 12C.

2.4.2 - Análise Proposicional

A análise proposicional é uma forma de avaliar o tipo de relação expressa pelas proposições presentes no mapa conceitual em duas classes, denominadas de estática e dinâmica. Uma proposição pertence à classe estática se ela relaciona um conceito c_1 a um conceito c_2 que pode ser considerado uma característica, propriedades ou classe do conceito c_1 , o que ocorre sempre que o termo de ligação usado para definir a proposição não exprimir ação. Enquanto na classe dinâmica só contem proposições cujo termo de ligação entre os conceitos exprimir movimento, ação, mudança e dependência. Quanto maior for o número de proposições dinâmicas maior será a atribuição de significado entre os conceitos do mapa conceitual (ROMANO JR; CORREIA, 2010; SAFAYENI et al., 2005).

Segundo Romano Jr; Correia (2010), a identificação de quais relações presentes no mapa conceitual na classe estática ou dinâmicas, pode ser realizada através de uma simples pergunta: O rótulo do arco a tem verbo? A resposta pode ser uma das seguintes alternativas:

- a) Sim, e este verbo expressa uma relação estática;
- b) Sim, e este verbo expressa uma relação dinâmica não casual;
- c) Sim, e este verbo expressa uma relação dinâmica casual, totalmente explícita, onde os conceitos associados são quantificados;
- d) Sim, e este verbo expressa uma relação dinâmica casual, parcialmente explícita, onde somente um dos conceitos associados é quantificado;
- e) Sim, e este verbo expressa uma relação dinâmica casual, implícita, onde nenhum dos conceitos associados são quantificados.

f) Não

Por exemplo, a análise proposicional das relações presentes no mapa conceitual Figura 5 é exibida abaixo (Tabela 4).

Tabela 4 - Classificação proposicional das relações do mapa conceitual da Figura 5

Conceito inicial	Relação	Conceito final	Classificação da relação
equação de segundo grau	resolve-se Δ , como	$\Delta = b^2 - 4ac$	Estática
equação de segundo grau	tem a forma	$\Delta = b^2 - 4ac$	Estática
$\Delta = b^2 - 4ac$	Se	$\Delta > 0$	Dinâmica implícita
$\Delta = b^2 - 4ac$	Se	$\Delta = 0$	Dinâmica implícita
$\Delta = b^2 - 4ac$	Se	$\Delta < 0$	Dinâmica implícita
$\Delta < 0$	temos que	as duas soluções da equação são números imaginários	Estática
$\Delta = 0$	a solução tem a forma	$x = \frac{-b}{2a}$	Estática
$\Delta > 0$	temos que	as duas soluções da equação são números reais	Estática
as duas soluções da equação são números imaginários	definimos	$\Delta_I = \sqrt{4ac - b^2}$	Estática
as duas soluções da equação são números reais	definimos	$\Delta_R = \sqrt{b^2 - 4ac}$	Estática
$x = \frac{-b \pm i\Delta_I}{2a}$	onde	$\Delta_I = \sqrt{4ac - b^2}$	Estática
$x = \frac{-b \pm \Delta_R}{2a}$	Onde	$\Delta_R = \sqrt{b^2 - 4ac}$	Estática
as duas soluções da equação são números imaginários	as soluções têm a forma	$x = \frac{-b \pm i\Delta_I}{2a}$	Estática
as duas soluções da equação são números	as soluções têm a forma	$x = \frac{-b \pm \Delta_R}{2a}$	Estática

reais			
-------	--	--	--

Fonte: elaborado pelo autor

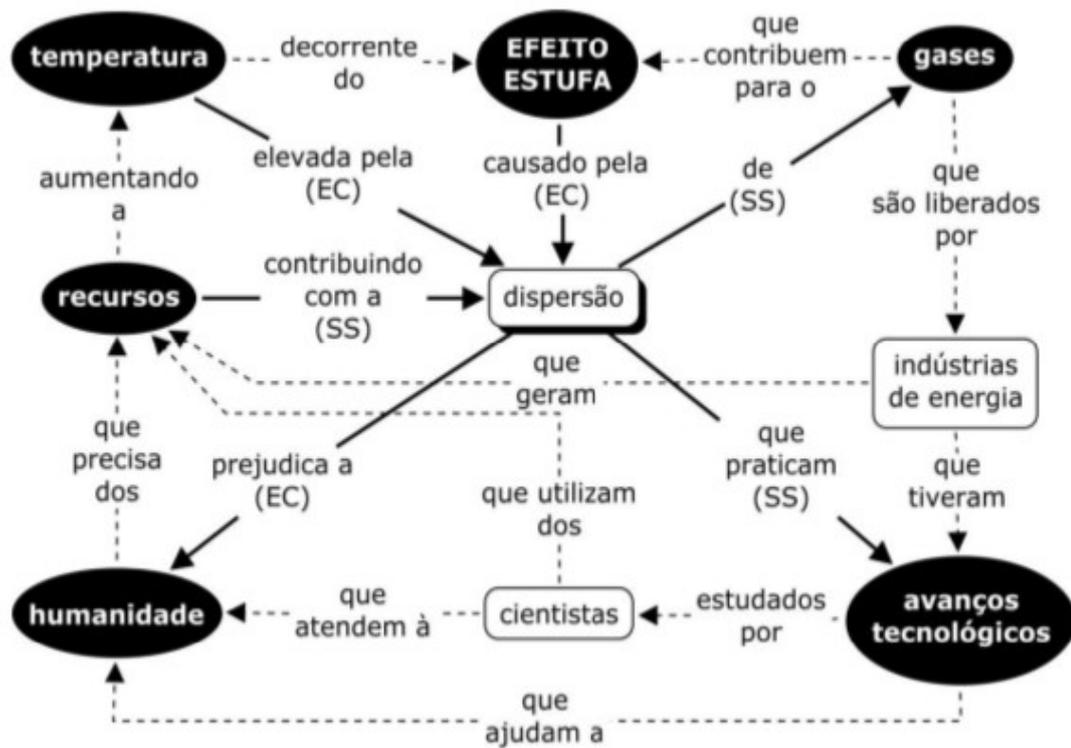
2.4.3 - Análise de Vizinhança

A análise de vizinhança tem como objetivo avaliar o entendimento do aluno sobre um determinado assunto, analisando os conceitos presentes no mapa conceitual (CICUTO; CORREIA, 2011). A principal característica dessa estratégia de avaliação é exigir que o aluno represente no seu mapa conceitual o(s) conceito(s) obrigatório(s) fornecido(s) pelo professor para a aprendizagem significativa do assunto tratado na sala, os quais recebem a denominação de conceitos obrigatórios. A partir deste momento todos os conceitos não obrigatórios presentes no mapa conceitual do aluno são denominados de:

- conceitos vizinhos quando estão diretamente relacionados com o conceito obrigatório, ou seja, todos os conceitos que estão na primeira posição dos arcos do mapa quando a segunda posição é ocupada por um conceito obrigatório e todos os conceitos que estão na segunda posição dos arcos do mapa quando a primeira posição é ocupada por um conceito obrigatório.
- conceitos complementares quando não estão diretamente relacionados com o conceito obrigatório, ou seja, todos os conceitos que estão na primeira posição dos arcos do mapa quando a segunda posição nunca é ocupada por um conceito obrigatório e todos os conceitos que estão na segunda posição dos arcos do mapa quando a primeira posição nunca é ocupada por um conceito obrigatório.

Quanto maior o número de conceitos vizinhos no mapa conceitual, maior é a quantidade de significado atribuído ao conhecimento obrigatório.

Figura 13 - Mapa conceitual dos fenômenos atmosféricos, dos efeitos globais e das ações locais.



Fonte: Adaptado (CICUTO, 2011)

A Figura 13 apresenta um exemplo de mapa conceitual construído segundo a ideia de análise de vizinhança. Neste mapa, pode-se observar a presença de conceitos obrigatórios os, conceitos vizinhos e conceitos complementares.

No próximo capítulo será apresentado o modelo proposto para ampliar o uso que se faz do Mapa Conceitual de Novak, capaz de expressar a evolução do conhecimento do aluno, através de uma avaliação qualitativa do conhecimento, que leve em consideração a qualidade das informações contidas no mapa.

3 - O MODELO PROPOSTO

3.1 - A Evolução da Estrutura Cognitiva

O modelo proposto visa ampliar o uso do Mapa Conceitual, como instrumento de avaliação da aprendizagem, integrando as atividades de construção e avaliação, capaz de fazer comparações entre os significados presentes no mapa, do especialista e do aluno, bem como do aluno consigo mesmo e com mapas de outros alunos numa aprendizagem colaborativa.

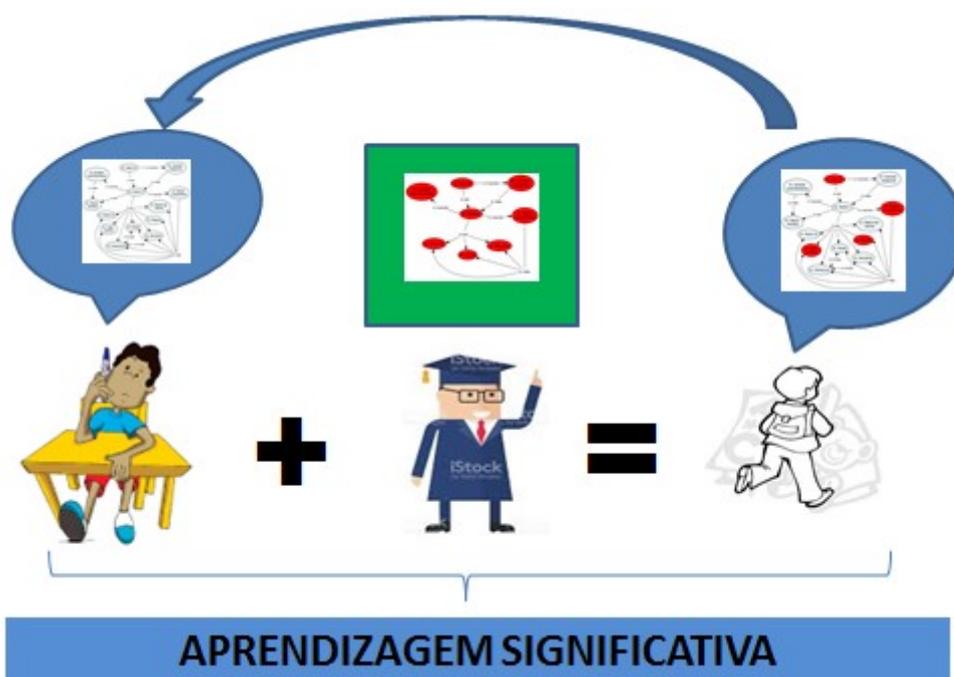
O modelo faz a representação de toda a evolução da estrutura cognitiva do aluno, ou seja, é capaz de representar o que o aluno já sabe sobre determinado conteúdo, o que ele precisa aprender, indicando o melhor caminho e os conceitos que servirão de subsunções para os conhecimentos futuros.

A forma de representação do Mapa Conceitual Estratificado (MCE), expressa com clareza de detalhes a estrutura inicial do aluno, ofertando ao professor a informação principal para a elaboração de seu plano de aula, melhorando o processo de aprendizagem, com possibilidade de equilibrar os conhecimentos difusos dos alunos presentes em sala.

A representação estratificada dos conceitos em opcional, básico, obrigatório e avançado, faz com que os conceitos recebam pesos diferentes (Figura 16) para demonstrar o nível evolutivo da percepção de cada significado dentro da estrutura cognitiva do aluno, ressaltando os conceitos que durante o processo serão estimulados (incorporados) no processo de aprendizagem significativa do aluno, podendo ocorrer certa instabilidade de compreensão de alguns conceitos avançados, que precisam ser trabalhados mais adiante.

O processo de aprendizagem de um ser humano é um processo contínuo que evolui em decorrência da interação deste ser com outros seres, com o ambiente, com as suas crenças, com os seus desejos, com seus objetivos e com a sua forma de derivar novos conhecimentos (MOREIRA, 2011). Durante este processo um dado conhecimento adquire diferentes estratificações ao longo do tempo e do interesse do aluno (Figura 14).

Figura 14 - Evolução da Estrutura Cognitiva



Fonte: elaborado pelo aluno

A figura supracitada representa o processo de aprendizagem, fruto da interação entre aluno e professor em sala, no qual o aluno aparece com sua estrutura cognitiva atual (inicial), depois ele recebe do professor informações (conceitos/conhecimentos), as quais o fazem refletir gerando uma alteração na sua estrutura cognitiva. Esse processo se repete ao longo de várias séries escolares. Gerando assim uma estrutura cognitiva complexa que irá acompanhar o aluno por toda a sua vida.

No momento em que o processo de aprendizagem de uma série para o aluno inicia a sua estrutura cognitiva já contem alguns conceitos C e relações R que compõe o seu conhecimento atual, $\text{Aluno}=(C,A)$, onde A é o conjunto de pares de conceitos pertencentes ao conjunto C que satisfazem pelo menos uma relação do conjunto das relações R . Quando durante este processo o aluno adquire um novo conceito c' , então novas relações são formadas entre os conceitos do conjunto C e o novo conceito c' , resultado na construção:

- de um novo conjunto de conceitos C' ($C' \subseteq C \wedge C' \subset \{c'\}$), formado por alguns dos conceitos anteriores da estrutura cognitiva do aluno C acrescido do novo conceito c' ($C'=C \cup \{c'\}$). Porém quando o novo conceito c' é o resultado de um processo de reconciliação integrativa, onde o novo conceito é uma visão mais ampla de conceitos específicos presentes na estrutura cognitiva do aluno, podem resultar na retirada dos conceitos mais específicos da estrutura cognitiva do aluno ($C' \subseteq C$) e no acréscimo do conceito c' nesta estrutura ($C' \subset \{c'\}$);

- um novo conjunto de relações R' ($R' \subseteq R \cup \{r'\}$), quando a relação que associa o novo conceito c' aos conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno, então o conjunto de relações não se altera ($R' = R$). Mas quando a relação r' que associa o novo conceito c' aos conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno não pertencem a esta estrutura, então o conjunto de relações se altera com o acréscimo da nova relação r' ($R' = R \cup \{r'\}$). No caso do novo conceito ser resultado de um processo de reconciliação integrativa, onde o novo conceito pode ser colocado na estrutura cognitiva do aluno em substituição dos conceitos específicos presentes nesta estrutura, podendo resultar na retirada de alguma relação do conjunto R ($R' \subset R$) juntamente com a inserção da nova relação r' ($R' \subset \{r'\}$); e
- um novo conjunto de arestas A' ($A' \subseteq A \wedge A' \subset \{a'\}$), formado por algumas das arestas já presentes na estrutura cognitiva do aluno A acrescido da nova aresta a' ($A' \subseteq A \wedge A' \subset \{a'\}$). No caso da nova aresta a' ser o resultado de um processo de reconciliação integrativa, onde a nova aresta é o resultado de um processo de reconciliação integrativa, onde a nova aresta é uma visão mais ampla de outras arestas específicas presentes na estrutura cognitiva do aluno, a introdução da nova aresta na estrutura cognitiva do aluno podem resultar na retirada de outras arestas desta estrutura ($A' \subseteq A$) e no acréscimo da aresta c' nesta estrutura ($A' \subset \{a'\}$).

Em todas as situações descritas acima, o que ocorreu com a estrutura cognitiva do aluno foi a sua evolução. Durante o processo de aprendizagem a estrutura cognitiva do aluno irá evoluir para uma nova estrutura, logo é necessário que os conceitos presentes na nova estrutura possam ser diferenciados para que o processo de evolução fique assim registrado.

Encontrar uma representação adequada para a estrutura cognitiva do aluno é o primeiro passo para se conhecer o seu processo de aprendizagem cognitiva em todas as suas facetas. Pois apesar do grande número de trabalhos referenciando os MCs como uma excelente ferramenta no auxílio da aprendizagem cognitiva, ainda há dificuldades para uma pessoa que não participou da elaboração do mapa, em compreender as informações ali contidas quando se está em busca de evidências da evolução do conhecimento sobre um determinado assunto.

Neste capítulo será apresentado um modelo de representação da evolução da estrutura cognitiva do aluno, com base no Mapa Conceitual de Novak (2010), na Zona Proximal de Desenvolvimento – ZPD de Vygotsky (1998) e na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (2000), denominado de Mapa Conceitual Estratificado.

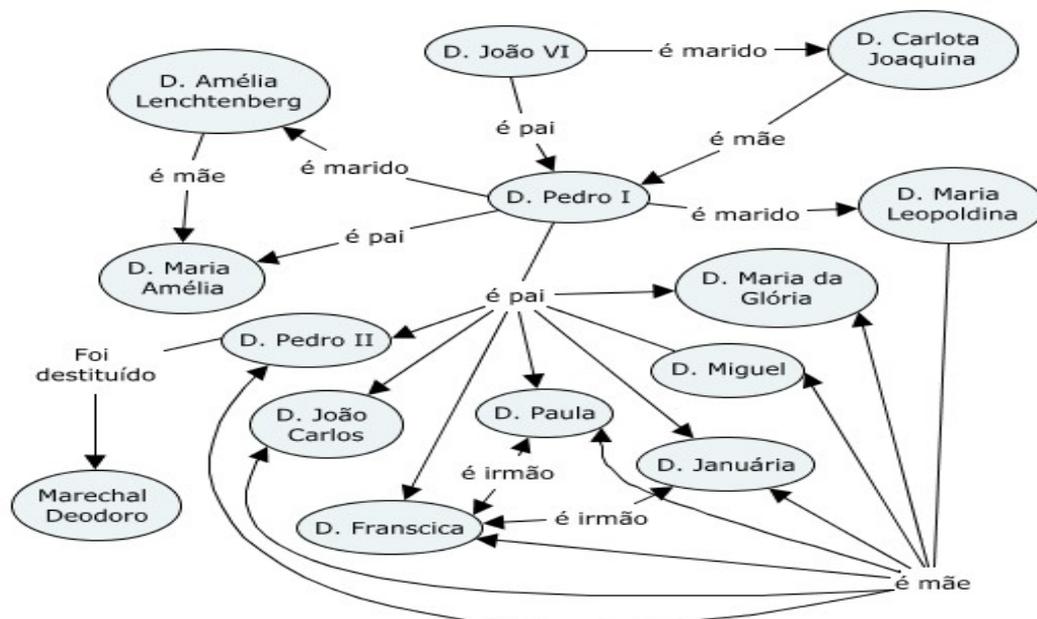
3.2 - Compreendendo a informação de um Mapa Conceitual

As teorias de aprendizagem procuram conhecer a dinâmica do processo de aprender, pela análise do processo de evolução da estrutura cognitiva do ser humano, buscando uma forma adequada de relacionar o conhecimento já presente na estrutura cognitiva ao conhecimento a ser aprendido, dentro de vários aspectos de observação, tais como: da interação, compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação presente na estrutura cognitiva (COLLINS, 2004).

Em nossa visão o problema é que a compreensão da evolução da estrutura cognitiva de um aluno baseada na informação presente em um MC, pode conduzir uma pessoa que não participou da confecção do mapa a enganos sobre como deve proceder à aquisição desses conceitos, bem como na identificação de um determinado conhecimento, isso porque a forma de representação simplificada no momento de inserção dos conceitos presentes no MC não representa a evolução da estrutura cognitiva. Tão pouco informa que conceitos são importantes (conceitos âncoras ou obrigatórios) para a compreensão do assunto ou tema e que conceitos são subçunsores (opcional e básico) para a nova informação.

Para entender como esses enganos podem ocorrer na sala de aula, considere a seguinte situação: o professor de história apresenta a turma um MC da Figura 15 como sendo o mapa do conteúdo programático da próxima unidade a ser trabalhada em sala de aula. Este mapa contém o conhecimento sobre as relações de parentesco da Família Imperial Brasileira considerando somente três gerações e tendo início com D. João VI e D. Carlota Joaquina.

Figura 15 - MC da Família Imperial Brasileira



Fonte: elaborado pelo autor

As informações presentes neste MC expressam as relações de parentesco dos membros da Família Imperial Brasileira, através das seguintes arestas:

- D. João VI é marido de D. Carlota Joaquina;
- D. João VI é pai de D. Pedro I;
- D. Carlota Joaquina é mãe de D. Pedro I;
- D. Pedro I é marido de D. Maria Leopoldina;
- D. Pedro I é marido de D. Amélia de Lenchtenberg;
- D. Pedro I é pai de D. Maria da Glória;
- D. Pedro I é pai de D. Miguel;
- D. Pedro I é pai de D. João Carlos;
- D. Pedro I é pai de D. Pedro II;
- D. Pedro I é pai de D. Januária;
- D. Pedro I é pai de D. Paula;
- D. Pedro I é pai de D. Francisca;
- D. Pedro I é pai de D. Maria Amélia;
- D. Maria Leopoldina é mãe de D. Maria da Glória;
- D. Maria Leopoldina é mãe de D. Miguel;
- D. Maria Leopoldina é mãe de D. Januária;
- D. Maria Leopoldina é mãe de D. João Carlos;
- D. Maria Leopoldina é mãe de D. Pedro II;
- D. Maria Leopoldina é mãe de D. Paula;
- D. Maria Leopoldina é mãe de D. Francisca;
- D. Amélia Lenchtenberg é mãe de D. Maria Amélia; e
- D. Pedro II foi destituído por Marechal Deodoro.

Sendo o MC da Figura 15 utilizado pelo professor como mapa de referência para embasar o conteúdo da disciplina entre os alunos. Na sala de aula o professor relaciona os fatos da História do Brasil Império com os personagens da família imperial que participaram direta ou indiretamente de um fato, então o aluno de posse desse mapa pode iniciar seus estudos, escolhendo um dos personagens da família imperial para começar seu aprendizado.

Suponha que o aluno escolheu iniciar seus estudos a partir das realizações de D. Miguel, que embora membro da família imperial não tem relevância a nenhum fato importante da História do Brasil Império. Fato este que conduziu o aluno a um esforço de aprendizagem

desnecessário para seu objeto de interesse (estudo). O que faltou no MC do professor, que identifica-se a relevância dos personagens da família imperial para o foco de seu interesse, no caso o estudo da história do Brasil Império.

E se o interesse do aluno fosse estudar o período da história de Portugal em que ocorreu a Guerra Civil, a revolução de Novembro, a Belenzada, Revolta dos Marechais, a Maria da Fonte, a Patuleia, o conceito D. Maria da Glória no mapa, deveria ser destacado como mais importante, uma vez que D. Maria da Glória foi rainha de Portugal neste período.

O mesmo raciocínio sobre como destacar uma relação das outras em função de suas características merece destaque. Por exemplo, no MC da família imperial, a relação de parentesco é_pai é mais relevante do que a relação é_irmão. Uma vez que a relação é_irmão pode ser facilmente derivada a partir da relação é_pai.

A questão de como evidenciar a importância dos conceitos presentes no mapa conceitual quando este é submetido à análise de outras pessoas que não participaram da construção do mapa para um determinado interesse, ao mesmo tempo em que se deve identificar a abrangência das relações em função de sua característica de simetria, reflexividade e transitividade. As quais permitem que possa inferir por indução, abdução e dedução conhecimentos que estão representados de forma implícita no mapa.

O modelo de representação de mapa conceitual proposto na próxima seção permite que todos estes elementos não encontrados no modelo tradicional, sejam acrescentados a esta estrutura sem perda de informação. Dessa forma, o mesmo mapa conceitual, poderá ser usado tanto para estudar a história do Brasil como a de Portugal, bastando para isso alterar a ordem com que os conceitos foram representados no mapa, ou seja, os mesmos conceitos podem ser totalmente diferentes dependendo da atribuição de importância (peso) e das características adotadas às relações.

3.3 - O Mapa Conceitual Estratificado

O modelo proposto busca ampliar o uso que se faz do modelo tradicional como instrumento de avaliação da aprendizagem significativa, ao qual deve identificar a evolução da estrutura cognitiva desse aluno durante todo o processo de aprendizagem e ser capaz de demonstrar sua evolução (estratificação), entre as séries escolares pelas quais o aluno será submetido.

A cada ciclo da vida (semestre ou ano letivo) o aluno recebe uma gama de informações que vão ganhando novos significados pela interação com os conhecimentos preexistentes da sua estrutura cognitiva, alterando e aumentando sua compreensão e

estabilidade ao longo dos anos, os conceitos que necessariamente ele deve aprender na série escolar atual, busca nos subçunsores (conceitos já existem em sua estrutura cognitiva, os conceitos opcionais e básicos) a base de conhecimentos que servirão para o aprendizado dos novos conceitos.

O conhecimento atual no Mapa Conceitual Estratificado recebe um peso e este peso (estratificação), busca demonstrar a evolução de sua estrutura cognitiva, bem como demonstrar que conceitos ele já sabe, quais ele precisa aprender nessa etapa do processo de aprendizagem e quais futuramente ele deverá saber (Figura 16).

Figura 16 - Representação da estratificação dos conceitos



Fonte: elaborado pelo autor

Na figura acima verificasse a convenção para a representação das diferentes estratificações de um conceito, onde: o conceito opcional tem fundo preto e letras brancas, o conceito básico tem fundo branco e letras pretas, o conceito obrigatório fundo cinza e letra preta e o conceito avançado fundo quadriculado e letra preta.

O MCE da estrutura cognitiva do aluno deve levar em consideração, o interesse na aprendizagem do aluno que esta sendo considerado, ou seja, a mesma estrutura cognitiva do aluno irá representar um MCE diferente em função do interesse ao qual ele esta sendo submetido. O MCE será representado pela seguinte estrutura $MCE^{(I)} = (G, C, R, A, P_C^I, P_R^I)$ onde:

- I - é o interesse atual do aluno, definido ou determinado pelo conteúdo programático a ser aprendido;
- G - é um grafo direcionado rotulado conexo, cujos vértices $c \in C$ e as arestas $r \in A$, ou seja, é o MC definido por Novak;

- C - conjunto não vazio de conceitos c apresentados na disciplina;
- R - conjunto não vazio de relações r apresentadas na disciplina;
- A - conjunto não vazio das arestas a contidas no conteúdo programático entre dois conceitos de C , um elemento desse conjunto é um par $a = r(c_1, c_2)$, com $c_1, c_2 \in C$ e $r \in C$, note que a aresta representa a proposição do MCE.
- P_C^I - é uma função que recebe um conceito e retorna a importância atribuída pelo autor do mapa a este conceito, ou seja, $P_C^I : C \rightarrow \{1, 2, 3, 4\}$, onde $\forall c \in C$ se:
 - $P_C^I(c) = 1$, então c é um conceito opcional,
 - $P_C^I(c) = 2$, então c é um conceito básico,
 - $P_C^I(c) = 3$, então c é um conceito obrigatório e
 - $P_C^I(c) = 4$, então c é um conceito avançado;
- P_R^I - é uma função que recebe uma relação e retorna a caracterização atribuída pelo autor do mapa a esta relação, ou seja, $P_R^I : R \rightarrow \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$, onde $\forall r \in R$ se:
 - $P_R^I(r) = 0$, então a relação r não é simétrica, reflexiva e transitiva,
 - $P_R^I(r) = 1$, então a relação r não é simétrica e reflexiva, mas é transitiva,
 - $P_R^I(r) = 2$, então a relação r não é simétrica e transitiva, mas é reflexiva,
 - $P_R^I(r) = 3$, então a relação r não é simétrica, mas é reflexiva e transitiva,
 - $P_R^I(r) = 4$, então a relação r é simétrica, mas não é reflexiva e transitiva,
 - $P_R^I(r) = 5$, então a relação r é simétrica e transitiva, mas não é reflexiva,
 - $P_R^I(r) = 6$, então a relação r é simétrica e reflexiva, mas não é transitiva,
 - $P_R^I(r) = 7$, então a relação r é simétrica, reflexiva e transitiva.

Dado dois conceitos c_1 e c_2 , rotulado por uma relação r , diz-se que a relação r é:

- simétrica se tanto o par (c_1, c_2) como o par (c_2, c_1) satisfizerem a relação r . Por exemplo, no MC da Família Imperial Brasileira a relação é_irmão é simétrica, pois se é verdade que D. Francisca é irmão de D. Januária, também é verdade que D. Januária é irmão de D. Francisca.
- assimétrica se quando o par (c_1, c_2) satisfaz a relação r , então o par (c_2, c_1) não satisfaz a relação r . Por exemplo, no MC da Família Imperial Brasileira a relação é_pai é

assimétrica, pois se é verdade que D. Pedro I é pai de D. Pedro II, então não é verdade que D. Pedro II é pai de D. Pedro I.

- reflexiva o par (c_1, c_1) satisfaz um dada relação r . Por exemplo, a relação "é_maior_ou_igual" aplicada sobre os elementos x do conjunto dos números naturais. Considerando que x é o número 1, então "1 é_maior_ou_igual 1" é verdade, o mesmo ocorre para todo elemento do conjunto.
- anti-reflexiva se o par (c_1, c_1) não satisfaz a relação r . Por exemplo, a relação "é_maior" aplicada sobre os elementos x do conjunto dos números naturais. Considerando que x é o número 1, então "1 é_maior 1" é falsa, o mesmo ocorre para todo elemento do conjunto.
- transitiva se existir um terceiro conceito c_3 , tal que os pares (c_1, c_2) e (c_2, c_3) satisfazem a relação r , implicando que o par (c_1, c_3) também satisfaz a relação r . Por exemplo, no MC da Família Imperial Brasileira a relação é_irmão é transitiva, pois se é verdade que D. Francisca é irmã de D. Januária e D. Januária é_irmã de D. Paula, isso implica que por transitividade a relação D. Francisca é_irmã de D. Paula é verdadeira;
- não transitiva se existir um terceiro conceito c_3 , tal que os pares (c_1, c_2) e (c_2, c_3) satisfazem a relação r , mais não implicando que o par (c_1, c_3) também satisfaça a relação r . Por exemplo, no MC da Família Imperial Brasileira a relação é_pai é não transitiva, pois se é verdade que D. João VI é pai de D. Pedro I e que D. Pedro I é pai de D. Pedro II, então não é verdade que D. João VI é pai de D. Pedro II.

Note que o grafo $G = (C, A)$ do mapa conceitual estratificado acima possui quatro subgrafos:

- $G_o = (C_o, A_o)$ denominado de Mapa Conceitual Estratificado Obrigatório, que é um grafo direcionado rotulado conexo, cujos vértices $c \in C_o$ são todos os vértices do grafo $G = (C, A)$ que ao serem submetidos a função P_c^I apresentam importância obrigatória, ou seja, $C_o = \{c \mid \forall c \in C \wedge P_c^I(c) = \mathbf{3}\}$. E as arestas $a \in A_o$ são todas as arestas do grafo $G = (C, A)$ que ligam dois conceitos obrigatórios, onde $A_o = \{a \mid \forall c_1, c_2 \in C_o (\exists r \in R^I (a = r(c_1, c_2)) \wedge a \in A)\}$.
- $G_{AO} = (C_{AO}, A_{AO})$ denominado de Mapa Conceitual Estratificado Avançado, que é um grafo direcionado rotulado conexo, cujos vértices $c \in C_{AO}$ são todos os vértices do

grafo $G = (C, A)$ que ao serem submetidos a função P'_C apresentam importância obrigatória ou avançada, ou seja, $C_{AO} = \{c \mid \forall c \in C (P'_C(c) = 3 \vee P'_C(c) = 4)\}$. E as arestas $a \in A_{AO}$ são todas as arestas do grafo $G = (C, A)$ que ligam conceitos obrigatórios entre si e conceitos obrigatórios a conceitos avançados, onde $A_{AO} = \{a \mid (\forall c_1 \in C_O (\forall c_2 \in C_{AO} (\exists r \in R(a = (c_1, c_2) \wedge a \in r))))\}$;

- existe um subgrafo do grafo $G(C, A)$ denominado de Mapa Conceitual Estratificado Básico $G_{OB}(C_{OB}, A_{OB})$, que é um grafo direcionado rotulado conexo, cujos vértices $c \in C_{OB}$ são todos os vértices do grafo $G = (C, A)$ que ao serem submetidos a função P'_C apresentam importância obrigatória ou básica, ou seja, $C_{OB} = \{c \mid \forall c \in C (P'_C(c) = 3 \vee P'_C(c) = 2)\}$. E as arestas $a \in A_{OB}$ são todas as arestas do grafo $G = (C, A)$ que ligam conceitos obrigatórios entre si e conceitos obrigatórios a conceitos básicos, onde

$$A_{OB} = \{a \mid (\forall c_1 \in C_O (\forall c_2 \in C_{OB} (\exists r \in R(a = (c_1, c_2) \wedge a \in r))))\};$$

- existe um subgrafo do grafo $G(C, A)$ denominado de Mapa Conceitual Estratificado Opcional $G_{OP}(C_{OP}, A_{OP})$, que é um grafo direcionado rotulado conexo, cujos vértices $c \in C_{OP}$ são todos os vértices do grafo $G = (C, A)$ que ao serem submetidos a função P'_C apresentam importância obrigatória e opcional, ou seja, $C_{OP} = \{c \mid \forall c \in C (P'_C(c) = 3 \vee P'_C(c) = 1)\}$. E as arestas $a \in A_{OP}$ são todas as arestas do grafo $G = (C, A)$ que ligam conceitos obrigatórios entre si, conceitos obrigatórios a conceitos opcionais, onde

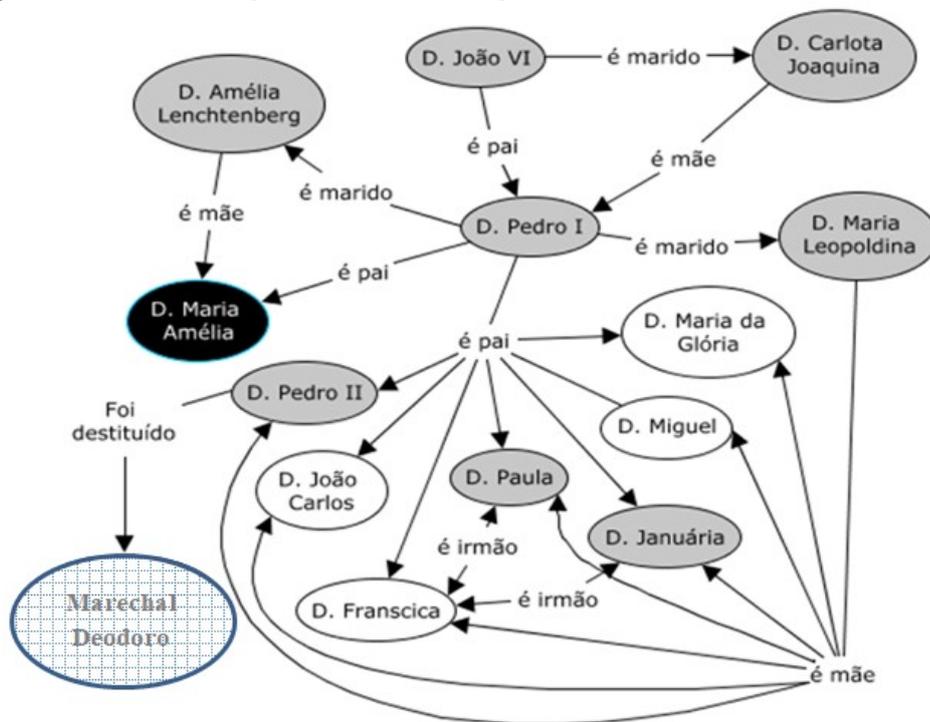
$$A_{OP} = \{a \mid (\forall c_1 \in C_O (\forall c_2 \in C_{OP} (\exists r \in R(a = (c_1, c_2) \wedge a \in r))))\}.$$

Considerando o MC da Figura 15, fazendo as seguintes atribuições de peso para os conceitos:

- $P'_C(\text{Marechal Deodoro}) = 4$, $P'_C(\text{D. João VI}) = 3$, $P'_C(\text{D. Carlota Joaquina}) = 3$,
 $P'_C(\text{D. Pedro I}) = 3$, $P'_C(\text{D. Leopoldina}) = 3$, $P'_C(\text{D. Amélie de Leuchtenberg}) = 3$,
 $P'_C(\text{D. Pedro II}) = 3$, $P'_C(\text{D. Januária}) = 3$, $P'_C(\text{D. Mariada Glória}) = 2$,
 $P'_C(\text{D. Francisca}) = 2$, $P'_C(\text{D. Miguel}) = 1$, $P'_C(\text{D. João Carlos}) = 1$, $P'_C(\text{D. Paula}) = 1$
e $P'_C(\text{D. Maria Amélia}) = 1$.

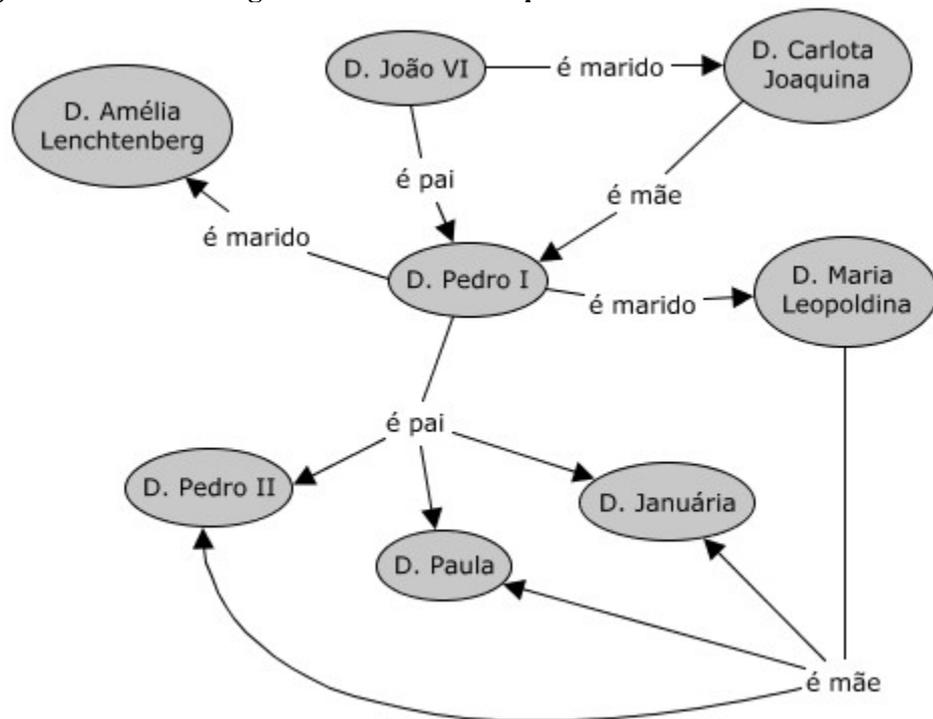
Na Figura 17 tem-se o MCE da Família Imperial Brasileira, representando os quatro níveis epistemológicos de estratificação: obrigatórios (cinza), avançado (quadriculado), básico (branco) e opcional (preto), são identificados pelo tipo de cor do arco que os representam. Deve-se notar que este mapa tem quatro subgrafos um formado somente pelos conceitos obrigatórios (Figura 18), um pelos conceitos obrigatórios e avançados (Figura 19), um pelos conceitos obrigatórios e básicos (Figura 20) e um pelos conceitos obrigatórios e opcionais (Figura 21).

Figura 17 - MCE Completo da Família Imperial Brasileira



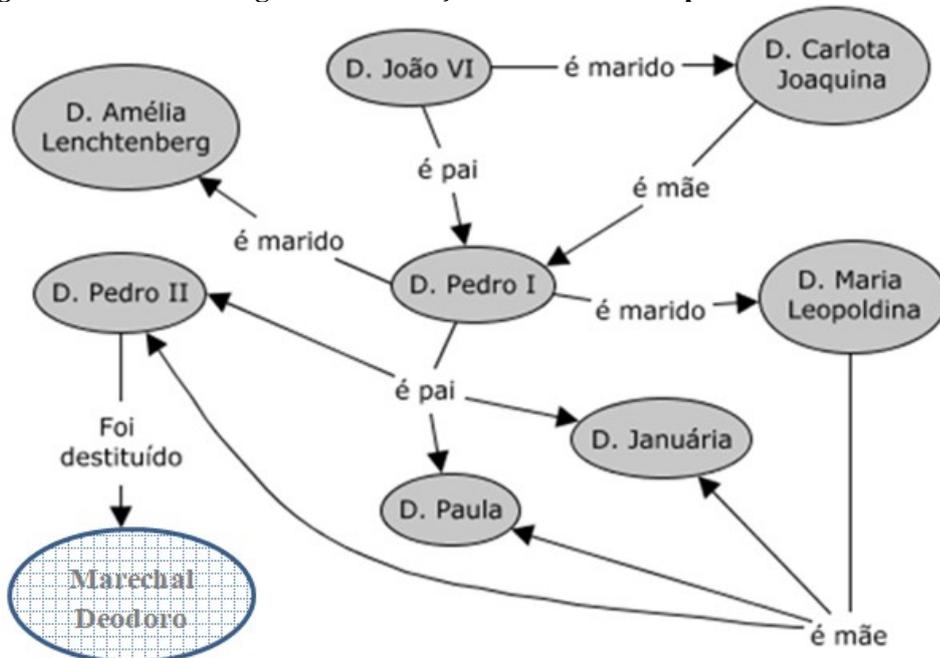
Fonte: elaborado pelo autor

Figura 18 - MCE Obrigatório da Família Imperial Brasileira



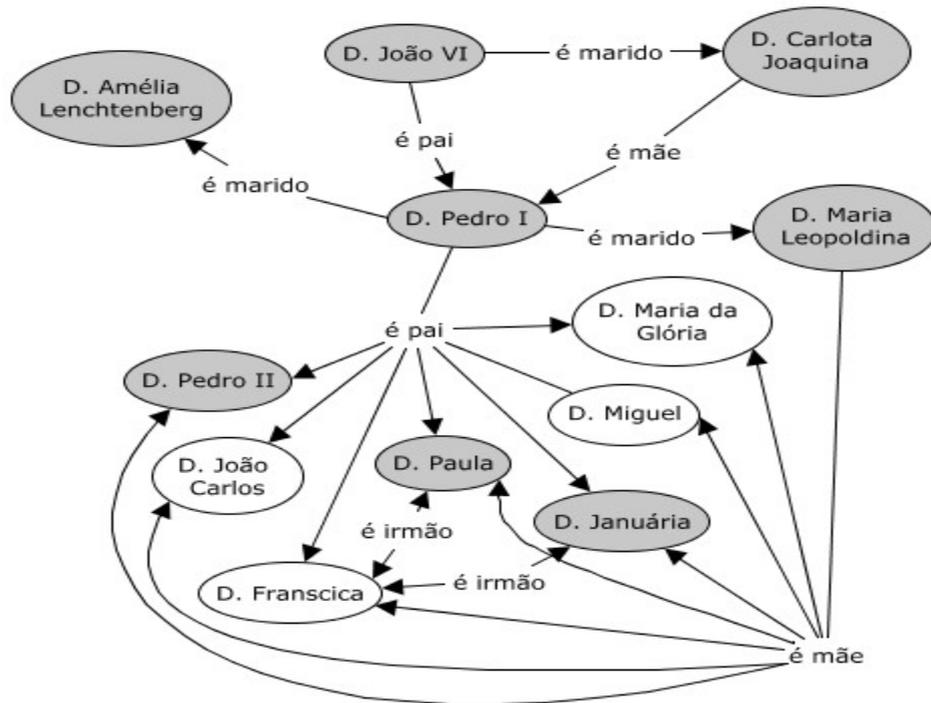
Fonte: Autor 2016

Figura 19 - MCE Obrigatório e Avançado da Família Imperial Brasileira



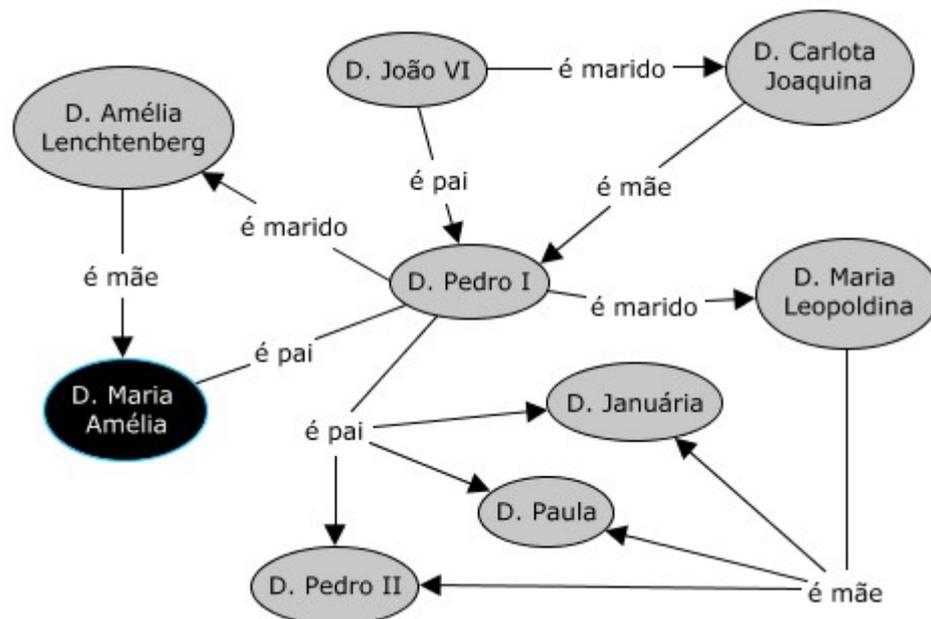
Fonte: elaborado pelo autor

Figura 20 - MCE Obrigatório e Básico da Família Imperial Brasileira



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 21 - MCE Obrigatório e Opcional da Família Imperial Brasileira



Fonte: elaborado pelo autor

3.4 - Construindo um Mapa Conceitual Estratificado

Após a leitura do material ou assistir uma aula sobre um assunto de conhecimento

específico, o autor do MCE deve listar todos os conceitos que achou relevante. Logo em seguida, o autor deve atribuir a cada conceito as classes: avançado, obrigatório, básico ou opcional. A cada conceito c_i relacionado o autor deve listar uma ou mais relações que o ligue aos outros conceitos considerados relevantes para o assunto em questão.

O próximo passo consiste em fazer o desenho do MCE propriamente dito. Inicialmente colocam-se os conceitos obrigatórios e as relações que os ligam. Em seguida, verifica-se se o grafo $G_o(C_o, A_o)$ obtido é conexo, caso não seja volta-se a lista de relações e acrescenta-se uma relação que torne este grafo conexo. Na inexistência de tal relação, volta-se a lista de conceitos e verifica-se primeiro a ausência de um conceito obrigatório ou uma estratificação errada dos conceitos listados. Refaz-se o $G_o(C_o, A_o)$, enquanto este grafo não for conexo volta-se a lista de relações e conceitos como descrito acima.

Os conceitos do $G_o(C_o, A_o)$ são os mais relevantes para o assunto de interesse do conhecimento alvo do processo de aprendizagem que está sendo realizado. Uma vez gerado este grafo, deve-se estender o MCE colocando-se os conceitos avançados e as relações que os ligam entre si e com os conceitos avançados construindo-se assim o grafo $G_{AO}(C_{AO}, A_{AO})$. Se este grafo não for conexo, então o autor deve voltar a lista de relações e acrescentar uma relação que torne este grafo conexo. Na inexistência de tal relação, volta-se a lista de conceitos e verifica-se primeiro a ausência de um conceito avançado ou uma estratificação errada dos conceitos listados. Refaz-se o $G_{AO}(C_{AO}, A_{AO})$, enquanto este grafo não for conexo volta-se a lista de relações e conceitos como descrito.

Os conceitos do $G_{AO}(C_{AO}, A_{AO})$ são a terceira categorização de relevância para o assunto de conhecimento e para os conceitos obtidos por derivação. Uma vez gerado este grafo, deve-se estender o MCE colocando-se os conceitos básicos e as relações que os ligam entre si e com os conceitos obrigatórios construindo-se assim o grafo $G_{OB}(C_{OB}, A_{OB})$. Se este grafo não for conexo, então se volta à lista de relações e acrescentar uma relação que torne este grafo conexo. Na inexistência de tal relação, volta-se a lista de conceitos e verifica-se primeiro a ausência de um conceito básico ou uma estratificação errada dos conceitos listados. Refaz-se o $G_{OB}(C_{OB}, A_{OB})$, enquanto este grafo não for conexo volta-se a lista de relações e conceitos como descrito.

Os conceitos do $G_{OB}(C_{OB}, A_{OB})$ são a segunda categorização de relevância para o assunto de conhecimento e para os conceitos obtidos por derivação. Uma vez gerado este grafo, deve-se estender o MCE colocando-se os conceitos opcionais e as relações que os ligam entre si e

com os conceitos básicos construindo-se assim o grafo $G_{OBP}(C_{OBP}, A_{PBP})$. Se este grafo não for conexo, então volta à lista de relações e acrescentar uma relação que torne este grafo conexo. Na inexistência de tal relação, volta-se a lista de conceitos e verifica-se primeiro a ausência de um conceito opcional ou uma estratificação errada dos conceitos listados. Refaz-se o $G_{OBP}(C_{OBP}, A_{OBP})$, enquanto este grafo não for conexo volta-se a lista de relações e conceitos como descrito.

Este processo de construção de MCE descrito acima pode ser resumido no pseudo-código do quadro 1.

Quadro 1 - Algoritmo de construção do MCE

```

var grafo: matriz[1..500,1..500] de boolean
  conceito: vetor[1..500] de string
  n: inteiro

procedimento Inicializa Mapa(var g: matriz[1..500,1..500] de boolean)
var i,j: inteiro;
início
  para i variando 1 até 500 faça
    para j variando 1 até 500 faça
      g [i,j] ← falso
  fim
procedimento Conecta(var g: matriz[1..500,1..500] de boolean; i,j: inteiro)
início
  g [i,j] ← verdade
fim

Função Verifica Adjacência(var g: matriz[1..500,1..500] de boolean; m: inteiro): boolean;
var i,j: inteiro
  a: boolean
início
  para i variando de 1 até m faça
    início
      j ← 1
      a ← falso
      enquanto (a=falso) ANDlógico (j<=m) faça
        início
          a ← a ANDlógico g[i,j]
          j ← j + 1
        fim
      se (a=falso)
        então enquanto (a=falso) faça
          início
            a ← a ANDlógico g[j,i]
            j ← j + 1
          fim
        se (a=falso)
          então i ← m + 1
    fim
  Verifica Adjacência ← a
fim

Procedimento Desconecta(var g: matriz[1..500,1..500] de boolean): boolean;
início

```

```

    fim      g [i,j] ← falso
fim

procedimento Constrói Adjacência(var g: matriz[1..500,1..500] de boolean; c: vetor[1..500] de string, m:
inteiro)
var s,r: string
    i,j: inteiro
início
    s ← ""
    leia(s)
    enquanto s for diferente de "" faça
        início
            m ← m+1
            c[m] ← s
            para i variando de 1 até m
                para j variando de 1 até m
                    início
                        escreve (o conceito c[i] deve ser conectado ao conceito c[j])
                        leia r
                        se r = sim
                            então Conecta(g,i,j)
                    fim
                fim
            para i variando de 1 até m
                para j variando de 1 até m
                    início
                        se não(Verifica Adjacência(g,m))
                            então
                                início
                                    escreve (erro mapa desconexo)
                                    Desconecta(g,i,j)
                                    c[m] ← ""
                                    m ← m - 1
                                fim
                            fim
                    fim
                fim
            fim
        fim
    fim
fim

Função Constrói Mapa(var g: matriz[1..500,1..500] de boolean): boolean;
início
    Inicializa Mapa(grafo)
    n ← 0
    escreva (comece inserindo os conceitos obrigatórios)
    Constrói Adjacência(grafo,conceito,n)
    escreva (comece inserindo os conceitos avançados)
    Constrói Adjacência(grafo,conceito,n)
    escreva (comece inserindo os conceitos básicos)
    Constrói Adjacência(grafo,conceito,n)
    escreva (comece inserindo os conceitos opcionais)
    Constrói Adjacência(grafo,conceito,n)
Fim

```

Fonte: elaborado pelo autor

3.5 - Avaliação do Mapa Conceitual Estratificado

A avaliação do processo de aprendizagem através da realização de provas, trabalhos e pesquisas, apesar de muito questionáveis são mecanismos conhecidos para averiguar se o aluno conseguiu adquirir o conhecimento mínimo necessário para prosseguir com sua vida

acadêmica. Em um ambiente de aprendizagem significativa, a avaliação do conhecimento do aluno não pode ser uma averiguação quantitativa do número de conceitos e relações adicionados na estrutura cognitiva do aluno, mas sim da qualidade dos conceitos e relações presentes na nova estrutura cognitiva do aluno.

A qualidade dos conceitos presentes no mapa conceitual estratificado de um aluno irá depender da série que o aluno está cursando. Por exemplo, se um aluno da primeira série colocar em seu mapa conceitual que o Brasil foi descoberto pelos portugueses seria considerado correto. Mas se um aluno do terceiro ano do ensino médio colocar a proposição do Brasil ter sido descoberto pelos portugueses esta proposição seria considerada inapropriada, pois um aluno do terceiro ano já tem maturidade para saber que um país habitado por vários povos indígenas não foi descoberto, mas sim invadido.

Similarmente a qualidade das relações presentes no mapa conceitual estratificado de um aluno, irá depender da quantidade de conhecimento associado à proposição, satisfeita por esta relação. Por exemplo, dizer que D. Pedro I é ancestral de D. Pedro II é verdade, mas esta relação não informa com precisão o tipo de parentesco entre D. Pedro I e D. Pedro II. Já a proposição D. Pedro I é pai de D. Pedro II, também é verdadeira, além de implicitamente informar que D. Pedro I é ancestral de D. Pedro II, dá precisão a informação da relação de parentesco entre D. Pedro I e D. Pedro II. Logo a qualidade da relação é ancestral é menor (menos precisa) do que a qualidade da relação é pai.

O objetivo da avaliação proposta nesta pesquisa é permitir que o professor tenha condições de identificar a qualidade do aprendizado de seus alunos, podendo assim ajudá-los a obter um bom desempenho acadêmico nas próximas séries.

O processo de avaliação qualitativa do MCE considera a existência de dois MCE, um MCE do professor (especialista) e outro do aluno. Inicialmente, cria-se uma lista de arestas L_A (Figura 22) que estão presentes tanto no Mapa Conceitual Estratificado do aluno, como no Mapa Conceitual Estratificado do professor, devendo levar em consideração tanto a ocorrência de:

- sinônimos quando a direção dos arcos deve ser o mesmo, situação em que um dado arco presente no mapa conceitual do aluno e do professor estão rotulados por duas relações diferentes mais similares. Por exemplo, no MCE do professor está presente a seguinte proposição "*André é filho de Antônio*" a qual forma a aresta $a_{1P}=(André, Antônio)$ rotulada pela relação é filho. Já no MCE do aluno está presente a seguinte proposição "*André é descendente de Antônio*" a qual forma a aresta

$a_{1A}=(André, Antônio)$ rotulada pela relação é descendentes. Note que a aresta a_{1P} é igual a aresta a_{1A} . Se for considerado que todo filho é um descendente, então pode-se considerar que a relação é filho é um sinônimo da relação é descendente.

- inverso quando a direção dos arcos deve ser oposta, situação em que o arco presente no mapa conceitual do aluno que sai do conceito c_1 e chega no conceito c_2 com rotulo r_1 tem um arco inverso no mapa conceitual do professor que sai do conceito c_2 e chega no conceito c_1 com rotulo r_2 . Por exemplo, no MCE do professor está presente a seguinte proposição "André é filho de Antônio" a qual forma a aresta $a_{1P}=(André, Antônio)$ rotulada pela relação é filho. Já no MCE do aluno está presente a seguinte proposição "Antônio é pai de André" a qual forma a aresta $a_{1A}=(Antônio, André)$ rotulada pela relação é pai. Note que a aresta a_{1P} é oposta a aresta a_{1A} . Se for considerado que a relação é filho é uma relação oposta a relação é pai.
- conceitos equivalentes, quando a direção dos arcos entre duas arestas a_{1P} e a_{1A} deve ser a mesmo e pelo menos um dos conceitos, partida ou chegada, destas aresta é equivalente ao. Por exemplo, no MCE do professor está presente a seguinte proposição "André é filho de Antônio" a qual forma a aresta $a_{1P}=(André, Antônio)$ rotulada pela relação é filho. Já no MCE do aluno está presente a seguinte proposição "André é filho de Tônio" a qual forma a aresta $a_{1A}=(André, Tônio)$ rotulada pela relação é filho. Se for considerado que o apelido de Antônio conceito presente no mapa do professor é Tônio conceito presente no para do aluno, então estas duas arestas podem ser conceitos equivalentes.

A análise realizada pelo MCE, com relação a seu mecanismo de avaliação qualitativa, pode ser representada ilustrativamente (Figura 22) abaixo:

Figura 22 - Avaliação do MCE

Avaliação	
Conceitos	Relações
Iguais	Iguais
Equivalentes	Inversas
	Sinônimas

Fonte: elaborado pelo autor

Em seguida, calcula-se a avaliação da seguinte forma:

$$avaliação(L_A) = \sum_{a=(c_1, c_2) \in LA} (DifP_C^I(c_1) + DifP_C^I(c_2) \times DifP_R^I(a))$$

A avaliação do mapa conceitual inicia calculando para cada aresta $a=(c_1, c_2)$ pertencente a lista de aresta LA consideradas comuns entre o MCE do professor e do aluno ($DisP_C^I$) o valor a ser atribuído ao conceitos c_1 e c_2 , da seguinte forma:

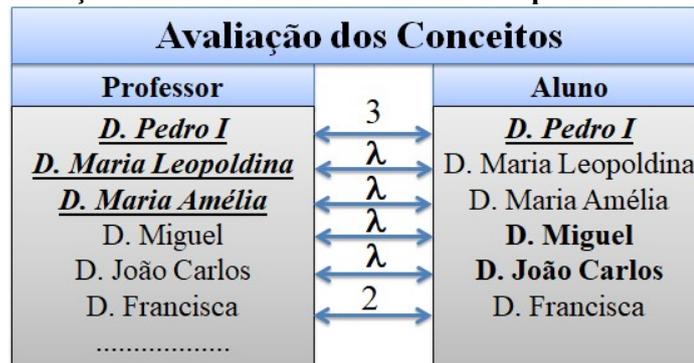
- se a estratificação atribuída ao conceito c_1 pelo professor $P_C^I(c_1, MCE_{professor})$ e aluno $P_C^I(c_1, MCE_{aluno})$ forem iguais, então será retornado o valor dessa classificação $P_C^I(c_1, MCE_{professor})$, caso contrário será retornado o valor do erro de classificar um conceito λ ; e
- se a estratificação atribuída ao conceito c_2 pelo professor $P_C^I(c_2, MCE_{professor})$ e aluno $P_C^I(c_2, MCE_{aluno})$ forem iguais então será retornado o valor dessa classificação $P_C^I(c_2, MCE_{professor})$, caso contrário será retornado o valor do erro de classificar um conceito λ .

As funções $DisP_C^I$ retorna valor atribuído ao erro na classificação de um conceito pelo aluno (Figura 23), caso este seja igual a classe atribuída pelo professor ela retorna o valor do peso atribuído a classe (Figura 23), sendo definida como $DisP_C^I : C \rightarrow \mathfrak{R}$, tal que

$$DisP_C^I(c) = \begin{cases} P_C^I(c, MCE_{aluno}) & \text{se } P_C^I(c, MCE_{aluno}) = P_C^I(c, MCE_{professor}) \\ \lambda & \text{caso contrário} \end{cases}$$

onde MCE_{aluno} é o mapa conceitual do aluno, $MCE_{professor}$ é o mapa conceitual do professor, $P_C^I(c, MCE_{aluno})$ é o valor da categorização ao conceito c mapa conceitual do aluno, $P_C^I(c, MCE_{professor})$ é o valor da categorização ao conceito c mapa conceitual do professor e λ é o valor do erro de atribuição de classe a um conceito pelo aluno.

Figura 23 - Avaliação entre os conceitos do MCE do especialista e do aluno.



Fonte: elaborado pelo autor

Na figura acima está representado os conceitos presentes em um mapa conceitual estratificado fictício do professor e do aluno. Todas as figuras contendo uma lista de conceitos de agora em diante usadas para esquematizar as funções de avaliação do MCE irão adotar a seguinte convenção: os conceitos obrigatórios serão escritos com letra em itálico, negrito e sublinhada; os conceitos básicos por letras normais; os conceitos avançados por letras normais em negrito; e os conceitos opcionais por letras normais sublinhadas. Note que esta figura está representando a situação tanto quando um conceito do MCE do professor está presente no MCE do aluno pertencendo ao mesmo nível de estratificação, como quando os conceitos dos dois MCE não pertencem ao mesmo nível de estratificação.

Uma vez calculado o valor atribuído aos conceitos da relação ($DisP_C^I$) é necessário calcular o valor atribuído as relações presentes no MCE do aluno e do professor que rotulam a aresta selecionada ($DisP_R^I$), o que é feito assim:

- se a caracterização atribuída a uma relação r pelo professor $_{professor}P_R^I(r)$ e pelo aluno $_{aluno}P_R^I(r)$ forem iguais para a categorização de simétrica, reflexiva e transitiva, então será retornado a soma dos peso de caracterização correta para simetria θ , reflexividade ω e transitividade δ .
- se a caracterização atribuída a uma relação r pelo professor $_{professor}P_R^I(r)$ e pelo aluno $_{aluno}P_R^I(r)$ forem iguais para a categorização de simétrica e reflexiva, então será retornado a soma dos peso de caracterização correta para simetria θ e reflexividade ω .
- se a caracterização atribuída a uma relação r pelo professor $_{professor}P_R^I(r)$ e pelo aluno $_{aluno}P_R^I(r)$ forem iguais para a categorização de simétrica e transitiva, então será

retornado a soma dos peso de caracterização correta para simetria θ e transitividade δ .

- se a caracterização atribuída a uma relação r pelo professor ${}_{professor}P_R^I(r)$ e pelo aluno ${}_{aluno}P_R^I(r)$ forem iguais para a categorização de reflexiva e transitiva, então será retornado a soma dos peso de caracterização correta para reflexividade ω e transitividade δ .

Figura 24 - Avaliação entre as relações do MCE do especialista e do aluno.

Avaliação das Relações		
Professor		Aluno
É pai(1,0,0)	σ	É pai(0,0,1)
É mãe(0,0,0)	$\omega + \sigma$	É mãe(0,0,1)
É marido(0,1,0)	δ	É marido(1,0,0)
É irmão(1,0,1)	$\omega + \delta$	É irmão(1,1,1)
Foi destituído(0,0,0)	$\sigma + \delta$	Foi destituído(1,0,0)
É filho(1,1,1)	ω, σ, δ	É filho(1,1,1)
Relação (S,R,T)		Relação (ω, σ, δ)

Fonte: elaborado pelo autor

A função $DisP_R^I$ retorna a diferença de categorização atribuída a um conceito entre os MCE do aluno e do professor, sendo definida como $DisP_R^I : R \rightarrow \mathfrak{R}$, tal que:

$$DisP_R^I(r) = \begin{cases} \theta + \omega + \delta & se(P_R^I(r, aluno) = (a_1, b_1, c_1)) \wedge (P_R^I(r, professor) = (a_1, b_1, c_1)) \\ \theta + \omega & se(P_R^I(r, aluno) = (a_1, b_1, c_1)) \wedge (P_R^I(r, professor) = (a_1, b_1, c_2)) \wedge (c_1 \neq c_2) \\ \theta + \delta & se(P_R^I(r, aluno) = (a_1, b_1, c_1)) \wedge (P_R^I(r, professor) = (a_1, b_2, c_1)) \wedge (b_1 \neq b_2) \\ \omega + \delta & se(P_R^I(r, aluno) = (a_1, b_1, c_1)) \wedge (P_R^I(r, professor) = (a_2, b_1, c_1)) \wedge (a_1 \neq a_2) \end{cases}$$

Onde $P_R^I(r, aluno)$ é o termo de valores booleanos atribuídos a relação r no mapa conceitual do aluno em função das propriedades da relação, $P_R^I(r, professor)$ é o termo de valores booleanos atribuídos a relação r no mapa conceitual do professor em função das propriedades da relação, θ é o valor do erro na atribuição da característica de simetria para a relação r , ω é o valor do erro na atribuição da característica de reflexividade para a relação r e δ é o valor do erro na atribuição da característica de transitividade para a relação r .

A função P_R^I que recebe uma relação e a identificação do autor do mapa, e retorna um terno a (a, b, c) , onde $\forall r \in R$ e $\forall x \in \{aluno, professor\}$ se:

$P_R^I(r, x) = (0, 0, 0)$, quando $P_R^I(r) = 0$,
 $P_R^I(r, x) = (0, 0, 1)$, quando $P_R^I(r) = 1$,
 $P_R^I(r, x) = (0, 1, 0)$, quando $P_R^I(r) = 2$,
 $P_R^I(r, x) = (0, 1, 1)$, quando $P_R^I(r) = 3$,
 $P_R^I(r, x) = (1, 0, 0)$, quando $P_R^I(r) = 4$,
 $P_R^I(r, x) = (1, 0, 1)$, quando $P_R^I(r) = 5$,
 $P_R^I(r, x) = (1, 1, 0)$, quando $P_R^I(r) = 6$, e
 $P_R^I(r, x) = (1, 1, 1)$, quando $P_R^I(r) = 7$.

O mecanismo de avaliação utilizado pelo MCE pode ser representado de forma simplificada (Figura 25) abaixo:

Figura 25 - Avaliação completa segundo a arquitetura do MCE.



Fonte: elaborado pelo autor

Por exemplo, considere que o MCE da Figura 17 é o mapa do professor e que o MCE da Figura 26 é o mapa do aluno, considerando $l = 0,50$, $\theta = 0,25$, $\omega = 0,25$ e $\delta = 0,25$. A avaliação do MCE do aluno seria obtida da seguinte forma:

- construir a lista de relações comuns

$$L_R = [\acute{e}_m\tilde{a}e(D.Leopoldina, D.Miguel), \acute{e}_m\tilde{a}e(D.Leopoldina, D.Jo\~{a}oCarlos), \\ \acute{e}_m\tilde{a}e(D.Leopoldina, D.Francisca), \acute{e}_pai(D.PedroI, D.Jo\~{a}oCarlos), \\ \acute{e}_pai(D.PedroI, D.Leopoldina), \acute{e}_pai(D.PedroI, D.Francisca), \\ \acute{e}_pai(D.PedroI, D.MariaAm\acute{e}lia)]$$

$$\begin{aligned} \text{avalia\~{c}\~{a}o}(L_R) &= (\text{Dif}P_C^l(D.Leopoldina) + \text{Dif}P_C^l(D.Miguel) \times \text{Dif}P_R^l(\acute{e}_m\tilde{a}e)) + \\ &\quad (\text{Dif}P_C^l(D.Leopoldina) + \text{Dif}P_C^l(D.Jo\~{a}oCarlos) \times \text{Dif}P_R^l(\acute{e}_m\tilde{a}e)) + \\ &\quad (\text{Dif}P_C^l(D.Leopoldina) + \text{Dif}P_C^l(D.Francisca) \times \text{Dif}P_R^l(\acute{e}_m\tilde{a}e)) + \\ &\quad (\text{Dif}P_C^l(D.PedroI) + \text{Dif}P_C^l(D.Jo\~{a}oCarlos) \times \text{Dif}P_R^l(\acute{e}_pai)) + \\ &\quad (\text{Dif}P_C^l(D.PedroI) + \text{Dif}P_C^l(D.Leopoldina) \times \text{Dif}P_R^l(\acute{e}_pai)) + \\ &\quad (\text{Dif}P_C^l(D.PedroI) + \text{Dif}P_C^l(D.Francisca) \times \text{Dif}P_R^l(\acute{e}_pai)) + \\ &\quad (\text{Dif}P_C^l(D.PedroI) + \text{Dif}P_C^l(D.MariaAm\acute{e}lia) \times \text{Dif}P_R^l(\acute{e}_pai)) \end{aligned}$$

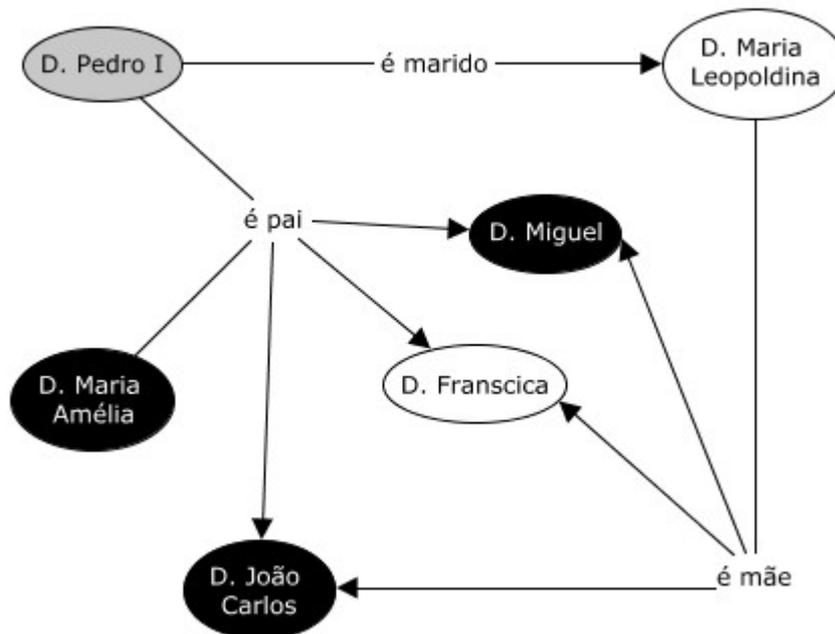
$$\begin{aligned} \text{avalia\~{c}\~{a}o}(L_R) &= (1+1) \times 0,75 + (1+1) \times 0,75 + (1+2) \times 0,75 + (3+1) \times 0,75 + (3+1) \times 0,75 \\ &\quad + (3+2) \times 0,75 + (3+1) \times 0,75 + (3+2) \times 0,75 \end{aligned}$$

$$\text{avalia\~{c}\~{a}o}(L_R) = 2 \times 0,75 + 2 \times 0,75 + 3 \times 0,75 + 4 \times 0,75 + 4 \times 0,75 + 5 \times 0,75 + 4 \times 0,75 + 5 \times 0,75$$

$$\text{avalia\~{c}\~{a}o}(L_R) = 1,5 + 1,5 + 2,25 + 3 + 3 + 3,75 + 3 + 3,75$$

$$\text{avalia\~{c}\~{a}o}(L_R) = 21,75$$

Figura 26 - MCE da Família Imperial Brasileira feito pelo aluno



Fonte: elaborado pelo autor

Note que a avaliação obtida não é uma mera contagem de nós e arcos, mas sim o resultado da análise qualitativa dos conceitos e relações presentes no mapa conceitual do aluno, ao ser submetido a um determinado interesse.

Por exemplo, considere que o MCE da Figura 17 é o mapa do professor e que o MCE da Figura 26 é o mapa do aluno, e que o valor do fator de erro é: $\theta_C = 0,5$, $\theta_D = 0,25$ e $\theta_O = 0,25$. A avaliação do MCE do aluno seria obtida da seguinte forma:

- construir a lista de arestas comuns

$${}^P A = [\text{é_marido}(D.Jo\tilde{a}oVI, D.CarlotaJoaquina), \text{é_pai}(D.Jo\tilde{a}oVI, D.PedroI), \\ \text{é_m\~{a}e}(D.CarlotaJoaquina, D.PedroI), \text{é_marido}(D.PedroI, D.MariaLeopoldina), \\ \text{é_marido}(D.PedroI, D.AmeliadeLentzenberg), \text{é_pai}(D.PedroI, D.MariadaGloria), \\ \text{é_pai}(D.PedroI, D.Miguel), \text{é_pai}(D.PedroI, D.Jo\tilde{a}oCarlos), \\ \text{é_pai}(D.PedroI, D.PedroII), \text{é_pai}(D.PedroI, D.Janu\tilde{a}ria), \\ \text{é_pai}(D.PedroI, D.Paula), \text{é_pai}(D.PedroI, D.Francisca), \\ \text{é_pai}(D.PedroI, D.MariaAm\tilde{e}lia), \text{é_m\~{a}e}(D.MariaLeopoldina, D.MariadaGloria), \\ \text{é_m\~{a}e}(D.MariaLeopoldina, D.Miguel), \text{é_m\~{a}e}(D.MariaLeopoldina, D.Jo\tilde{a}oCarlos), \\ \text{é_m\~{a}e}(D.MariaLeopoldina, D.PedroII), \text{é_m\~{a}e}(D.MariaLeopoldina, D.Paula), \\ \text{é_m\~{a}e}(D.MariaLeopoldina, D.Francisca), \text{é_m\~{a}e}(D.AmeliaLentzenberg, D.MariaAm\tilde{e}lia), \\ \text{foi_destituido}(D.PedroII, MarechalDeodoro)]$$

$${}^A A = [\text{é_m\~{a}e}(D.Leopoldina, D.Miguel), \text{é_m\~{a}e}(D.Leopoldina, D.Jo\tilde{a}oCarlos), \\ \text{é_m\~{a}e}(D.Leopoldina, D.Francisca), \text{é_pai}(D.PedroI, D.Jo\tilde{a}oCarlos), \\ \text{é_marido}(D.PedroI, D.Leopoldina), \text{é_pai}(D.PedroI, D.Francisca), \\ \text{é_pai}(D.PedroI, D.MariaAm\tilde{e}lia)]$$

$$A_I = [\text{é_m\~{a}e}(D.Leopoldina, D.Miguel), \text{é_m\~{a}e}(D.Leopoldina, D.Jo\tilde{a}oCarlos), \\ \text{é_m\~{a}e}(D.Leopoldina, D.Francisca), \text{é_pai}(D.PedroI, D.Jo\tilde{a}oCarlos), \\ \text{é_marido}(D.PedroI, D.Leopoldina), \text{é_pai}(D.PedroI, D.Francisca), \\ \text{é_pai}(D.PedroI, D.MariaAm\tilde{e}lia)]$$

- construir da lista de arestas não comuns:
 - $A_N = \emptyset$
- considerando que peso para os conceitos no:
 - Mapa Conceitual Estratificado do professor ${}^P MCE(I)$ são:

- ${}^P P_C^I(\text{Marechal Deodoro}) = 4$,
- $P_C^I(\text{D. João VI}) = 3$,
- ${}^P P_C^I(\text{D. Carlota Joaquina}) = 3$,
- ${}^P P_C^I(\text{D. Pedro I}) = 3$,
- ${}^P P_C^I(\text{D. Leopoldina}) = 3$,
- ${}^P P_C^I(\text{D. Amélie de Leuchtenberg}) = 3$,
- ${}^P P_C^I(\text{D. Pedro II}) = 3$,
- ${}^P P_C^I(\text{D. Januária}) = 3$,
- ${}^P P_C^I(\text{D. Mariada Glória}) = 2$,
- ${}^P P_C^I(\text{D. Francisca}) = 2$,
- ${}^P P_C^I(\text{D. Miguel}) = 1$,
- ${}^P P_C^I(\text{D. João Carlos}) = 1$,
- ${}^P P_C^I(\text{D. Paula}) = 1$ e
- ${}^P P_C^I(\text{D. Maria Amélia}) = 1$.

◦ Mapa Conceitual Estratificado do aluno ${}^A MCE(I)$ são:

- ${}^A P_C^I(\text{D. Pedro I}) = 3$,
- ${}^A P_C^I(\text{D. Leopoldina}) = 2$,
- ${}^A P_C^I(\text{D. Francisca}) = 2$,
- ${}^A P_C^I(\text{D. Miguel}) = 1$,
- ${}^A P_C^I(\text{D. João Carlos}) = 1$ e
- ${}^A P_C^I(\text{D. Maria Amélia}) = 1$.

- considerando que o valor booleano atribuído para as características das relações presentes:

A avaliação do Mapa Conceitual Estratificado do aluno fica então da seguinte forma:

$$\text{avaliação}({}^A MCE(I), {}^P MCE(I)) = \text{avalIgual}(A_S) + \text{avalSinônimo}(A_N) + \text{avalOposto}(A_N) \quad (\text{eq.6})$$

Como a lista de arestas não comuns é vazia o valor de $avalSinônimo(A_N)$ e $avalOposto(A_N)$ é zero, substitui-se estes valores na equação (eq.6):

$$avaliação({}^A MCE(I), {}^P MCE(I)) = avalIgual(A_S) + 0 + 0$$

$$avaliação({}^A MCE(I), {}^P MCE(I)) = avalIgual(A_S) \quad (\text{eq.7})$$

$$\begin{aligned} &avaliação({}^A MCE(I), {}^P MCE(I)) = \\ & (avalia(D.Leopoldina) + avalia(D.Miguel)) \times ({}^P D_R(\acute{e}_- mãe) + {}^P O_R(\acute{e}_- mãe)) + \\ & (avalia(D.Leopoldina) + avalia(D.JoãoCarlos)) \times ({}^P D_R(\acute{e}_- mãe) + {}^P O_R(\acute{e}_- mãe)) + \\ & (avalia(D.Leopoldina) + avalia(D.Francisca)) \times ({}^P D_R(\acute{e}_- mãe) + {}^P O_R(\acute{e}_- mãe)) + \\ & (avalia(D.PedroI) + avalia(D.JoãoCarlos)) \times ({}^P D_R(\acute{e}_- pai) + {}^P D_R(\acute{e}_- pai)) + \\ & (avalia(D.PedroI) + avalia(D.Francisca)) \times ({}^P D_R(\acute{e}_- pai) + {}^P D_R(\acute{e}_- pai)) + \\ & (avalia(D.PedroI) + avalia(D.MariaAmélia)) \times ({}^P D_R(\acute{e}_- pai) + {}^P D_R(\acute{e}_- pai)) + \\ & (avalia(D.PedroI) + avalia(D.Leopoldina)) \times ({}^P D_R(\acute{e}_- marido) + {}^P D_R(\acute{e}_- marido)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &avaliação({}^A MCE(I), {}^P MCE(I)) = \\ & (0,5 + 1) \times (3 + 2) + \\ & (0,5 + 1) \times (3 + 2) + \\ & (0,5 + 2) \times (3 + 2) + \\ & (3 + 1) \times (3 + 2) + \\ & (3 + 2) \times (3 + 2) + \\ & (3 + 1) \times (3 + 2) + \\ & (3 + 0,5) \times (3 + 1) \end{aligned}$$

$$avaliação({}^A MCE(I), {}^P MCE(I)) = (7,5) + (7,5) + (12,5) + (20) + (25) + (25) + (14,0)$$

$$avaliação({}^A MCE(I), {}^P MCE(I)) = 111,5$$

Note que a avaliação obtida não é uma mera contagem de nós e arcos, mas sim o resultado da análise qualitativa dos conceitos e relações presentes no mapa conceitual do aluno, ao ser submetido a um determinado interesse.

Neste capítulo foi apresentada uma ampliação para representar a estrutura cognitiva de um aluno, com o modelo proposto denominado de Mapa Conceitual Estratificado, que permite inserir na estrutura cognitiva a estratificação (peso/característica) dos conceitos/relações registradas no mapa. O Mapa Conceitual Estratificado irá permitir ao seu autor expressar seu interesse atual frente a um conjunto de conhecimento, o qual está representando sua estrutura. Isso ajuda tanto ao leitor do Mapa Conceitual Estratificado a

entender o foco do autor do mapa, como ao autor para se concentrar nos conceitos que compõe seu foco de interesse atual.

O Mapa Conceitual Estratificado permite ao professor observar com maior detalhe e precisão as mudanças conceituais que ocorrem na estrutura cognitiva dos alunos, pois um conceito como a operação soma que em uma dada série escolar é considerada importante por ser este o novo conhecimento a ser adquirido pelo aluno, na série escolar seguinte a operação soma não representará um conhecimento que merece ser destacado, sendo assumido como um conceito já adquirido, o aluno estará comentando a operação de multiplicação que será o conhecimento a ser aprendido na série escolar seguinte.

O Mapa Conceitual Estratificado perpassa por um processo de inferência de leitura das proposições que não estão explícitas, por exemplo, no mapa conceitual da Família Imperial Brasileira da Figura 17, como a relação *é_irmão* foi definida como transitiva, pode-se concluir que se “D. Paula *é_irmão* de D. Francisca” e “D. Francisca *é_irmão* de D. Januária”, por transitividade concluisse que “D. Paula *é_irmão* de D. Januária”, melhorando a leitura do mapa, por outra pessoa que não participou diretamente de sua criação.

A especificação de uma ferramenta capaz de realizar a edição textual do MCE e a avaliação qualitativa narrada nesta seção será apresentada no próximo capítulo.

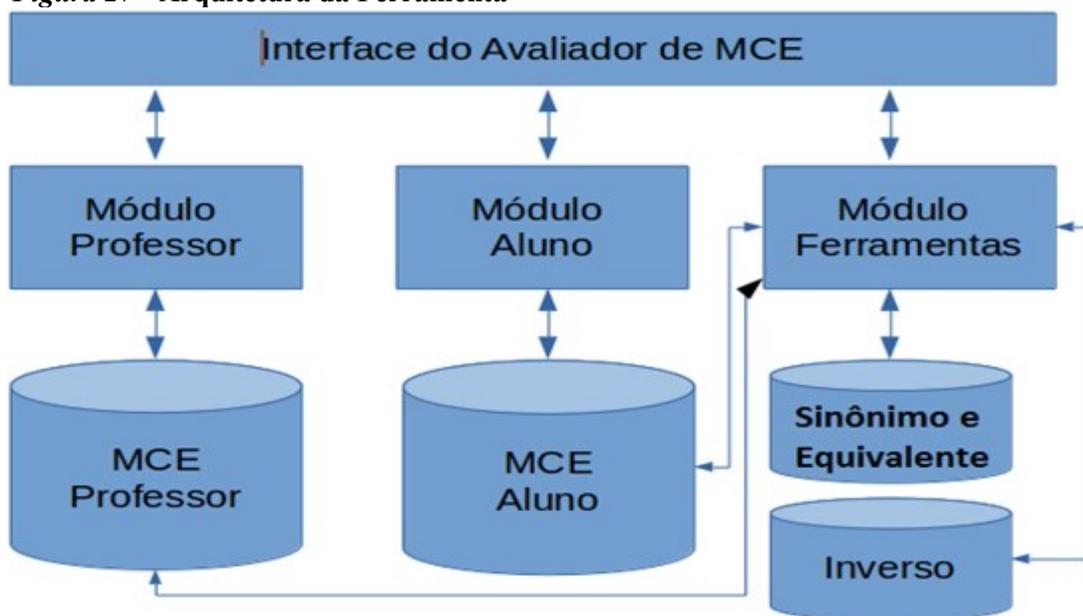
4 - ARQUITETURA DA FERRAMENTA

4.1 - Introdução

No presente capítulo será descrito a arquitetura, implementação e uso de uma ferramenta computacional gerada com o objetivo de automatizar o processo de edição e avaliação do MCE, no formato textual, uma vez que a edição segundo este modelo de representação isolada da estrutura cognitiva do aluno, em um determinado instante pode ser realizada sem dificuldades em uma ferramenta de edição gráfica de MCs como o CMAPTOOLS. A ferramenta de edição e avaliação do MCE foi desenvolvida na intenção de automatizar o processo de avaliação dos MCE dos alunos, uma vez que a realização desse processo de forma manual além de consumir muito tempo do professor é factível de falhas.

A implementação da ferramenta foi realizada no compilador Lazarus versão 1.4.4 que é uma IDE para criar aplicações gráficas e serve de console para as linguagens de programação Pascal (RAMALHO, 2001), Free Pascal (CANNEYT, 2015), Delph (SANTOS, 2003), podendo rodar nos sistemas operacionais Windows, Linux, Mac Os X, FreeBSD, etc. A Figura 27 representa a arquitetura da ferramenta, a qual é composta por módulos denominados de interface do avaliador de MCE, contendo: módulo professor, módulo aluno e módulo ferramentas; e por 4 bases de dados denominadas de MCE do professor, MCE do aluno, sinônimo/equivalente e inverso.

Figura 27 - Arquitetura da Ferramenta



Fonte: elaborado pelo autor

No restante deste capítulo será apresentada uma descrição detalhada dos módulos, das

informações armazenadas na base de dados e da funcionalidade da ferramenta de edição e avaliação de MCE.

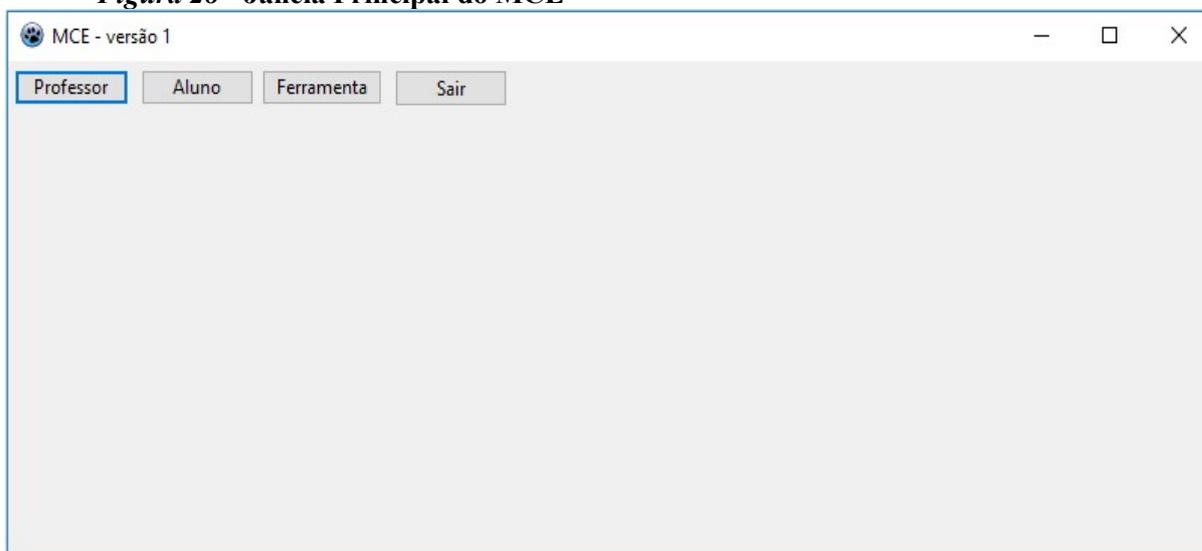
4.2 - Interface

Na ferramenta implementada optou-se por uma *interface* do tipo adotado pelas aplicações padrões das ferramentas do Microsoft Office e LibreOffice, em função da sua popularidade, o que de certa forma torna a familiarização do professor à ferramenta mais rápida.

Ao acessar os ícones padrões da janela da ferramenta (Figura 28) o usuário pode optar por:

- minimizar a janela do sistema; ou
- redimensionar a janela do sistema, este ícone alterna entre a janela com dimensão igual a da tela e a janela com tamanho menor do que a tela, podendo este tamanho ser definido pelo usuário com o mouse; ou
- sair do sistema.

Figura 28 - Janela Principal do MCE

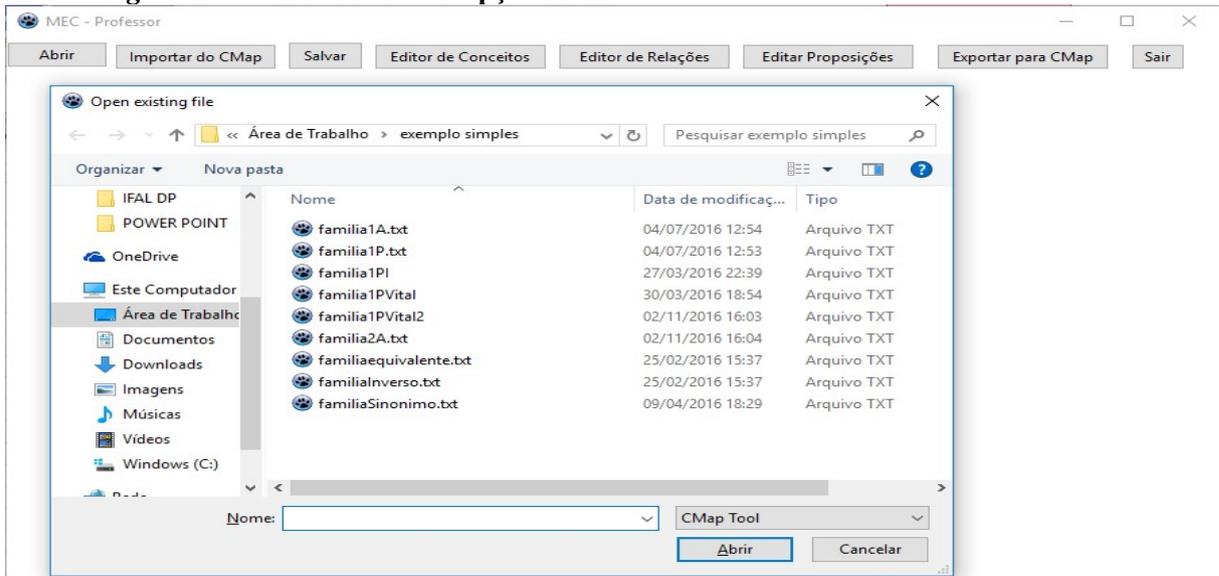


Fonte: elaborado pelo autor

Ao acessar a opção Professor assim como Aluno o usuário terá as seguintes opções:

- Abrir da janela MCE - Professor permite ao professor abrir um Mapa Conceitual Estratificado já salvo em um arquivo no formato da ferramenta descrito na seção 4.3, ao ser acionada esta opção exibe uma janela onde deverá ser escolhido o diretório e o arquivo dentro deste diretório que contém os dados do Mapa Conceitual Estratificado salvo (Figura 29).

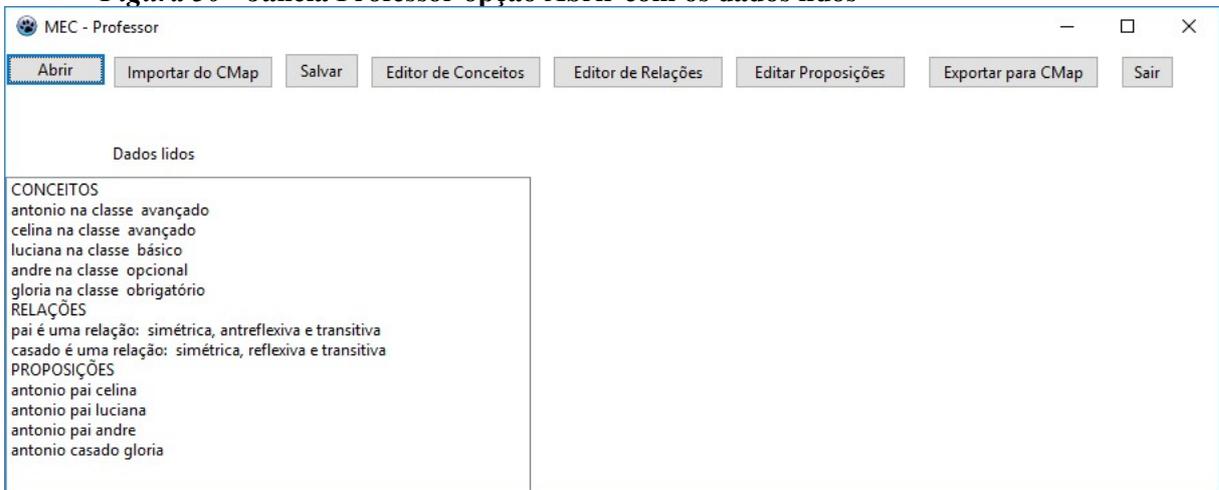
Figura 29 - Janela Professor opção Abrir



Fonte: elaborado pelo autor

Após abrir o arquivo a ferramenta irá exibir uma listagem de todas as informações presentes no Mapa Conceitual Estratificado que acaba de ser lido, como mostra a Figura 30.

Figura 30 - Janela Professor opção Abrir com os dados lidos

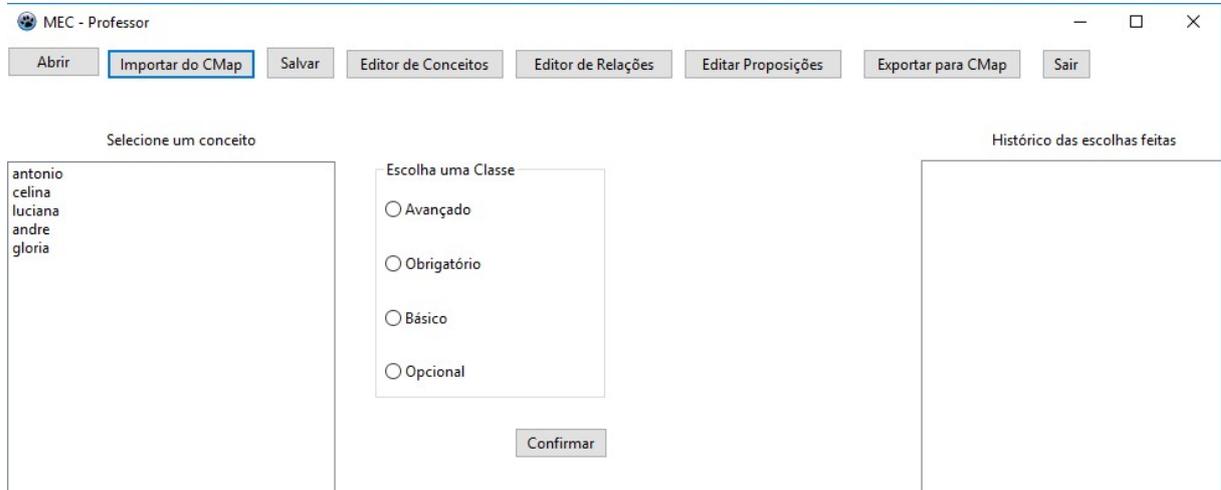


Fonte: elaborado pelo autor

- Importar do CMAPTOOLS da janela MCE - Professor permite ao professor importar um mapa conceitual editado na ferramenta CMAPTOOLS, desde que este tenha sido exportado no formato VITAL, ao ser acionado é exibida uma janela para que o usuário informe o diretório e o nome do arquivo em que o mapa conceitual a ser importado se encontra (semelhante a Figura 29). O arquivo importado não trás as informações relativas às classes dos conceitos e as características das relações presentes no mapa. Logo o sistema irá requerer que estas informações sejam fornecidas na ocasião da importação. Assim a ferramenta irá exibir a janela de atribuição de classes aos

conceitos Figura 31 e a janela de atribuição de características as relações Figura 32.

Figura 31 - Janela Professor opção Importar do CMAPTOOLS momento de atribuição das classes aos conceitos



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 32 - Janela Professor opção Importar do CMAPTOOLS momento de atribuição das características as relações

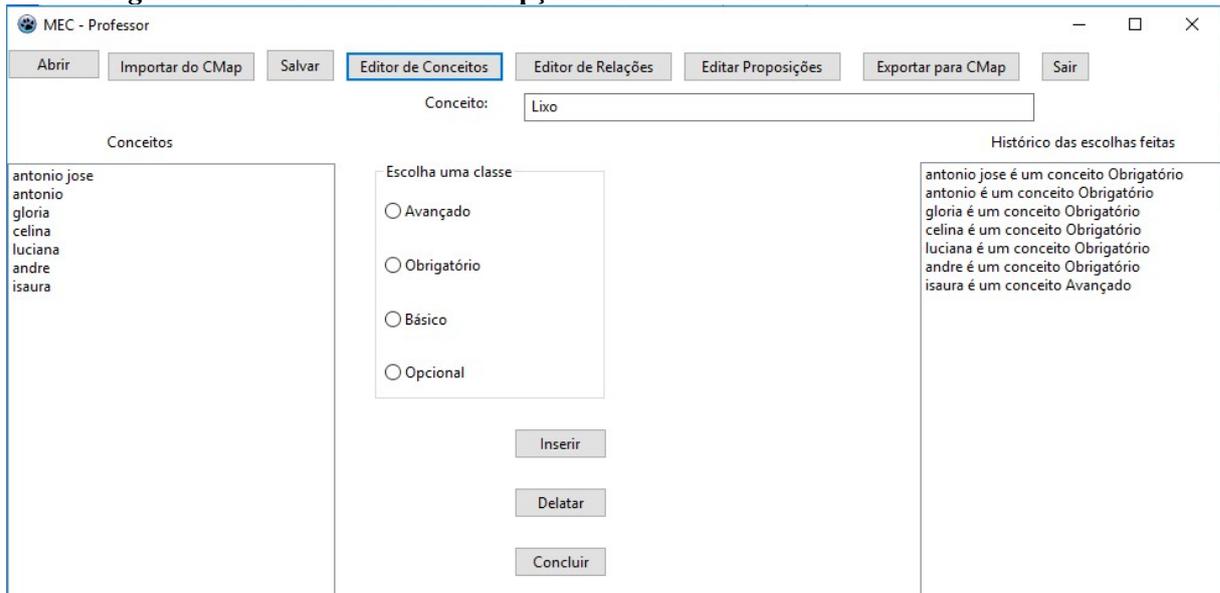


Fonte: elaborado pelo autor

- Salvar da janela MCE - Professor permite ao professor salvar um Mapa Conceitual Estratificado com as classes de seus conceitos e as características de suas relações, ao ser acionado é exibida uma janela como a dos diretórios e arquivos presentes no computador para que o usuário informe o diretório e o nome do arquivo em que o Mapa Conceitual Estratificado na janela de edição atual ficará salvo (Figura 29); e
- Editar Conceitos da janela MCE - Professor permite ao professor editar os conceitos

de um Mapa Conceitual Estratificado na forma textual com suas classes, ao ser acionado é exibida uma janela com os conceitos que já foram lidos através da opção Abrir ou da opção Importar do CMAPTOOLS ou simplesmente uma lista vazia de conceitos, neste instante é facultado ao usuário inserir e remover conceitos no mapa que está sendo editado (Figura 33); e

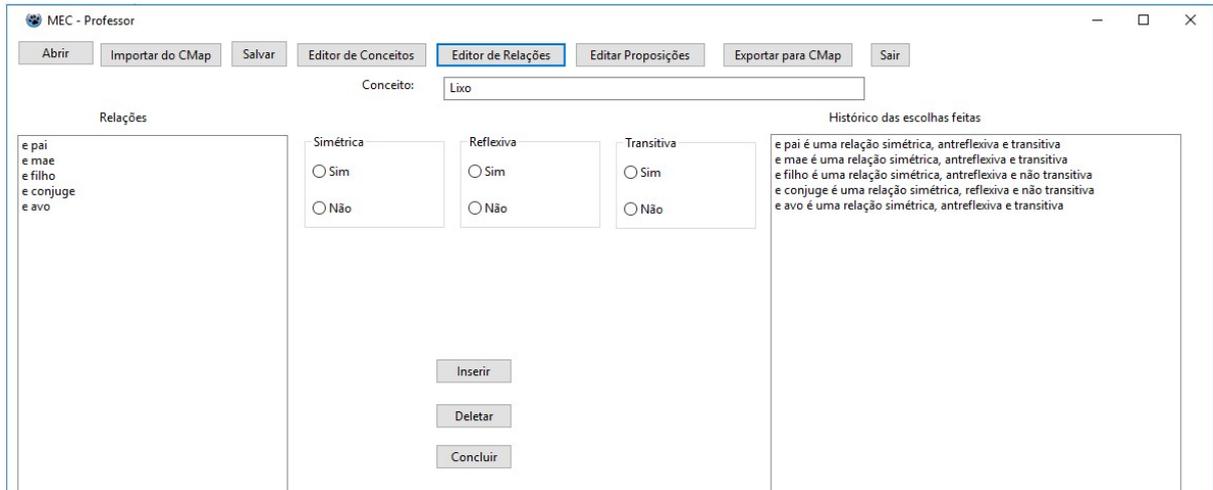
Figura 33 - Janela do Professor opção Editar Conceitos



Fonte: elaborado pelo autor

- Editar Relações da janela MCE - Professor permite ao professor editar as relações de um Mapa Conceitual Estratificado de forma textual com suas características, ao ser acionado é exibida uma janela como as relações que já foram lidas através da opção Abrir ou da opção Importar do CMAPTOOLS ou simplesmente uma lista vazia de relações, neste instante é facultado ao usuário inserir e remover relações no mapa que está sendo editado (Figura 34); e

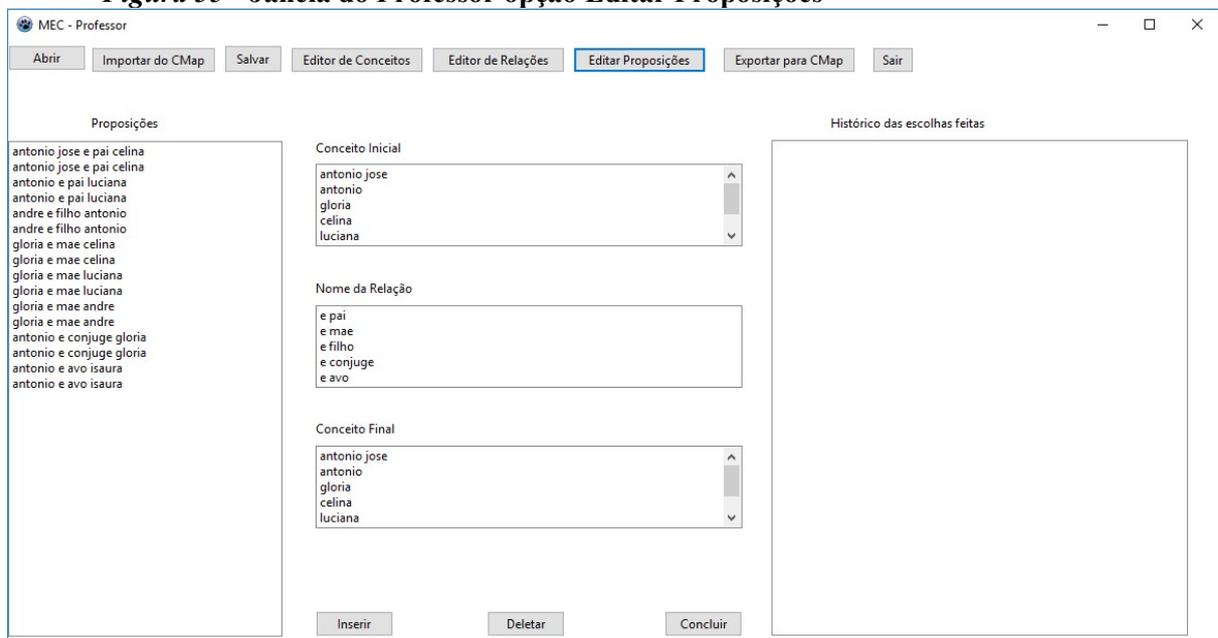
Figura 34 - Janela do Professor opção Editar Relações



Fonte: elaborado pelo autor

- Editar Proposições da janela MCE - Professor permite ao professor editar as proposições de um Mapa Conceitual Estratificado de forma textual, ao ser acionado é exibida uma janela como proposições, os conceitos e as relações que já foram lidas através da opção Abrir ou da opção Importar do CMAPTOOLS ou simplesmente uma lista vazia de proposições, neste instante é facultado ao usuário inserir e remover proposições no mapa que está sendo editado (Figura 35); e

Figura 35 - Janela do Professor opção Editar Proposições



Fonte: elaborado pelo autor

- Exportar para CMAPTOOLS da janela MCE - Professor permite ao professor salvar um mapa conceitual que é uma versão simplificada do Mapa Conceitual Estratificado na tela de edição no formato Vital da ferramenta CMAPTOOLS, ao ser acionado é

exibida uma janela como a dos diretórios e arquivos presentes no computador para que o usuário informe o diretório e o nome do arquivo em que o mapa conceitual na janela de edição atual ficará salvo (Figura 29); e

- Sair da janela MCE - Professor permite ao professor sair da janela de edição de Mapa Conceitual Estratificado do professor, neste momento se o MCE da janela não for salvo suas informações serão perdidas.

Ao acessar a opção Ferramenta da ferramenta o usuário terá as seguintes opções:

- Conceitos Não Inclusos da janela MCE - Ferramenta que permite ao professor ver a lista dos conceitos presentes no Mapa Conceitual Estratificado do aluno e que não constam em seu Mapa Conceitual Estratificado, caso o professor ache que algum conceito desta lista é relevante ele poderá voltar e editar seu Mapa Conceitual Estratificado novamente para inseri-lo (Figura 36);

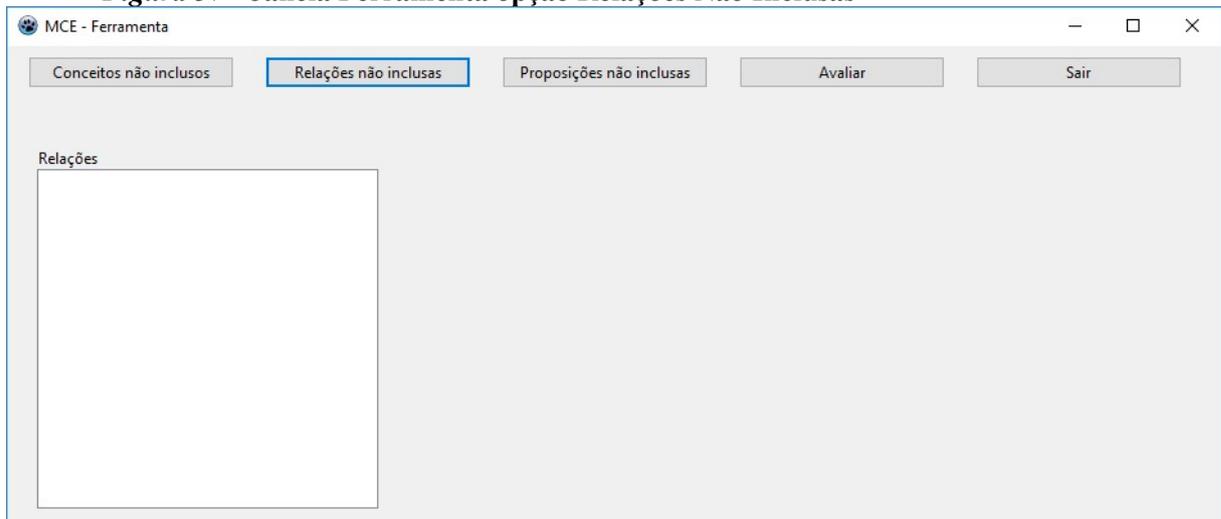
Figura 36 - Janela Ferramenta opção Conceitos Não Inclusos



Fonte: elaborado pelo autor

- Relações Não Inclusas da janela MCE - Ferramenta que permite ao professor ver a lista das relações presentes no Mapa Conceitual Estratificado do aluno e que não constam em seu Mapa Conceitual Estratificado, caso o professor ache que alguma relação desta lista é relevante ele poderá voltar e editar seu Mapa Conceitual Estratificado novamente para inseri-la, ou acrescentar uma relação sinônima ou inversa capaz de expressar as similaridades semânticas entre as relações do professor e do aluno (Figura 37);

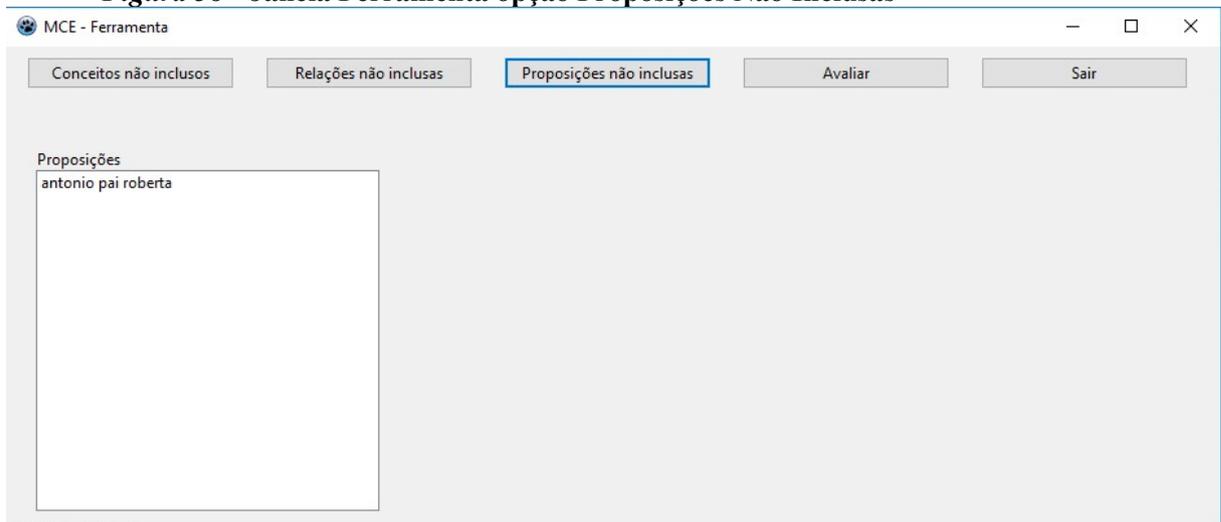
Figura 37 - Janela Ferramenta opção Relações Não Inclusas



Fonte: elaborado pelo autor

- Proposições Não Inclusas da janela MCE - Ferramenta que permite ao professor ver a lista das proposições presentes no Mapa Conceitual Estratificado do aluno e que não constam em seu Mapa Conceitual Estratificado, caso o professor ache que alguma proposição desta lista é relevante ele poderá voltar e editar seu Mapa Conceitual Estratificado novamente para inseri-la (Figura 38);

Figura 38 - Janela Ferramenta opção Proposições Não Inclusas



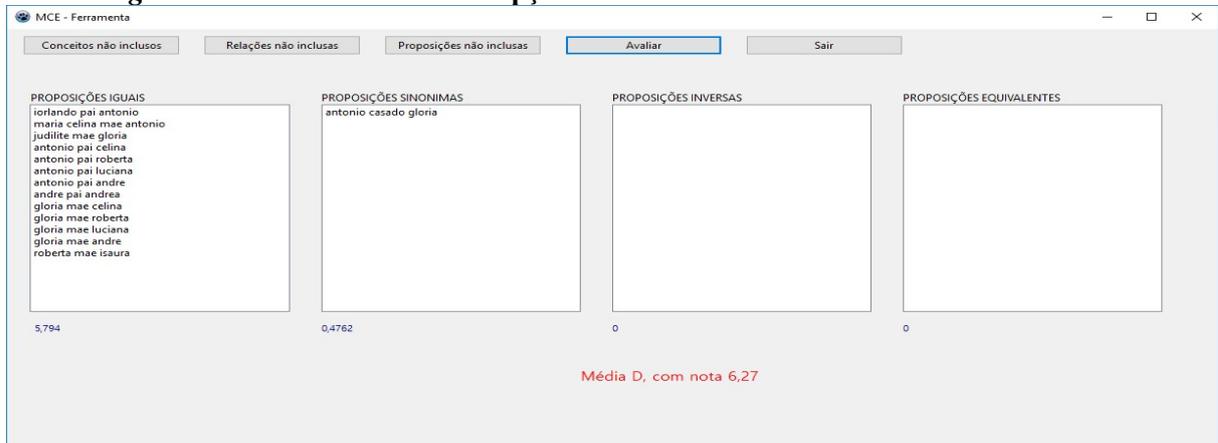
Fonte: elaborado pelo autor

- Avaliar da janela MCE - Ferramenta que permite ao professor ver a lista das proposições iguais, sinônimas e inversas no Mapa Conceitual Estratificado do aluno e que apresentam a mesma semântica das proposições do Mapa Conceitual Estratificado do professor, exibindo ao final a pontuação do Mapa Conceitual Estratificado do aluno

(Figura 39);

- Sair da janela MCE - Ferramenta que permite ao professor sair desta opção;

Figura 39 - Janela Ferramenta opção Avaliar



Fonte: elaborado pelo autor

4.3 - Arquivos manipulados pelo sistema

O módulo do PROFESSOR e do ALUNO permite abrir e salvar MCE que encontram-se armazenados em arquivos txt, os quais são escritos obedecendo a seguinte regra de produção:

Quadro 2 - Regra de produção do arquivo de Mapa Conceitual Estratificado

MCE	→ # Fim_Linha C1
C1	→ Nome_Conceito = C2. Fim_Linha C1 # Fim_Linha R1
C2	→ 1 2 3 4
R1	→ Nome_Relação (R2,R2,R2) Fim_Linha R1 # Fim_Linha P1
R2	→ 1 2
P1	→ Nome_Relação(Nome_Conceito,Nome_Conceito) Fim_Linha P1 # Fim_Linha Fim_Arquivo
Nome_Conceito	→ Nome
Nome_Relação	→ Nome
Nome	→ Letra Nome_Continuação Letra
Nome_Continuação	→ Letra Nome_Continuação Dígito Nome_Continuação Letra Dígito
Letra	→ A B C D E F G H I J L M N O P Q R S T U V X Z W K Y a b c d e f g h i j l m n o p q r s t u v x z w k y
Dígito	→ 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
Fim_Linha	→ <newline>
Fim_Arquivo	→ <endfile>

Fonte: elaborado pelo autor

A opção importar e exportar módulo PROFESSOR e ALUNO trabalha com arquivos no formato VITAL do CMAPTOOLS salvo em um arquivo txt. A regra de produção desse formato de arquivo é:

Quadro 3 - Regra de produção do arquivo de mapa conceitual no formato VITAL

MC	→ Nome_Conceito, Nome_Relação, Nome_Conceito, P1, P1, P1, P1, P1, P1, Fim_Linha MC Nome_Conceito, Nome_Relação, Nome_Conceito, P1, P1, P1, P1, P1, P1, Fim_Arquivo
P1	→ Dígito Dígito P1
Nome_Conceito	→ Nome
Nome_Relação	→ Nome
Nome	→ Letra Nome_Continuação Letra
Nome_Continuação	→ Letra Nome_Continuação Dígito Nome_Continuação Letra Dígito
Letra	→ A B C D E F G H I J L M N O P Q R S T U V X Z W K Y a b c d e f g h i j l m n o p q r s t u v x z w k y
Dígito	→ 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
Fim_Linha	→ <nextline>
Fim_Arquivo	→ <endfile>

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 4 - Regra de produção do arquivo de sinônimo e inverso

SI	→ # S1
S1	→ Nome = Nome . <nextline> S1 S1 → Nome = Nome . <nextline> S2
S2	→ # <endfile>
Nome	→ Letra Nome_Continuação Letra
Nome_Continuação	→ Letra Nome_Continuação Dígito Nome_Continuação Letra Dígito
Letra	→ A B C D E F G H I J L M N O P Q R S T U V X Z W K Y a b c d e f g h i j l m n o p q r s t u v x z w k y
Dígito	→ 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
Fim_Linha	→ <nextline>
Fim_Arquivo	→ <endfile>

Fonte: elaborado pelo autor

O módulo Ferramenta trabalha com os arquivos de sinônimo, inverso e equivalente, os quais devem seguir a definição dada no capítulo anterior, estes arquivos também estão no formato txt e sendo gerados pelas regras de produção SI respectivamente. Sendo os arquivos de sinônimo e inverso referentes a relação e o arquivo de equivalência referente a conceitos equivalentes, tipo o professor coloca em seu mapa conceitual estratificado o conceito *adição* e o aluno coloca em seu mapa conceito *soma*.

4.4 - Descrição de alguns algoritmos do sistema

Dado dois mapas conceituais estratificados P_{MCE} e A_{MCE} para um mesmo assunto, onde P_{MCE} é o Mapa Conceitual Estratificado do professor e A_{MCE} é o Mapa Conceitual Estratificado do aluno. Será necessário saber quais conceitos e relações estão presentes no P_{MCE} e A_{MCE} , considerando a existência dos arquivos de sinônimo e inverso para as relações. Logo deve-se esperar que para toda proposição do $P_{A_{MCE}}$ exista uma proposição

correspondente no P_{MCE} , tal procedimento é descrito no pseudocódigo abaixo:

Quadro 5 - Pseudocódigo do procedimento que compara as proposições

```

Procedimento Compara Proposições(P,A: matriz de 3 colunas e 1000 linhas de texto; var I: matriz de 3 colunas e 1000 linhas de texto)
var i,j,k: inteiro;
início
  para i variando de 1 até 1000 faça
    para j variando de 1 até 1000 faça
      se (P[i,1]=A[i,1]) e (P[i,2]=A[i,2]) e (P[i,3]=A[i,3])
        então início
          k ← k + 1
          I[k,1] ← A[i,1]
          I[k,2] ← A[i,2]
          I[k,3] ← A[i,3]
          j ← 1001
        fim
      senão se (P[i,1]=A[i,1]) e sinônimo(P[i,2],A[i,2]) e (P[i,3]=A[i,3])
        então início
          k ← k + 1
          I[k,1] ← A[i,1]
          I[k,2] ← A[i,2]
          I[k,3] ← A[i,3]
          j ← 1001
        fim
      senão se (P[i,3]=A[i,1]) e inverso(P[i,2],A[i,2]) e (P[i,1]=A[i,3])
        então início
          k ← k + 1
          I[k,1] ← A[i,1]
          I[k,2] ← A[i,2]
          I[k,3] ← A[i,3]
          j ← 1001
        fim
    fim
  fim
fim

```

Fonte: elaborado pelo autor

Note que no procedimento acima a saída é a matriz I contendo todas as proposições iguais e entre o Mapa Conceitual Estratificado do professor matriz P e do aluno matriz A. Quando as proposições não são exatamente iguais o procedimento faz uso das funções sinônimo e inverso.

Quadro 6 - Pseudocódigo da função sinônimo

```

Função sinônimo(p,a: texto):booleano
var i,j: inteiro;
  s: matriz de 2 colunas e 1000 linhas posições de texto
início
  abra o arquivo de sinônimo;
  enquanto não for final de arquivo faça
    início
      leia linha
      i ← i+1
      s[i,1] ← copie o texto da linha até ante do símbolo =
      remova da linha o texto copiado
      s[i,2] ← copie o texto da linha até antes do símbolo .
    fim
  para j variando de 1 até i faça
    início
      se (p=s[j,1]) e (a=s[j,2])
        então sinônimo ← VERDADE
      senão se (a=s[j,1]) e (p=s[j,2])
        então sinônimo ← VERDADE
    fim
  sinônimo ← FALSO
fim

```

Fonte: elaborado pelo autor

A função sinônimo, procura entre os sinônimos fornecidos pelo autor do Mapa Conceitual Estratificado de referencia que aqui é o professor, a existência de uma relação sinônima que faça a relação do ${}^P\text{MCE}$ ficar com a mesma semântica a do mapa ${}^A\text{MCE}$ (Quadro 5).

Quadro 7 - Pseudocódigo da função inverso

```

Função inverso(p,a: texto):booleano
var i,j: inteiro;
  s: matriz de 2 colunas e 1000 linhas posições de texto
início
  abra o arquivo de inverso;
  enquanto não for final de arquivo faça
    início
      leia linha
      i ← i+1
      s[i,1] ← copie o texto da linha até ante do símbolo =
      remova da linha o texto copiado
      s[i,2] ← copie o texto da linha até antes do símbolo .
    fim
  para j variando de 1 até i faça
    início
      se (p=s[j,1]) e (a=s[j,2])
        então inverso ← VERDADE
      senão se (a=s[j,1]) e (p=s[i,2])
        então inverso ← VERDADE
    fim
  inverso ← FALSO
fim

```

Fonte: elaborado pelo autor

A função inverso, procura entre os inversos fornecidos pelo autor do Mapa Conceitual Estratificado de referencia que aqui é o professor, a existência de uma relação inversa que faça a relação do ${}^P\text{MCE}$ ficar semanticamente igual a do mapa ${}^A\text{MCE}$ (Quadro 6).

4.5 - Síntese da Funcionalidade da Ferramenta

O professor deverá criar um Mapa Conceitual Estratificado, que servirá de mapa referencial para seus alunos ou importar um mapa direto do CMAPTOOLS, sendo necessária a conversão deste arquivo em um arquivo no formato TXT; além da criação de três arquivos: um de sinônimos, de inversos e outro de equivalente. O aluno deverá escolher um mapa já construído pelo professor ou importar do CMAPTOOLS, convertendo em arquivo TXT, para editar seus conceitos, relações e proposições através do acesso a ferramenta.

A avaliação do Mapa Conceitual Estratificado requer que o professor de posse de seu mapa especialista acesse a ferramenta e peça para avaliar os mapas de seus alunos; das diferenças entre os mapas sairá o conceito/nota, no qual o professor tem a flexibilidade de inserir ou não qualquer “elemento” presente no mapa do aluno e ausente do seu antes de findar com a avaliação do aluno.

O conteúdo deste capítulo foi à descrição dos arquivos manipulados pela ferramenta de edição e avaliação de Mapas Conceituais Estratificados, bem como de seu funcionamento, o

qual pode ser entendido como um pequeno manual. No próximo capítulo esta ferramenta será usada dentro de uma metodologia proposta para avaliar qualitativamente o quanto a aprendizagem significativa dos alunos de uma turma pode melhorar quando o professor usa o Mapa Conceitual Estratificado combinado com o mapa conceitual tradicional de Novak.

5 - METODOLOGIA DO EXPERIMENTO E RESULTADOS DA PESQUISA

5.1 - O ESTUDO DE CASO

Neste capítulo será apresentado à metodologia do experimento e os resultados obtidos com a avaliação no decurso dessa pesquisa, analisando os resultados observados, considerando tanto a representação da estrutura cognitiva no Mapa Conceitual de Novak, como no Mapa Conceitual Estratificado, ambos aplicados em um ambiente propício de aprendizagem significativa. Tendo como hipótese que o ensino planejado e orientado conforme preconiza a teoria ausubeliana, favorece a aprendizagem significativa do conteúdo ministrado, o qual agrega maior qualidade a este conteúdo quando se estratifica os conceitos e se caracteriza as relações.

Com a intenção de identificar a estrutura cognitiva atual de cada colaborador sobre o conteúdo do módulo, realizou-se uma entrevista, um questionário e *brainstorming*. Com essa primeira visão da estrutura cognitiva dos alunos envolvidos na pesquisa, dividiu-se a turma em dois grupos de mesma cardinalidade, de modo que os conhecimentos dos alunos de cada grupo quando somados fossem equivalentes. A composição dos alunos por equipe pautou-se nas respostas obtidas na entrevista, seguido do questionário (Tabela 5) abaixo.

Tabela 5 - Questionário para aferir o grau de conhecimento

PERGUNTAS	RESPOSTAS
Formação Profissional?	R=
Faixa etária?	R=
Trabalha em qual setor público?	R=
Tem conhecimento sobre Licitação?	R=
Já participou de uma licitação?	R=
Um consultor para a UFAL pode ocorrer através de carta convite?	R=
Pode-se fazer um Pregão Eletrônico pra comprar um notebook?	R=

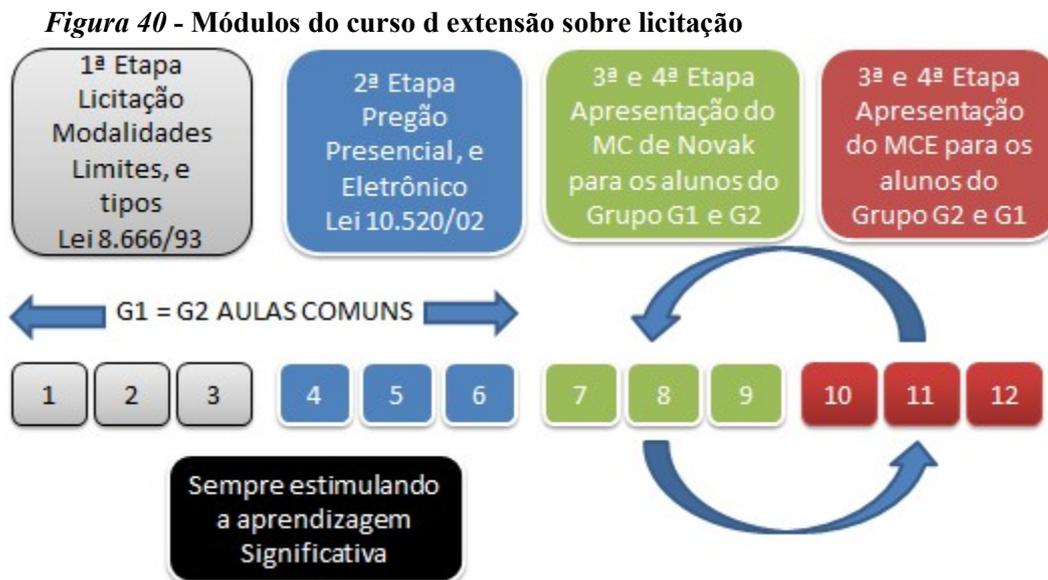
Fonte: elaborado pelo autor

Os alunos de cada grupo foram instruídos a trabalharem de forma colaborativa na representação de seus conhecimentos, ao mesmo tempo em que foi proibida a troca de informações entre alunos de grupos diferentes, uma vez que cada grupo iria trabalhar com uma ferramenta de representação cognitiva distinta. O primeiro grupo deveria representar seu conhecimento sobre o assunto do módulo no mapa conceitual de Novak, e o segundo grupo deveria representar no mapa conceitual estratificado, invertendo-se as ferramentas através do

processo de exportação e importação respectivamente.

Para efeito didático de avaliação e análise do progresso da aprendizagem entre os grupos, de agora em diante o grupo que irá trabalhar inicialmente com o MC de NOVAK será denominado de Grupo 1 ou simplesmente G1 e o grupo que irá trabalhar primeiro com o MCE será denominado de Grupo 2 ou simplesmente G2, abaixo será descrito o conteúdo programático utilizado nos módulos.

Os encontros presenciais foram realizados durante dez semanas, distribuídos entre aula e atividade extraclasse, no final de cada encontro havia uma atividade de fixação, ressaltando a necessidade de aferir o grau de conhecimento adquirido. O módulo foi dividido em quatro etapas, representado (figura 40) abaixo.



Fonte: elaborado pelo autor

A figura acima mostra os doze encontros presenciais de 4h/aula com seus respectivos módulos (temas), sem contar os dias de avaliação e correção dos mapas. Nas seis primeiras aulas, seguiu-se com o seguinte plano de aula para ambos os grupos:

Os assuntos de cada encontro (4h/aula) segue a programação do plano de aula representado na tabela 6, além das aulas referentes a cada modelo de representação cognitiva em apartado nas seis últimas aulas.

Tabela 6 - Calendário do módulo

ENCONTRO	ASSUNTO	G1	G2
1º	Introdução a Licitação	Comum	Comum
2º	Modalidade e tipos	Comum	Comum
3º	Limites e exceções	Comum	Comum
4º	Introdução ao PE.	Comum	Comum

5º	Análise cópia processual PE	Comum	Comum
6º	Simulação no COMPRASNET	Comum	Comum
7º, 8º e 9º		MC	MCE
10º, 11º, 12º		MCE	MC

Fonte: elaborado pelo autor

Concluído o curso teórico os alunos em colaboração com a pesquisa, tiveram mais seis encontros, sendo três para a apresentação do modelo tradicional de MC e outros três para a apresentação do modelo proposto MCE. Nesses encontros separaram-se os grupos, com o propósito de manter os objetivos da pesquisa, de avaliar o grau de conhecimento representado em cada modelo.

De posse dos mapas de cada grupo realizados na primeira e segunda avaliação, inverteu-se as ferramentas entre os grupos, ou seja, apresentou-se ao G1 o modelo proposto de avaliação qualitativa (MCE), e ao G2, o mapa conceitual tradicional (Novak).

No processo de avaliação dos mapas, foram enfatizados os critérios utilizados, relacionando a nota final com letras que remetem a um conceito, simbolizado pelas letras A, B, C, D e E. O conceito A - Excelente, serviu para atribuir uma nota que varia de 9,0 a 10,0 PTS, o conceito B – Bom, serviu para atribuir uma nota que varia de 8,0 a 8,99 P.T.S., o conceito C - Regular, serviu para atribuir uma nota que varia de 7,0 a 7,99 PTS, o conceito D - Insuficiente, serve para atribuir uma nota que varia de 6,0 a 6,99 PTS e o conceito E - Reprovado, serviu para atribuir uma nota inferior a 6,00 PTS, caso em que o aluno precisa refazer a disciplina.

As aulas em sala serviram para apresentar o assunto, sendo que após a conclusão de cada conteúdo era realizado uma atividade, de modo a investigar se o conteúdo ministrado e o conhecimento adquirido eram compatíveis, caso contrário havia um reforço na atividade extraclasse, com fórum de discussão, que viabilizasse o entendimento do novo conteúdo transmitido.

O material didático, utilizado foi: *notebook*, apostila elaborada pelo autor da pesquisa, slides em projetor multimídia dos principais tópicos, fórum de discussão e apoio via whatsapp, e-mail corporativo, cópia processual de um Pregão Eletrônico e simulação de um pregão no COMPRASNET como pregoeiro.

Conforme acordado entre os pares dessa pesquisa, os nomes de todos os participantes (discentes) foram omitidos para garantir o anonimato. O conteúdo programático do curso previsto para ambos os grupos foi construído com base na Teoria de Ausubel e na técnica de

mapeamento de Novak.

O ensino do conteúdo começava pela apresentação do tema licitação, princípios, modalidades e seus tipos, em seguida foi estudado o Pregão Eletrônico de maneira detalhada, salientando seu processamento via internet, sem a presença física dos participantes, suas inovações e características ímpares, mediante apresentação de slides, com leitura e discussão do material que evidenciava os conceitos e relações relevantes, necessários para a aprendizagem do assunto e integrado ao plano de aula, com os seguintes critérios:

- que tivesse uma linguagem clara e objetiva do tema;
- que estivesse no nível da capacidade de aprendizagem dos alunos; e
- que remetesse para o aluno, o que seria importante ele saber do tema de forma clara, precisa e concisa.

5.1.1 - Apresentação e discussão do material composto no plano de aula

Em um segundo momento após a explanação da aula, era feita a leitura pormenorizada do material didático para depois ser iniciado um processo de explicação e discussão por parte dos alunos dos conceitos apresentados no material. Neste momento o professor buscou identificar o grau de conhecimento adquirido entre os alunos do assunto apresentado de forma colaborativa.

A partir da 3^a e 4^a etapas os alunos do curso foram separados para dar prosseguimento a análise e comparação entre os modelos, repassando ao grupo G1, o modelo tradicional de Novak e ao grupo G2 o modelo proposto (MCE).

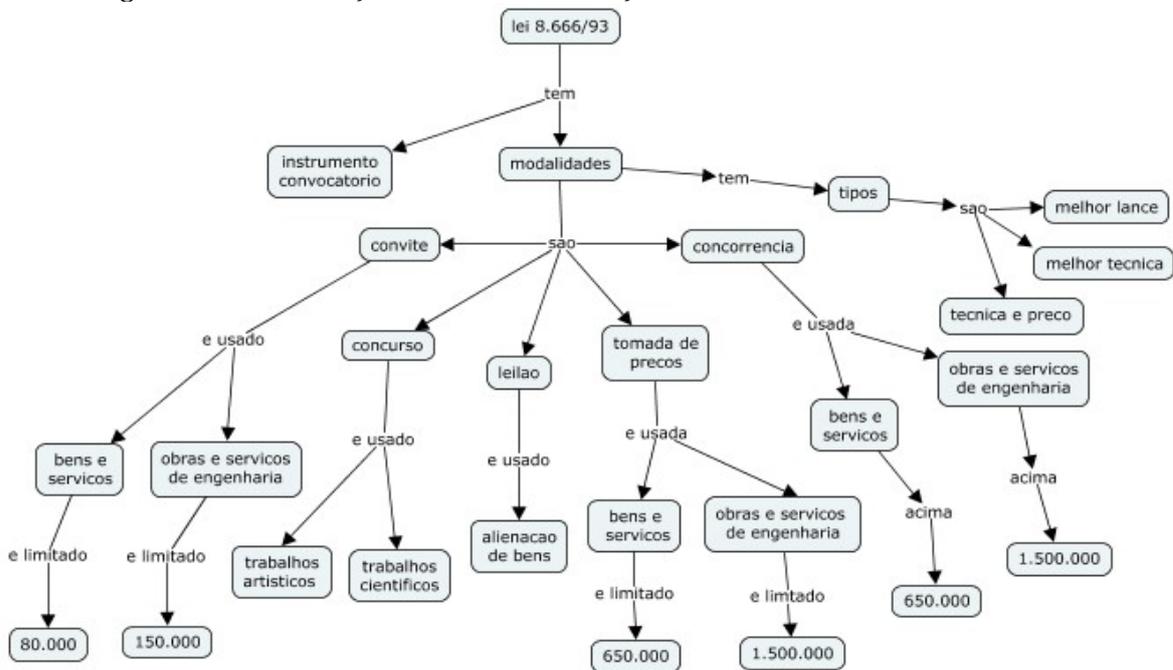
Para os alunos do grupo G1, foi apresentado o modelo de Novak e de posse das informações obtidas em sala e presentes no material ofertado pelo professor, os alunos do grupo G1 deveriam construir um mapa conceitual correspondente a sua percepção do material ministrado sobre Licitação. Esses mapas conceituais foram armazenados uma vez que o professor precisava usar os mapas como documento de análise da pesquisa.

Como atividade para a segunda avaliação foi solicitado a elaboração de um mapa conceitual sobre Pregão Eletrônico. Esses mapas conceituais também foram armazenados uma vez que o professor precisava usar os mapas como documento de análise da pesquisa. De posse dos mapas construídos no CmapTools, os alunos deveriam importar ou elaborar novos mapas no MCE, reorganizando-os através da edição de novos conceitos ou relações, que julgassem necessário.

desses mapas submetidos ao MCE, já com o conceito alcançado por estes alunos na primeira avaliação.

O mapa abaixo (Figura 42) representa o conhecimento cognitivo do aluno do grupo G1, sobre licitação no modelo tradicional.

Figura 42 - 1ª Avaliação – MC sobre licitação G1



Fonte: aluno G1

O mapa acima (Figura 42) mostra o conhecimento idiossincrático do aluno G1 sobre o conteúdo Licitação, ou seja, sua forma de representação gráfica no modelo tradicional.

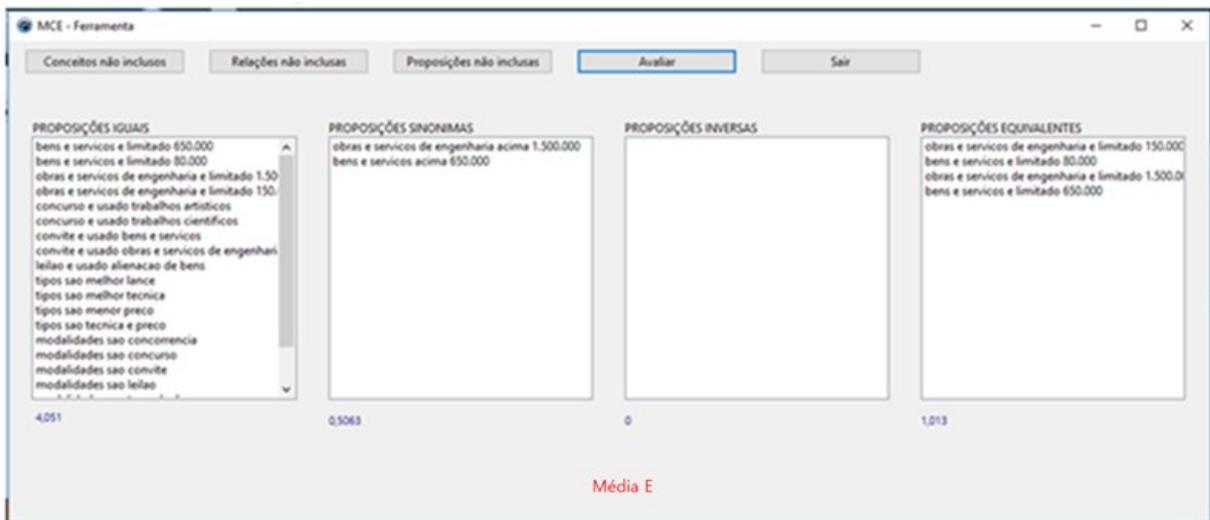
Figura 43 - 1ª Avaliação – MCE licitação G1 SEM estratificação e SEM os Arquivos – S.I.E.



Fonte: aluno G1

A avaliação acima (Figura 43) representada no MCE, não considerou nenhuma estratificação, ou seja, todos os conceitos foram inseridos como obrigatórios e todas as relações com as mesmas características de simetria, reflexividade e transitividade. Também não houve a inclusão dos arquivos de relações sinônimas, relações inversas e conceitos equivalentes (Arquivos - S.I.E.), obtendo o conceito E.

Figura 44 - 1ª Avaliação - MCE licitação G1 SEM estratificação e COM os Arquivos – S.I.E.



Fonte: aluno G1

Após essa primeira análise, este mapa (Figura 44) foi reavaliado, com base no mapa de referencia do especialista com estratificação completa dos conceitos e das relações, além dos arquivos de relações sinônimas, relações inversas e conceitos equivalentes (Figura 45).

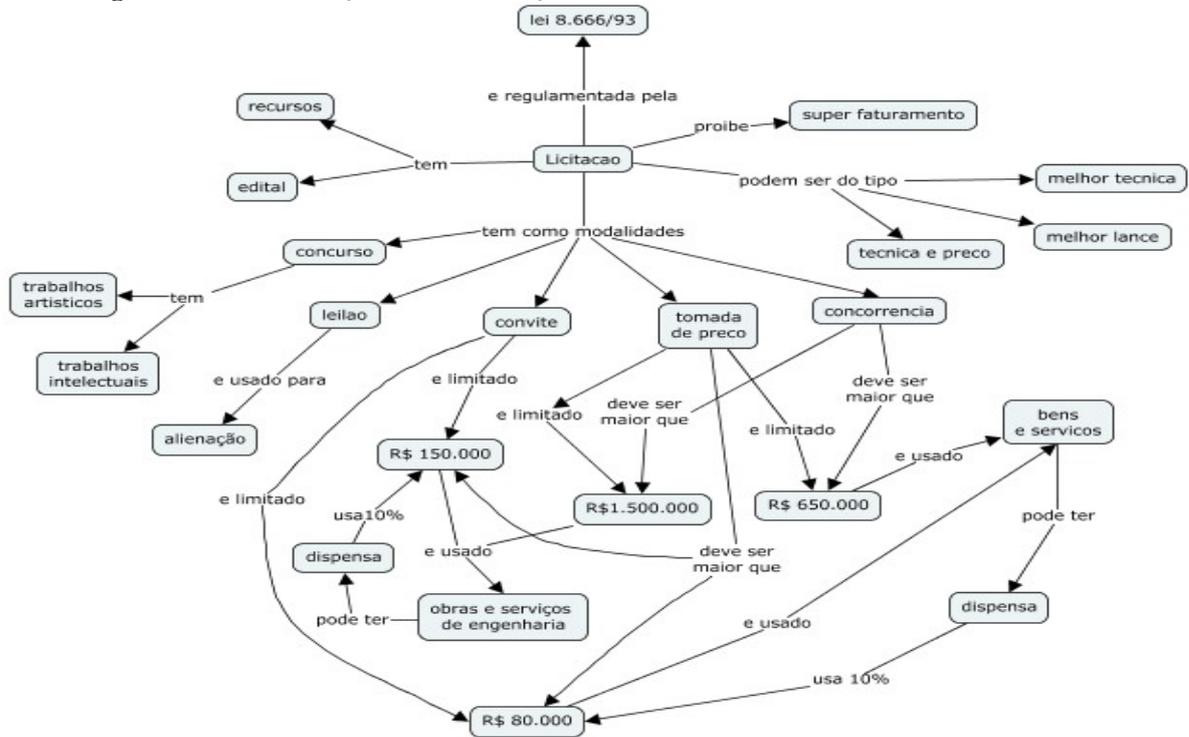
Figura 45 - 1ª Avaliação - MCE licitação G1 COM estratificação e COM os Arquivos – S.I.E.



Fonte: aluno G1

A avaliação acima (Figura 45) do MCE é uma avaliação qualitativa, do mapa conceitual de Novak, com a inserção de elementos, capazes de ampliar o uso que pode ser feito do modelo tradicional como instrumento de avaliação qualitativa.

Figura 46 - 1ª Avaliação – MC licitação G2



Fonte: aluno G2

O mapa acima (Figura 46) mostra o MC exportado do MCE do aluno G2 sobre o conteúdo licitação, tema solicitado na primeira avaliação e reorganizado manualmente (para evitar um número grande de sobreposição dos elementos gráficos). Vale ressaltar que os alunos do grupo G2, começaram a representação de seus conhecimentos no MCE (Figura 47).

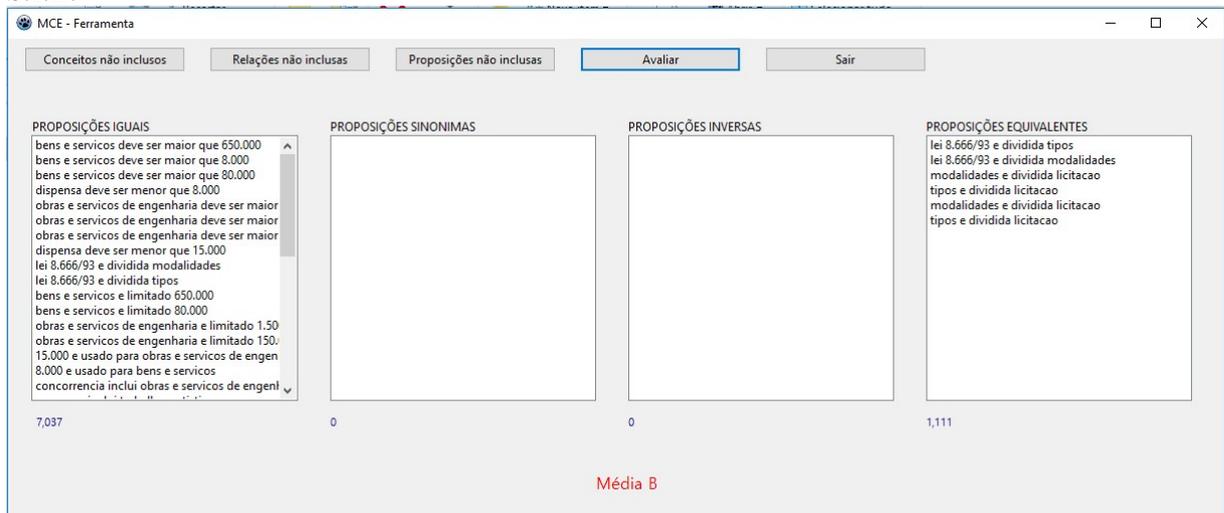
Figura 47 - 1ª Avaliação – MCE licitação G2 SEM estratificação e SEM os Arquivos – S.I.E.



Fonte: aluno G2

O mapa acima (Figura 47) mostra o conhecimento idiossincrático do aluno sobre o conteúdo licitação, no Mapa Conceitual Estratificado, para critério de análise e submissão do conhecimento do aluno no modelo de Novak, retirou-se a estratificação, uniformizando todos os conceitos e relações, para garantir a equivalência entre os alunos de ambos os grupos.

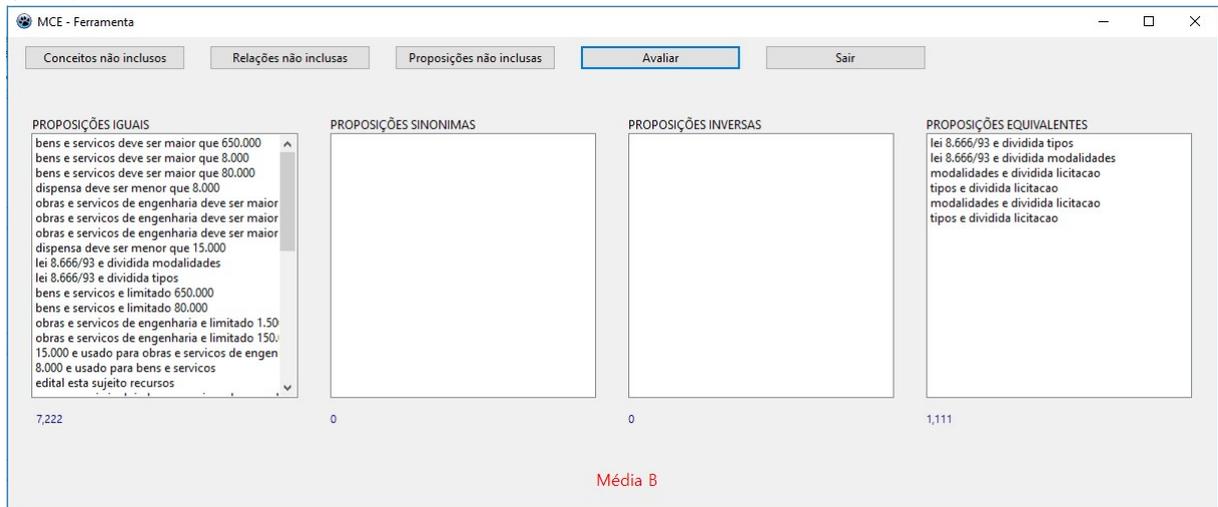
Figura 48 - 1ª Avaliação – MCE licitação G1 SEM estratificação e COM os Arquivos – S.I.E.



Fonte: aluno G2

A avaliação acima (Figura 48) representa o conhecimento do aluno G2 no Mapa Conceitual Estratificado, com a inserção dos arquivos de relações sinônimas, relações inversas e conceitos equivalentes.

Figura 49 - 1ª Avaliação –MCE licitação G1 COM estratificação e COM os Arquivos – S.I.E.



Fonte: aluno G2

A avaliação acima (Figura 49), representada no MCE, reflete a avaliação qualitativa da estrutura cognitiva do aluno G2, com a estratificação (pesos dos conceitos e características das relações), bem como o uso dos arquivos de sinônimos, inversos e equivalentes, demonstrando o resultado obtido com o mecanismo de avaliação do modelo.

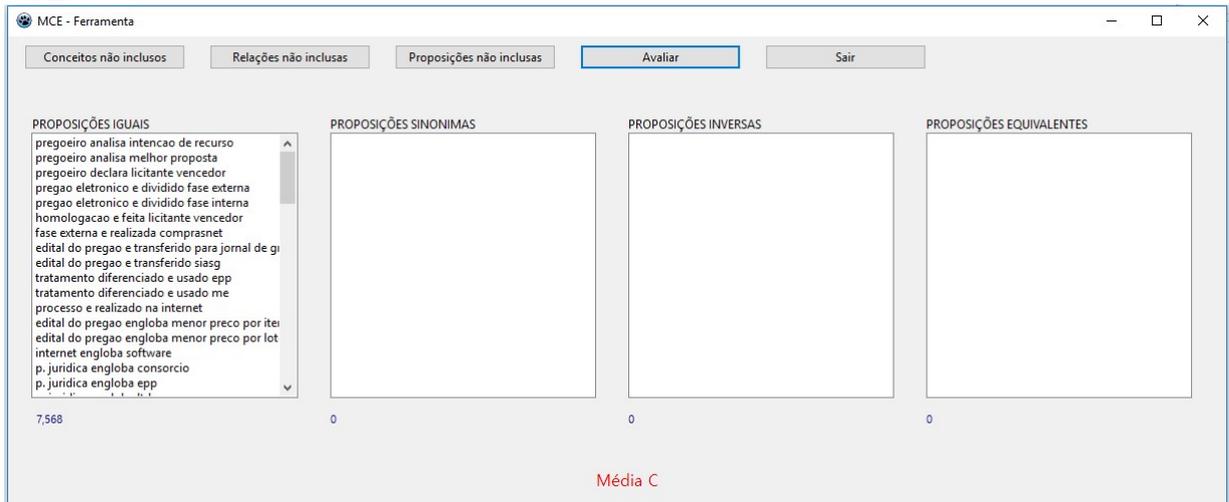
5.3 - Segunda Avaliação (Lei 10.520/02)

Como solicitado na primeira avaliação, nessa segunda, seguiu-se com o mesmo procedimento, sendo elaborados mapas sobre o conteúdo do Pregão em sua forma Eletrônica. Abaixo estão os mapas do especialista e dos alunos do grupo G1 e G2.

Figura 50 - 2ª Avaliação – MC PE do especialista

O mapa acima (Figura 51) representa o conhecimento do aluno G1 sobre o conteúdo exigido, segundo o modelo tradicional. Abaixo (Figura 52) é exibido o valor deste mapa ao ser submetido à ferramenta de avaliação qualitativa, sem estratificação requerida pelo MCE e sem os arquivos de sinônimos, inversos e equivalentes.

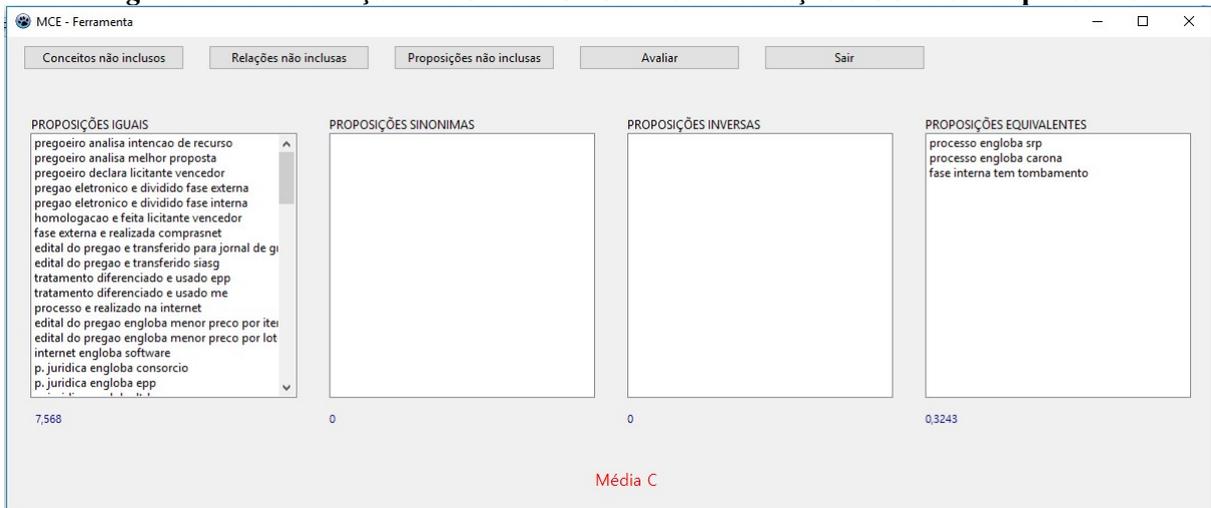
Figura 52 - 2ª Avaliação – MCE PE G1 SEM estratificação MCE e SEM os Arquivos – S.I.E.



Fonte: aluno G1

O mapa acima (Figura 52) mostra o conhecimento idiossincrático do aluno G1 sobre Pregão Eletrônico no Mapa Conceitual Estratificado, para critério de análise e submissão do conhecimento do aluno no modelo de Novak sem estratificação.

Figura 53 - 2ª Avaliação – MCE PE G1 SEM estratificação e COM os Arquivos – S.I.E.



Fonte: aluno G1

O mapa acima (Figura 53) mostra o resultado da 2ª avaliação do aluno do grupo G2, não considerando as estratificações, somente os arquivos que compõem o mecanismo de avaliação qualitativa do modelo proposto.

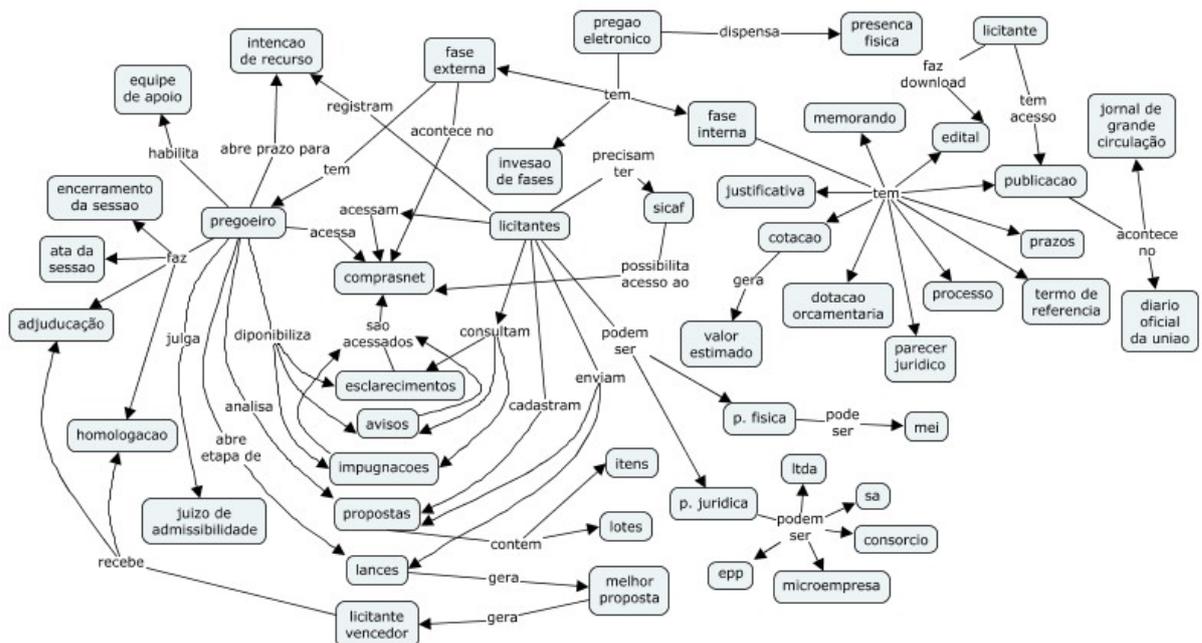
Figura 54 - 2ª Avaliação – MCE PE G1 COM estratificação e COM os Arquivos – S.I.E.



Fonte: aluno G1

Avaliação Final do MCE do aluno G1 (Figura 54), com todas as estratificações, ou seja, inserção de pesos aos conceitos e de características as relações, dando maior precisão a informação contida nas proposições, além dos Arquivos – S.I.E., os resultados obtidos, serão expostos no final (Quadro 8).

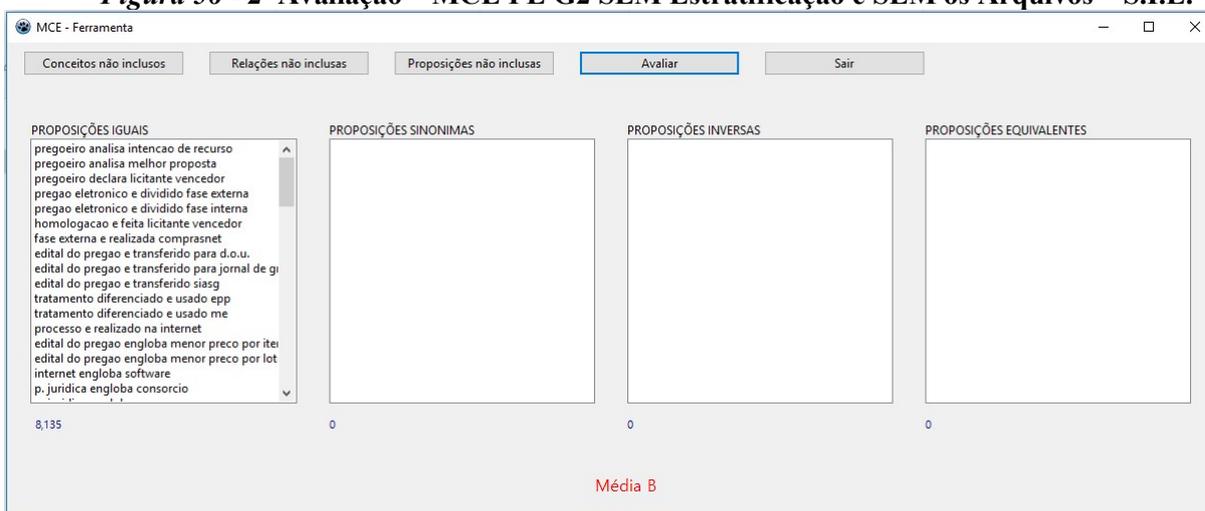
Figura 55 - 2ª Avaliação – MC PE G2



Fonte: aluno G2

O Mapa Conceitual acima (Figura 55) representa o conhecimento do aluno G2, sobre o conteúdo Pregão Eletrônico importado para o modelo tradicional e reorganizado manualmente, segundo as proposições construídas no Mapa Conceitual Estratificado.

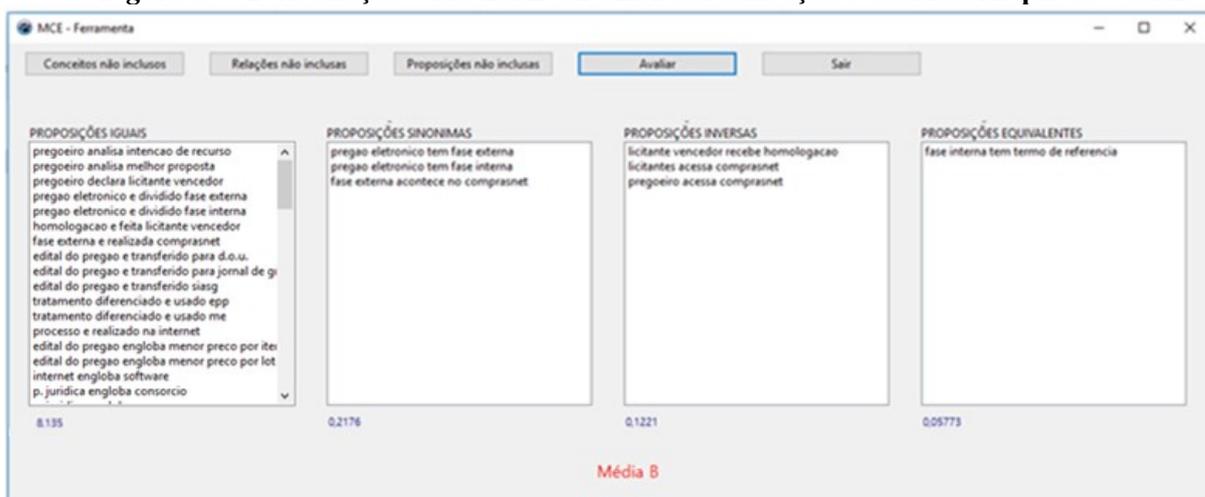
Figura 56 - 2ª Avaliação – MCE PE G2 SEM Estratificação e SEM os Arquivos – S.I.E.



Fonte: aluno G2

O mapa acima (Figura 56) representa a avaliação no modelo proposto, porém sem estratificação e abaixo (Figura 57), o conceito obtido pelo mesmo aluno com a estratificação.

Figura 57 - 2ª Avaliação – MCE PE G2 SEM estratificação e COM os Arquivos – S.I.E.

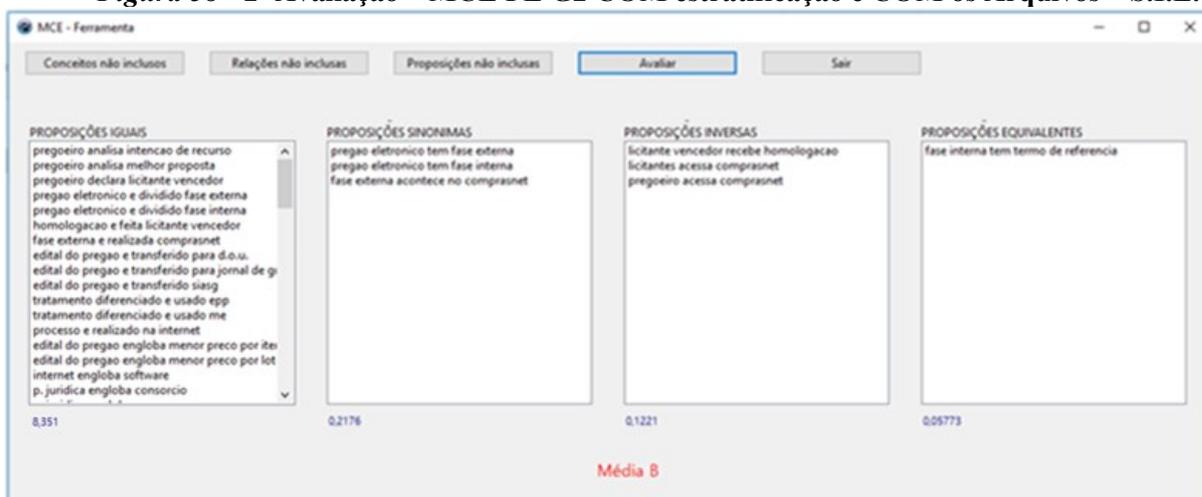


Fonte: aluno G2

Nesta avaliação acima (Figura 57) foram utilizados os arquivos de sinônimos, inversos e equivalentes, sem estratificação dos conceitos e das relações, uma vez que o modelo

reconhece estes arquivos, como parte do aprendizado do aluno. Abaixo (Figura 58), esta o último mapa da 2ª avaliação.

Figura 58 - 2ª Avaliação – MCE PE G2 COM estratificação e COM os Arquivos – S.I.E.



Fonte: aluno G2

Nota-se que durante todo o processo de aprendizagem ao quais os alunos foram submetidos, houve ganho cognitivo, sendo demonstrado nos modelos acima, ratificando o que preconiza a teoria ausubeliana, com o uso dos mapas como instrumento impulsionador da aprendizagem significativa. Abaixo (Quadro 8) estão os resultados da pesquisa, subdivididos em três experimentos para cada avaliação.

Quadro 8 - Avaliações (Licitação e Pregão Eletrônico) e resultados

1ª AVALIAÇÃO	MC	MISTO (MC/ MCE)	MCE
	S/ ESTRATIFICAÇÃO S/ OS ARQUIVOS	S/ ESTRATIFICAÇÃO C/ ARQUIVOS	C/ ESTRATIFICAÇÃO C/ ARQUIVOS
G1	D = 4,0510	D = 5,5703	B = 8,9577
G2	C = 7,0370	B = 8,1480	B = 8,3330
2ª AVALIAÇÃO	MC	MISTO (MC/ MCE)	MCE
	S/ ESTRATIFICAÇÃO S/ OS ARQUIVOS	S/ ESTRATIFICAÇÃO C/ ARQUIVOS	C/ ESTRATIFICAÇÃO C/ ARQUIVOS
G1	C = 7,5680	C = 7,8923	B = 8,1023
G2	B = 8,1350	B = 8,5324	B = 8,7484

Fonte: elaborado pelo autor

O quadro acima representa a evolução cognitiva dos alunos durante todo o processo de aprendizagem, no curso de extensão sobre licitação. Apesar do pouco tempo e do volume de conhecimentos trocados e estimulados com a técnica de *brainstorming*, a pouca intervenção do especialista no último encontro, surpreendeu pela profundidade das ideias (conceitos) apresentadas, demonstrando que o desnivelamento entre alunos, em um ambiente de

aprendizagem colaborativa, acelera o desequilíbrio mental, forçando sua reestruturação (equilíbrio), através da zona proximal de desenvolvimento (ZPD).

Os valores obtidos estão demonstrados nos gráficos abaixo, conforme a metodologia aplicada, na qual consiste para a mesma avaliação, três experimentos (análises) consecutivos a saber:

- 1) Somente Novak, sem estratificação e sem os arquivos de S.I.E.
- 2) Misto Novak e MCE, sem estratificação e com os arquivos de S.I.E.
- 3) MCE, com estratificação e com os arquivos de S.I.E.

Dentre os resultados obtidos na primeira avaliação do aluno do grupo G1, tem-se o seguinte (quadro) resultados:

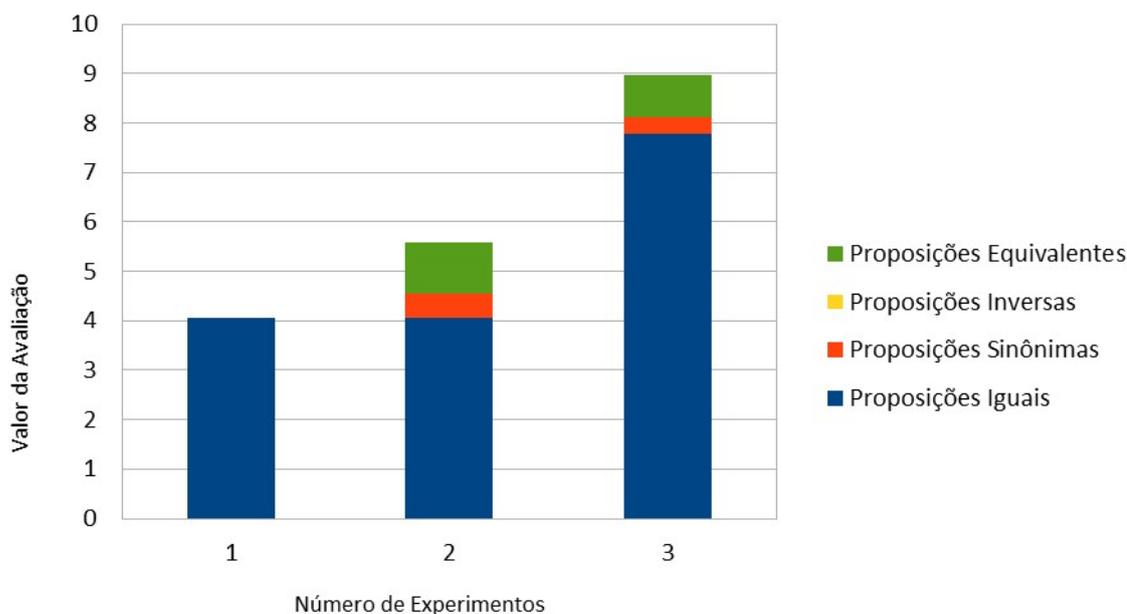
Quadro 9 - 1ª avaliação licitação G1 MC – MISTO - MCE

	MC 1º experimento Sem estratificação Sem arquivos	MISTO 2º experimento Sem estratificação Com arquivos	MCE 3º experimento Com estratificação Com arquivos
Proposições Iguais	4,051	4,051	7,778
Proposições Sinônimas	0	0,5063	0,347
Proposições Inversas	0	0	0
Proposições Equivalentes	0	1,013	0,8327
Total	4,051	5,5703	8,9577

Fonte: elaborado pelo autor

Para os resultados acima, temos os seguintes gráficos:

Gráfico 1 - MC da 1ª avaliação licitação do aluno G1 MC – MISTO - MCE



Fonte: elaborado pelo autor

O gráfico acima (Gráfico 1) evidencia a evolução cognitiva do aluno, quando submetido ao processo de aprendizagem significativa, combinando os dois modelos, ou seja, o MCE pode melhorar o uso que fazemos do modelo tradicional, ampliando sua utilização com uma avaliação qualitativa, da evolução e qualidade do conhecimento aprendido.

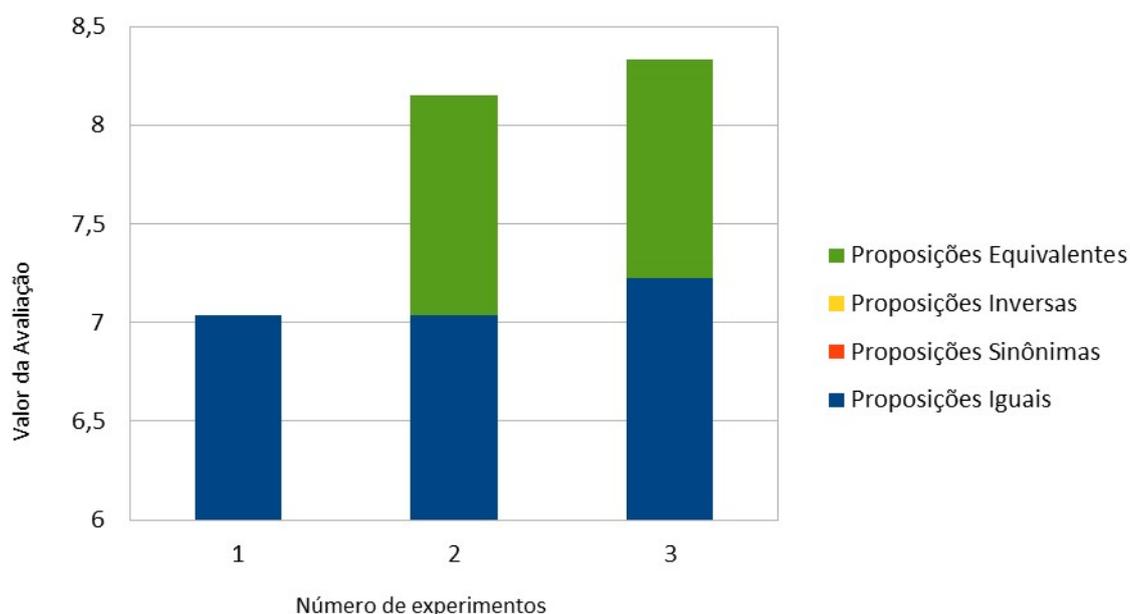
Quadro 10 - 1ª avaliação licitação G2 MC – MISTO - MCE

	MC 1º experimento Sem estratificação Sem arquivos	MISTO 2º experimento Sem estratificação Com arquivos	MCE 3º experimento Com estratificação Com arquivos
Proposições Iguais	7,037	7,037	7,222
Proposições Sinônimas	0	0	0
Proposições Inversas	0	0	0
Proposições Equivalentes	0	1,111	1,111
Total	7,037	8,148	8,333

Fonte: elaborado pelo autor

Para os resultados obtidos na primeira avaliação do aluno do grupo G2, sobre licitação têm-se os seguintes resultados (gráfico 2):

Gráfico 2 - MC da 1ª avaliação licitação do aluno G2 MC – MISTO - MCE



Fonte: elaborado pelo autor

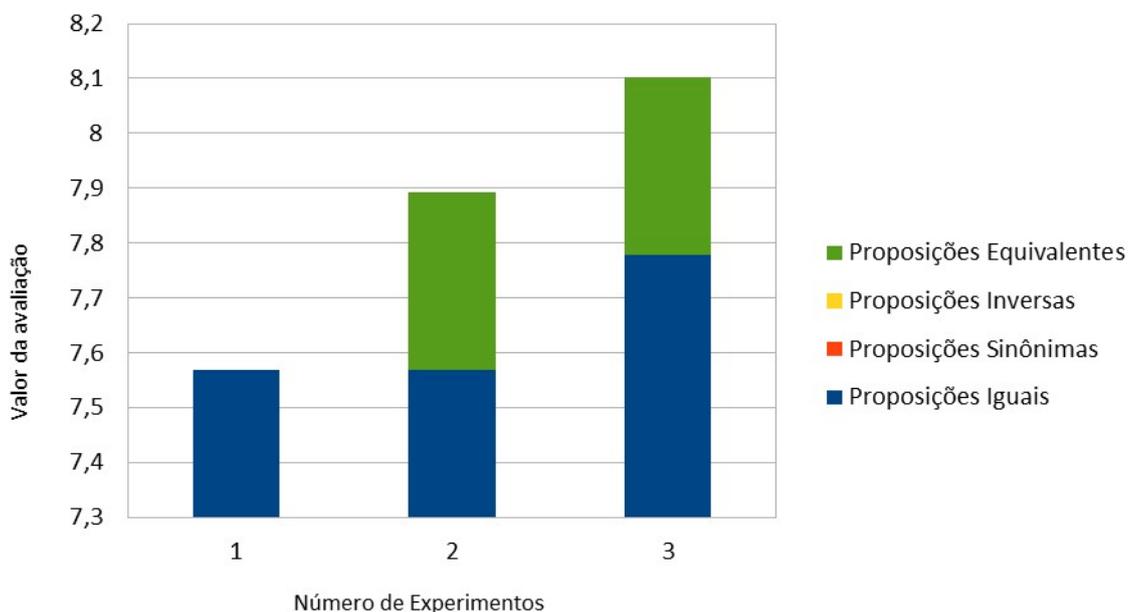
O gráfico (Gráfico 2) evidencia com destaque o numero de proposições equivalentes e iguais presentes na avaliação, demonstrando que os Arquivos – S.I.E., quando acionados melhoram o conhecimento demonstrado pelo aluno e conseqüentemente seu.

Quadro 11 - 2ª avaliação PE G1 MC – MISTO - MCE

	MC 1º experimento Sem estratificação Sem arquivos	MISTO 2º experimento Sem estratificação Com arquivos	MCE 3º experimento Com estratificação Com arquivos
Proposições Iguais	7,568	7,568	7,778
Proposições Sinônimas	0	0	0
Proposições Inversas	0	0	0
Proposições Equivalentes	0	0,3243	0,3243
Total	7,568	7,8923	8,1023

Fonte: elaborado pelo autor

Para os resultados obtidos na segunda avaliação do aluno G1, sobre Pregão Eletrônico têm-se os seguintes resultados (gráfico 3), nota-se que mesmo com a inclusão dos Arquivos de S.I.E., nesta avaliação o aluno não teve a ocorrência de proposições sinônimas e inversas. Somente proposições equivalentes, fato este que contribui para um melhor aproveitamento dos conceitos mapeados.

Gráfico 3 - MC da 2ª avaliação PE do aluno G1 MC – MISTO - MCE

Fonte: elaborado pelo autor

O gráfico acima (Gráfico 3) evidencia a evolução cognitiva do aluno, quando submetido ao processo de aprendizagem significativa, combinando os dois modelos.

Quadro 12 - 2ª avaliação PE G2 MC – MISTO - MCE

	MC	MISTO	MCE
--	----	-------	-----

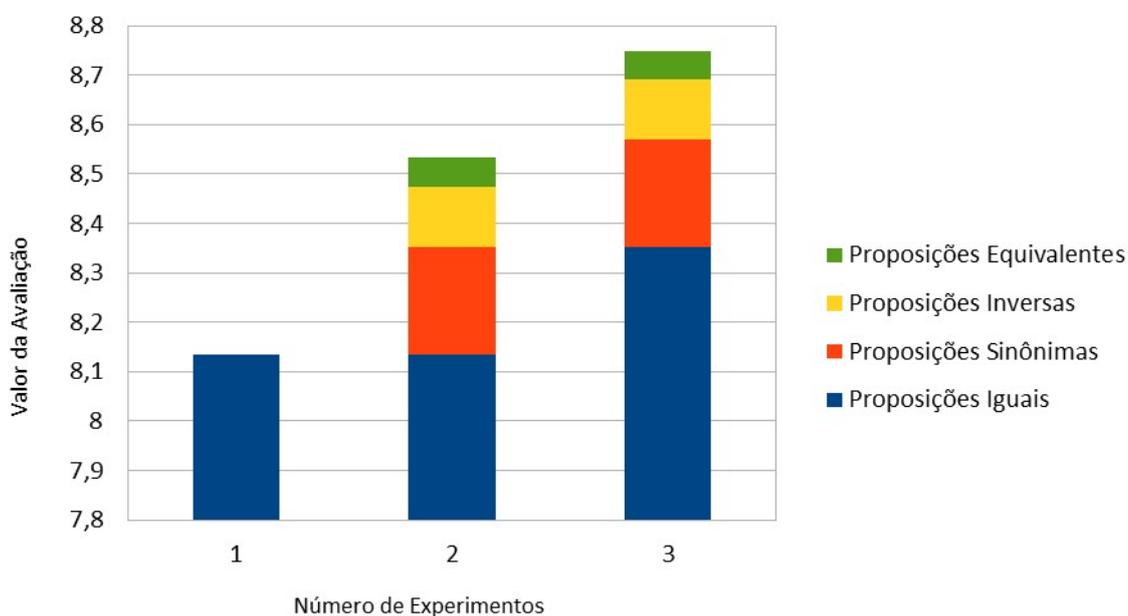
	1º experimento Sem estratificação Sem arquivos	2º experimento Sem estratificação Com arquivos	3º experimento Com estratificação Com arquivos
Proposições Iguais	8,135	8,135	8,351
Proposições Sinônimas	0	0,2176	0,2176
Proposições Inversas	0	0,1221	0,1221
Proposições Equivalentes	0	0,05773	0,05773
Total	8,135	8,53243	8,74843

Fonte: elaborado pelo autor

Segundo Moreira (2010), a aprendizagem significativa não é imutável e sempre esta se alterando com o passar dos tempos, da interação com os objetos de estudo e com o meio em que o aluno esta inserido. O Quadro 12, acima demonstra bem essa evolução da aprendizagem significativa, que irá se alargar pelos outros ciclos da vida do aluno e cidadão, capaz de gerar seu próprio desenvolvimento.

O gráfico 4 abaixo, representa não só a evolução da estrutura cognitiva do aluno, como também a qualidade dos novos conhecimentos adquiridos.

Gráfico 4 - MC da 2ª avaliação PE do aluno G1 MC – MISTO - MCE



Fonte: elaborado pelo autor

Percebe-se que nessa avaliação o aluno do grupo G2, fez jus a todos os recursos disponíveis do modelo proposto, considerado o melhor conceito (nota) obtido na combinação entre o modelo tradicional e o proposto.

No próximo capítulo será enfatizado o progresso da pesquisa com o uso de mapas na

avaliação qualitativa do desenvolvimento cognitivo humano, bem como os trabalhos futuros de pesquisa, para o aperfeiçoamento do modelo proposto, com a inserção de três novos componentes de análise sobre o título dessa dissertação.

6 - CONCLUSÃO

6.1 - Considerações sobre o trabalho realizado

A investigação obtida com essa pesquisa comprovou que o MCE, pode auxiliar a aprendizagem significativa dos alunos combinado com o modelo de Novak, aspectos importantes da análise foram percebidos durante o desenvolvimento da pesquisa, como o reexame das proposições por meio da leitura isolada em formato de texto, serviu para identificação das proposições falsas, confusas, sem sentido, com problemas de clareza, ou seja, aquelas que não possuíam uma mensagem precisa, que precisavam de um ajuste no termo de ligação tornando a informação mais clara.

O aluno deveria ler cada proposição isolada do MC e responder à seguinte pergunta: é possível entender a informação contida na proposição? Da simples resposta (sim ou não) o próprio aluno era capaz de auto corrigir-se, reorganizando seu mapa, algumas vezes com a inserção de novos conceitos, outras pela alteração das relações (termo de ligação), gerando uma estabilidade maior do conhecimento exigido.

O resultado obtido com a evolução da capacidade cognitiva dos alunos em relação ao módulo, que orientou tanto a elaboração, quanto o desenvolvimento da pesquisa, comprovou as premissas da teoria ausubeliana, em que a aprendizagem significativa é fruto de um processo contínuo, pessoal, dinâmico, de interação entre a nova informação e o conhecimento prévio.

O principal diferencial do MCE é seu mecanismo de elaboração e representação, através da inserção de elementos no momento do mapeamento, sendo possível perceber como o aluno estratifica seus conhecimentos, demonstrando desde o início seu conhecimento prévio e os conhecimentos alcançados durante o processo de aprendizagem ao qual ele foi submetido.

O objetivo dessa pesquisa foi propor um modelo capaz de ampliar o uso que se faz do modelo tradicional, permitindo representar a evolução dos conhecimentos em função do interesse do autor, através da classificação dos conceitos e das características das relações que unem estes conceitos, auxiliando o professor no uso de mapas conceituais como instrumento didático, instrumento de aprendizagem significativa e meio de avaliação.

A estratificação dos conceitos permite uma leitura mais refinada dos conceitos presentes no mapa, por chamar a atenção do leitor para o foco registrado no mapa, representado pela estratificação dos conhecimentos. Isso permitirá também uma análise do processo de aquisição de conhecimento do autor do mapa conceitual estratificado, através da organização e das relações estabelecidas entre os conceitos da mesma classe e de classes diferentes. Já a

caracterização das relações presentes no mapa serve para que o leitor possa identificar conhecimentos que estão representados no mapa de forma implícita. Com isso o poder de expressividade deste mapa é maior do que o modelo tradicional.

Uma ferramenta computacional foi implementada para automatizar o processo de avaliação qualitativa de mapas conceituais, seguindo a especificação da avaliação presente no modelo do Mapa Conceitual Estratificado. Após o uso desta ferramenta em dois grupos de alunos, perceberam-se quatro vantagens na adoção do Mapa Conceitual:

- permite avaliar qualitativamente os conhecimentos presentes na estrutura cognitiva do aluno.
- chama atenção do aluno tanto para os conceitos que são relevantes para o conteúdo programático trabalhado pelo professor, como para as relações que deve usar como ligação entre dois conceitos, isso faz com que o aluno faça sempre uso de precisão em suas proposições.
- ao exportar do MCE para o modelo tradicional, percebeu-se uma maior estabilidade do autor do mapa, através do processo de recombinação integrativa, visto que o aluno quase não faz uso da duplicidade de conceitos, melhorando a precisão da informação gerada pelo uso devido das relações, já constituídas.
- dependendo do entendimento do professor com relação às proposições presentes no mapa de seus alunos o professor pode incluir relações sinônimas e inversas, bem como conceitos equivalentes com a intenção de aproveitar o maior número possível de proposições válidas, presentes no mapa conceitual estratificado sem pautar-se nas métricas de simples contagem.

6.2 - Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros, pretende-se aprofundar os estudos relacionados com aprendizagem significativa e ao auxílio do ensino por ferramentas computacionais; minimizar problemas de interação entre alunos/professores e alunos/ferramentas educacionais; adicionar três módulos, que trabalham a inferência dos significados registrados no mapa do aluno, através da indução, abdução e dedução; desenvolvimento de um avaliador gráfico para o Mapa Conceitual Estratificado.

Como contribuição desta pesquisa foi ressaltada a necessidade de se criar uma metodologia de avaliação qualitativa contínua, objetiva e bem delimitada, capaz de auxiliar o

professor a identificar os conhecimentos a serem usados como ponto de partida para o processo de ensino e aprendizagem de um grupo de alunos, a partir da identificação dos elementos da estrutura cognitiva atual dos alunos sobre os conceitos básicos para um determinado assunto, bem como torná-lo autônomo para gerir e aferir seu próprio conhecimento, responsabilizando e protagonizando seu processo de aprendizagem como preconizado pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

7.0 - REFERENCIAIS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDERSSON, B. (1986). The experimental gestalt of causation: a common core to pupils preconceptions in science. *European Journal of Science Education*, v.8, p.155-171.
2. AUSUBEL D. P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge a cognitive view*.
3. AUSUBEL, D. P; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. (1980) *Psicologia educacional*. Tradução de Eva Nick et al. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interamericana. Tradução de: *Educational Psychology*. FARIA, W. (1995). *Mapas conceituais, aplicações ao ensino, currículo e avaliação*. São Paulo: EPU.
4. AUSUBEL, D.P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York, Holt, Rinehart and Winston.
5. AUSUBEL, D.P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução do original *The acquisition and retention of knowledge* (2000).
6. ARAÚJO, L. P. de (2014). *APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: MAPAS CONCEITUAIS*. Dissertação de Mestrado em Educação pela Universidade Cidade de SãoPaulo/UNICID.
7. BARTELS, B.J. (1995). *Examining and promoting mathematical connections with concept mapping*. Doctoral these. University of Illinois at Urban-Champaign, Illinois.
8. BEYERBACH, B. A.; SMITH, J. M. (1990). Using a computerized concept mapping program to assess preservice teachers' thinking about effective teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 27, n. 10, p. 961-971.
9. BROADFOOT, P., OSBORN, M., GILLY, M., & PAILLET, A. (1987). Teachers' conceptions of their professional responsibility: some international comparisons. *Comparative education*, 23(3), 287-301.
10. BUCHWEITZ, B. (1984) *Mapas conceituais como instrumentos para planejamento e análise de currículo*. *Melhoria do Ensino*, nP 25.
11. CICUTO, C. A. T.; CORREIA, P. R. M. (2011). Use of concept maps to follow up the effect of discussing atmosphere dynamics with satellite images. *Proceedings of the 14th Biennial Conference Earli 2011, Exeter."Education for a Global Networked Society"*.
12. CICUTO, C. A. T.; CORREIA, P. R. M. (2013). *Estruturas hierárquicas inapropriadas ou limitadas em mapas Conceituais: um ponto de partida para promover a aprendizagem*

significativa. *Aprendizagem Significativa em Revista*, vol. 3, n.1, p. 1-11.

13. COLLINS, Allan. (2004). *Cognitive apprenticeship*. p. 46 – 59.

14. CORREIA, P. R. M. (2012). The use of concept maps for knowledge management: from classrooms to research labs. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 402(6), 1979-1986.

15. CORREIA, P. R. M.; INFANTE-MALACHIAS, M. E.; GODOY, C. E. C. (2008). From theory to practice: the foundations for training students to make collaborative concept maps. In: A. J. CAÑAS; J. D. NOVAK; REISKA, P.; AHLBERG, M. K. (Ed.). *Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping*. Tallin, Estonia; Helsinki, Finlândia: OÜ Vali Press.

16. CRONIN, P.J., DEKKERS, J. & DUNN, J.G. (1982). A procedure for using and evaluating concept maps. *Research in Science Education*, 12, 17-24.

17. CUNHA, D. S. (2013). Mapas conceituais: uma metodologia inovadora para introduzir conceitos matemáticos no ensino médio. *Revista Brasileira de Educação e Saúde*, 1(1), 19-26.

18. DE MENEZES, Crediné Silva et al. (2002). Educação a distância no Ensino Superior– Uma proposta baseada em Comunidades de Aprendizagem usando Ambientes Telemáticos. In: *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*.p. 168-177.

19. DRIVER, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science" - *International Journal of Science Education*, Vol.11., pp.481-490.

20. DRIVER, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11(5): 481-490.

21. EKLUND J, SAWERS J e ZEILIGER R (1999). NESTOR Navigator: A tool for the collaborative construction of knowledge through constructive navigation. <http://ausweb.scu.edu.au/aw99/papers/eklund2/> In R. Debreceny & A. Ellis (eds.) *proceedings of Ausweb99, The Fifth Australian World Wide Web Conference*. Southern Cross University Press, Lismore. p. 396-408.

22. GIL, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas.

23. GILBERT, J. K. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, v. 66, p. 623-633.

24. GIL-PEREZ, D. (1986). *La Metodologia Científica y la Enseñanza de las Ciencias*. Unas

Relaciones Controvertidas. Enseñanza de Las Ciencias, 4(2), p.111-121.

25. Kinchin, I. M., Hay, D. B., & Adams, A. (2000). How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. *Educational Research*, 42(1), 43-57.
26. LINKE, R. D.; VENZ, M. I. (1979). Misconceptions in physical science among non-science background students. *Science Education*, v.9, p.103-109.
27. MACLANE, S. (1971). *Categories for the working mathematician*. Springer-Verlag.
28. MAFFRA, S. M. (2011). *Mapas Conceituais Como Recurso Facilitador Da Aprendizagem Significativa – Uma Abordagem Prática*. 129f. (dissertação). Programa de Pós-graduação Stricto Sensu, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Campus Nilópolis.
29. MAYER, R. E. (2002). Rote versus meaningful learning. *Theory into Practice*, vol. 41, n.4, p. 226-232.
30. MCMURRAY, J. (2014). Rubric for assessing concept maps. University of Waterloo, California. Disponível em: <https://uwaterloo.ca/centre-for-teaching-excellence/teaching-resources/teaching-tips/assessing-studentwork/grading-and-feedback/rubric-assessing-concept-maps>. Acessado em: 02/04/2015.
31. MIRANDA, H. S.; OLIVEIRA, F. L. (2011). Protótipo de um módulo de brainstorm baseado em mapas conceituais para uma rede social educacional Web. In: *Anais do XIII Encontro de Computação e Informática do Tocantins*, Palmas.
32. MOON, B., HOFFMAN, R. R., NOVAK, J. D., & CAÑAS, A. J. (2011). *Applied Concept Mapping: Capturing, Analyzing, and Organizing knowledge*, CRC Press, Boca Raton.
33. MOREIRA, M. A. (2011). *Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Editora Livraria da Física.
34. MOREIRA, M.A. (1999). *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB.
35. MOREIRA, M.A. (2006). *Mapas conceituais e diagramas V*. Porto Alegre: Ed. do Autor.
36. MOREIRA, M.A. (2010). *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. São Paulo: Centauro Editora.
37. MOREIRA, M.A. (2012). Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa. *Revista Chilena de Educación Científica*, ISSN 0717-9618, Vol. 7, No. 2, 2008, pp. 23-30.
38. MOREIRA, M.A.; BUCHWEITZ, B.; et al. (1993). Alunos bons solucionadores de problemas de Física: caracterização a partir da análise de testes de associação de conceitos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. Sao Paulo. Vol. 15, n. 1/4 (1993), p. 52-60.

39. MUELLER, E.T. (2007). ThoughtTreasure: A natural language/commonsense platform. Disponível em: <<http://www.signiform.com/tt/htm/overview.htm>>. Acessado em 04/02/2015.
40. NOVAK, J. D. (1990). Concept mapping: A useful tool for science education, *Journal of Research in Science Teaching*, v. 27, n. 10, p. 937-949.
41. NOVAK, J. D. (2002). Meaningful learning: the essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science Education*, v. 86, n. 4, p. 548-571.
42. NOVAK, J. D. (2010). *Learning, creating, and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations*, NY: Routledge.
43. NOVAK, J. D., & GOWIN, D. B. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.
44. NOVAK, J. D., GOWIN, D. B., & VALADARES, C. (1996). *Aprender a aprender*.
45. NOVAK, J. (1977). *Theory of education*. Ithaca: Cornell University Press.
46. NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. (2006). The Origins of the Concept Mapping Tool and the Continuing Evolution of the Tool. *Information Visualization Journal*, v. 5, n. 3, p. 175-184.
47. NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. (2008). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them*. Technical Report IHMC 2006-01 Rev 01-2008. Pensacola, FL: Institute for Human and Machine Cognition.
48. NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. (2010). The Universality and Ubiquitousness of concept maps. In: *Proceedings of the 4nd International Conference on Concept Mapping*, Viña del Mar, Chile.
49. NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. (1988). *Aprendendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
50. NOVAK, J. D.; MUSONDA, D. A. (1991). Twelve-year longitudinal study of science concept learning. *American Educational Research Journal*, v. 28, n. 1, p. 117-153.
51. NUNES, J. S. (2011). O uso pedagógico dos Mapas Conceituais no contexto das novas tecnologias. Portal de Educação e Tecnologia, from <http://www.educacaoetecnologia.org.br/?p=5328>.
52. OSBORN, A. (1987). *O poder criador da mente*. São Paulo: Ibrasa.
53. Pereira, I. S. (2007). A vontade de sentido na obra de Viktor Frankl. *Psicologia USP*, 18(1), 125-136.
54. PEREIRA, Xosé. (2007). *Arquitectura de la Información. Ingeniería del periodismo*. in: URETA, Ainara Larrondo; TELLERÍA, Ana Serrano (eds.). *Diseño periodístico en internet*. Leioa: Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco. pp: 193-206.

55. PÉREZ, C. C. C., & VIEIRA, R. (2005). Mapas Conceituais: geração e avaliação. In Anais do III Workshop em Tecnologia da Informação e da Linguagem Humana (TIL'2005) (pp. 2158-2167).
56. POZO, J. I. (1998). A aprendizagem e o ensino de fatos e conceitos. In: COLL, C. et al. Os conteúdos na reforma. Porto Alegre: Artes médicas. p. 17-71.
57. PREECE, P. F. W. (1976). Mapping Cognitive Structure: A Comparison of Methods". *Journal of Education Psychology*, Vol.68, N. 1., pp.1-8.
58. ROCHA, F. E. L. da.; COSTA JÚNIOR, J. V.; FAVERO, E. L. (2014). Como usar ontologias na avaliação da aprendizagem significativa mediada por mapas conceituais. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 13, n. 2, p. 53-64, 2005. Disponível em:<http://ceie-sbc.educacao.ws/pub/index.php/rbie/article/view/2263/2025>. Acesso em 05/01/2015.
59. ROMANO JR, J. G.; CORREIA, P. R. M. (2010). A taxonomic scheme for propositional analysis. In: Proc. Fourth Int'l Conference on Concept Mapping. Viña del Mar, Chile.
60. ROSA, M. A. et. Al. Moreira e B. Buchweitz. (1993). Alunos bons solucionadores de problemas de física: Caracterização a partir da análise de testes de associação de conceitos". *Rev. Bras. de Ens. de Física*, Vol. 15, Nos. 1-4., pp. 52-60.
61. SAFAYENI, F., DERBENTSEVA, N., & CAÑAS, A. J.. A theoretical note on concepts and the need for cyclic concept maps. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 741-766. concept maps. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 741-766, 2005.
62. SANTOS, M. E. V. M. (1998). Mudança conceitual na sala de aula: um desafio epistemologicamente fundamentado. Lisboa: Livros Horizonte, p.262.
63. SILVA JR, S. N.; ROMANO JR, J. G., & CORREIA, P. R. M. (2010). Structural analysis of Cmaps to evaluate students' proficiency as mappers. In: Proc. Fourth Int'l Conference on Concept Mapping. Viña del Mar, Chile.
64. TABER, K.S. (1994). Student reaction on being introduced to concept mapping". *Physics Education*, Vol. 29., pp.276-281.
65. VALADARES, J. e MOREIRA, M.A. (2009). A teoria da aprendizagem significativa: sua fundamentação e implementação. Coimbra: Edições Almedina.
66. VISSER, J., & VISSER-VALFREY, M. (Eds.). (2008). Learners in a changing learning

landscape: Reflections from a dialogue on new roles and expectations (Vol. 12). Springer Science & Business Media.

67. VYGOTSKY, L. S. (1998). *Pensamento e linguagem*. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes.

68. WANDERSEE, J. (1990). Concept mapping and the cartography of cognition, *Journal of Research in Science Teaching*, v. 27, n. 10, p. 923-936.