UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE FÍSICA

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

INSTITUTO DE QUÍMICA

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

JOÃO MARCELO DOS SANTOS XAVIER

Influência da utilização de um conceito obrigatório quantificado
sobre a rede proposicional do mapa conceitual

São Paulo

2015

JOÃO MARCELO DOS SANTOS XAVIER

**Influência da utilização de um conceito obrigatório quantificado
sobre a rede proposicional do mapa conceitual**

Dissertação apresentada ao
Instituto de Física, à Faculdade de
Educação, ao Instituto de Química
e ao Instituto de Biociências, como
parte dos requisitos necessários
para obtenção do título de Mestre
em Ciências

Área de concentração: Ensino de
Biologia

Orientador: Prof. Dr. Paulo Rogério
Miranda Correia

São Paulo

2015

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Xavier, João Marcelo dos Santos

Influência da utilização de um conceito obrigatório
quantificado sobre a rede proposicional do mapa conceitual.
São Paulo, 2015.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.
Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química
e Instituto de Biociências.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Rogério Miranda Correia

Área de Concentração: Ensino de Biologia.

Unitermos: 1. Biologia – Estudo e ensino; 2. Avaliação da
aprendizagem; 3. Ensino e aprendizagem; 4. Ensino superior;
5. Mapas conceituais; 6. Planejamento pedagógico.

USP/IF/SBI-074/2015

Nome: Xavier, João Marcelo dos Santos

Título: Influência da utilização de um conceito obrigatório quantificado sobre a rede proposicional do mapa conceitual

Dissertação apresentada ao Instituto de Física, à Faculdade de Educação, ao Instituto de Química e ao Instituto de Biociências, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências

Área de concentração: Ensino de Biologia

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. Paulo Rogério Miranda Correia

Instituição: Universidade de São Paulo Assinatura:_____

Prof. Dr. Flavio Antonio Maximiano

Instituição: Universidade de São Paulo Assinatura:_____

Profa. Dra. Jandira Líria Biscalquini Talamoni

Instituição: Universidade Estadual Paulista Assinatura:_____

À minha esposa Jenifer, com todo o amor, pelo incentivo, apoio e paciência ao longo dessa jornada e sempre.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe e ao meu pai, pela vida, pelo incentivo e pelo primeiro contato com a educação.

À minha esposa, pelo incentivo e pela paciência.

À tia Marcia e ao Eduardo, pela acolhida durante o período de estudos em São Paulo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Rogério Miranda Correia, pelos ensinamentos, orientações e por acreditar no meu trabalho.

Ao Anderson Viana, pela colaboração na realização e discussões das análises da natureza das proposições e de aderência à pergunta focal.

À Joana Aguiar, pela colaboração no tratamento estatístico e na discussão dos resultados.

Aos integrantes e ex-integrantes do Grupo de Pesquisa Mapas Conceituais (Adriano, Aline, Alisson, Anderson, Camila, Elaine, Gisele, Giuliana, Ivan, Joana, Jones, José, Luana, Rafael, Ronise, Suzéte e Thalita), pelas colaborações, contribuições e discussões que foram fundamentais para minha formação.

Aos membros das bancas de qualificação e de defesa da dissertação, pelas contribuições.

Aos alunos, aos professores e a equipe gestora da Escola Estadual “Bairro Cubatão” de Cananéia, pelo incentivo e pela compreensão.

À Secretaria de Estado da Educação de São Paulo, pela bolsa de estudos concedida.

Sem a curiosidade que me move, que me inquieta, que me insere na busca, não aprendo nem ensino.

Paulo Freire

RESUMO

Xavier, J. M. S. (2015). *Influência da utilização de um conceito obrigatório quantificado sobre a rede proposicional do mapa conceitual*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física, Faculdade de Educação, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Os mapas conceituais são recursos pedagógicos utilizados como forma de representar graficamente parte do conhecimento, armazenado na memória de longo prazo dos alunos. As proposições são as unidades básicas constituintes dos mapas conceituais e podem apresentar natureza estática ou dinâmica. Os mapas conceituais por sua natureza levam ao estabelecimento de proposições estáticas. Uma representação adequada do conhecimento pressupõe o estabelecimento dos dois tipos de proposições. A presente pesquisa teve como objetivo avaliar a influência da utilização de um conceito obrigatório quantificado, na rede proposicional dos mapas conceituais produzidos pelos alunos em duas condições: (1) conceito obrigatório fixo (utilizado como conceito inicial de leitura do mapa conceitual) e (2) conceito obrigatório móvel (utilizado em uma posição escolhida pelo estudante). Os mapas conceituais elaborados foram avaliados com base nas análises (1) da natureza das proposições; (2) da localização do conceito obrigatório quantificado na condição conceito obrigatório quantificado móvel; (3) da estrutura e da natureza das proposições estabelecidas com a utilização do conceito obrigatório quantificado e (4) da rede proposicional quanto à aderência à pergunta focal. Os resultados obtidos a partir dessas análises demonstraram que: (1) os padrões de mapas conceituais elaborados nas duas condições são semelhantes quanto a natureza das proposições; (2) uma grande parcela dos alunos ($n=7$; 22,8%) utilizou o conceito obrigatório como inicial na condição conceito obrigatório móvel; (3) O número médio de proposições estabelecidas, utilizando o conceito obrigatório quantificado como conceito inicial, foi maior na condição 1 em comparação com a condição 2 ($t=2,47$) e o número médio de proposições estabelecidas com a utilização do conceito obrigatório quantificado, como conceito final, foi menor na condição 1 em comparação com a condição 2 ($t=-1,72$); (4) Não houve diferença estatística entre o número médio de mapas conceituais cujas redes proposicionais aderiram à pergunta focal, na comparação entre as condições 1 e 2 ($t=0,46$). Com base nos resultados obtidos a partir das análises, a hipótese de trabalho: há

diferença na rede proposicional do mapa conceitual, quando se utiliza um conceito quantificado como conceito inicial de leitura do mapa conceitual, em comparação com a utilização de um conceito quantificado em qualquer outra parte do mapa conceitual, foi parcialmente refutada.

Palavras-chave: Avaliação da aprendizagem. Ensino e aprendizagem. Ensino superior. Mapas conceituais. Planejamento pedagógico.

ABSTRACT

Xavier, J. M. S. (2015). *Influence of using a quantified compulsory concept on the propositional network of concept map*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física, Faculdade de Educação, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Concept maps are pedagogical resources used as a way to represent graphically part of the knowledge stored in long-term memory of the students. The propositions are the basic units constituents of conceptual maps and can display static or dynamic nature. Concept maps by their nature lead to the establishment of static propositions. Adequate representation of knowledge requires the establishment of two types of propositions. This research aimed to evaluate the influence of the use of a compulsory concept quantified in propositional network of concept maps produced by the students in two conditions: (1) fixed compulsory concept (used as initial reading concept of the concept map) and (2) mobile compulsory concept (used in a position chosen by the student). The elaborated concept maps were evaluated on analyzes (1) the nature of propositions; (2) the location of the compulsory concept quantified in the required quantified mobile rating condition; (3) the structure and nature of propositions established using the binding concept quantified and (4) of propositional network for adherence to the focal question. The results obtained from these analyzes demonstrated that: (1) standards of concept maps developed in the two conditions are similar and the nature of propositions; (2) a large proportion of students ($n = 7$, 22.8%) used the concept as required initial concept in mobile compulsory concept condition; (3) The average number of propositions established using the binding concept quantified as initial concept was higher in condition 1 in comparison with the condition 2 ($t = 2.47$) and the average number of propositions established using the binding concept quantified as the final concept was lower in condition 1 in comparison with the condition 2 ($t = -1.72$); (4) There was no statistical difference between the average number of concept maps whose propositional networks joined the focal question, the comparison between the conditions 1 and 2 ($t = 0.46$). Based on the results obtained from the analyzes, the working hypothesis: no difference in the propositional network concept map, when using a quantized concept as initial concept read the concept map, compared with the use of a concept quantified in any another part of the conceptual map, was partially disproved.

Keywords: Learning evaluation. Teaching and learning. Higher education. Concept maps. Educational planning.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	14
1 INTRODUÇÃO	16
1.1 MAPAS CONCEITUAIS.....	16
1.2 TIPOS DE PROPOSIÇÕES PRESENTES NOS MAPAS CONCEITUAIS	18
1.2.1 Proposições estáticas.....	18
1.2.2 Proposições dinâmicas.....	20
1.2.3 Classificação das proposições: categorias da análise da natureza das proposições	22
1.3 ESTRATÉGIAS DE ESTÍMULO AO ESTABELECIMENTO DE PROPOSIÇÕES DINÂMICAS NOS MAPAS CONCEITUAIS.....	24
1.3.1 Mapas conceituais cíclicos.....	25
1.3.2 Quantificação do conceito inicial.....	27
1.3.3 Pergunta focal iniciada com “como”	29
1.3.4 Combinação de estratégias de estímulos para o estabelecimento de proposições dinâmicas.....	30
2 OBJETIVO, PERGUNTA DE PESQUISA E HIPÓTESE DE TRABALHO	32
2.1 OBJETIVO	32
2.2 PERGUNTA DE PESQUISA.....	32
2.3 HIPÓTESE DE TRABALHO	32
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	33
3.1 TEORIA DA CARGA COGNITIVA.....	33
3.1.1 Armazenamento da informação	34

3.1.1.1 <i>Princípio do armazenamento da informação: o paralelo entre memória de longo prazo e genoma</i>	34
3.1.2 Obtenção da informação	35
3.1.2.1 <i>Princípio da reorganização da informação: o paralelo entre aquisição e automação de esquemas e reprodução sexuada</i>	36
3.1.2.2 <i>Princípio da geração aleatória: o paralelo entre geração de esquemas e a mutação</i>	37
3.1.3 Interação com o meio externo	38
3.1.3.1 <i>Princípio dos limites estreitos para mudança: o paralelo entre memória de trabalho e o sistema epigenético</i>	38
3.1.3.2 <i>Princípio da organização e interação com o ambiente: o paralelo entre sistema sensorial e o sistema epigenético</i>	39
3.1.4 O processamento da informação pela memória de trabalho: as cargas cognitivas	41
4 PROCEDIMENTOS DE PESQUISA	45
4.1 CONTEXTO DA PESQUISA	45
4.2 COLETA DOS DADOS.....	47
4.3 CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES: C1-CONCEITO OBRIGATÓRIO QUANTIFICADO FIXO E C2-CONCEITO OBRIGATÓRIO QUANTIFICADO MÓVEL.....	50
4.4 TRATAMENTO DE DADOS	54
4.4.1 Análise da natureza das proposições	54
4.4.2 Análise da estrutura e da natureza das proposições estabelecidas com a utilização do conceito obrigatório quantificado	58
4.4.3 Análise da localização do conceito obrigatório na condição “conceito obrigatório quantificado móvel”	60

4.4.4 Análise da rede proposicional quanto à aderência à pergunta focal	62
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	64
5.1 ANÁLISE DA NATUREZA DAS PROPOSIÇÕES	64
5.2 ANÁLISE DA LOCALIZAÇÃO DO CONCEITO OBRIGATÓRIO QUANTIFICADO NA CONDIÇÃO “CONCEITO OBRIGATÓRIO QUANTIFICADO MÓVEL”	71
5.3 ANÁLISE DA ESTRUTURA E DA NATUREZA DAS PROPOSIÇÕES ESTABELECIDAS COM A UTILIZAÇÃO DO CONCEITO OBRIGATÓRIO QUANTIFICADO	74
5.4 ANÁLISE DA REDE PROPOSICIONAL QUANTO À ADERÊNCIA À PERGUNTA FOCAL	78
6 CONCLUSÃO, TRABALHOS FUTUROS E REFLEXÕES DO AUTOR.....	82
6.1 CONCLUSÃO.....	82
6.2 TRABALHOS FUTUROS	83
6.3 REFLEXÕES DO AUTOR	83
REFERÊNCIAS.....	85
ANEXO A – Mapa conceitual da Figura 32.	88
ANEXO B – Mapa conceitual da Figura 33	96
ANEXO C – Mapa conceitual da Figura 34	90
ANEXO D – Mapa conceitual da Figura 35	91
ANEXO E – Mapa conceitual da Figura 36	92
ANEXO F – Mapa conceitual da Figura 37.....	93
ANEXO G – Mapa conceitual da Figura 38.....	94
ANEXO H – Mapa conceitual da Figura 39	95
ANEXO I – Mapa conceitual da Figura 40.....	96

ANEXO J – Mapa conceitual da Figura 41	97
--	-----------

APRESENTAÇÃO

A presente pesquisa tem como objetivo avaliar a influência da utilização de um conceito obrigatório quantificado sobre a rede proposicional de mapas conceituais, considerando duas condições: (1) conceito obrigatório quantificado fixo (utilizado como conceito inicial de leitura do mapa conceitual) e (2) conceito obrigatório quantificado móvel (utilizado em uma posição escolhida pelo estudante).

Uma pergunta de pesquisa foi estabelecida para orientar esse trabalho: há diferença na rede proposicional do mapa conceitual, quando se utiliza um conceito obrigatório quantificado como conceito inicial de leitura do mapa conceitual em comparação com a utilização de um conceito obrigatório quantificado em qualquer outra parte do mapa conceitual?

Objetivando responder a essa pergunta, foram coletados e analisados mapas conceituais (n=64) elaborados durante as aulas da disciplina de Ciências da Natureza da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH/USP).

A hipótese de trabalho parte do pressuposto de que existe diferença na rede proposicional de mapas conceituais quando se utiliza um conceito quantificado como conceito inicial de leitura do mapa conceitual, em comparação com a utilização de um conceito quantificado em qualquer outra parte do mapa conceitual.

O capítulo 1 apresenta a estrutura básica dos mapas conceituais, as proposições como unidade básica dos mapas conceituais, os tipos de proposições, a análise da natureza das proposições como uma forma de detalhamento dos tipos de proposições que são estabelecidas nos mapas conceituais e as estratégias de estímulo para a elaboração de proposições dinâmicas.

O capítulo 2 apresenta o objetivo da pesquisa, a pergunta de pesquisa e a hipótese de trabalho.

O capítulo 3 apresenta o referencial teórico da pesquisa, que é centrado na Teoria da Carga Cognitiva. Essa teoria explica, sob o ponto de vista cognitivista, o processamento da informação durante o processo de aprendizagem, diante de uma determinada tarefa.

O capítulo 4 apresenta os procedimentos da pesquisa: o contexto da pesquisa, a coleta e o tratamento dos dados, considerando a análise da natureza das proposições, a análise da localização do conceito obrigatório na condição “conceito obrigatório quantificado móvel”, a análise da estrutura e da natureza das proposições estabelecidas com a utilização do conceito obrigatório quantificado e a análise da rede proposicional quanto à aderência à pergunta focal.

O capítulo 5 apresenta os resultados das análises: da natureza das proposições; da localização do conceito obrigatório na condição “conceito obrigatório quantificado móvel”; da estrutura e da natureza das proposições estabelecidas com a utilização do conceito obrigatório quantificado e da rede proposicional quanto à aderência à pergunta focal. Nesse capítulo também são abordadas as discussões sobre os resultados obtidos.

O capítulo 6 apresenta a conclusão da pesquisa, os trabalhos futuros e as reflexões do autor.

1 INTRODUÇÃO

O mapa conceitual representado na Figura 1 apresenta uma síntese dos assuntos que serão abordados no capítulo de introdução.

Figura 1. Mapa conceitual elaborado para responder a pergunta focal: Como está organizado o capítulo de introdução?

1.1 MAPAS CONCEITUAIS

O mapeamento conceitual tem início em 1972 a partir do desenvolvimento de uma pesquisa liderada por Joseph D. Novak. A princípio os mapas conceituais foram utilizados para representar o conhecimento sobre temas científicos, de alunos da educação básica, por meio do estabelecimento de relações conceituais. Esse mapeamento resultou em um estudo sobre mudanças conceituais que durou 12 anos (Novak e Musonda, 1991). A técnica de mapeamento conceitual foi proposta para resolver o problema gerado pela enorme quantidade de gravações das entrevistas realizadas com os alunos, que precisavam ser transcritas para viabilizar a análise das mudanças conceituais durante o processo de ensino. A partir da representação hierárquica dos conceitos mencionados pelos alunos e do

estabelecimento de relações conceituais por meio de proposições, foi possível a observação detalhada das mudanças conceituais que ocorriam na estrutura cognitiva dos alunos (Novak & Cañas, 2006; Novak & Cañas, 2010; Novak & Musonda, 1991).

Novak (2010), proponente dos mapas conceituais, os define como um conjunto de conceitos organizados em uma rede proposicional. A proposição é a unidade constitutiva fundamental dos mapas conceituais. Essa unidade expressa claramente a relação entre dois conceitos, explicitada por meio de um termo de ligação. O termo de ligação deve conter um verbo, que é o elemento sintático responsável por revelar as relações conceituais.

A Figura 2 apresenta um mapa conceitual elaborado para responder a pergunta focal: Qual é a estrutura básica dos mapas conceituais?

Figura 2. Mapa conceitual elaborado para responder a pergunta focal: Qual é a estrutura básica dos mapas conceituais?

No mapa conceitual representado na Figura 2 é possível observar a estrutura geral das proposições: conceito inicial, termo de ligação e conceito final (Novak, 2010). No exemplo: mapas conceituais – representam o → conhecimento, temos o conceito inicial “mapas conceituais”; o termo de ligação “representam o” e o conceito final “conhecimento”. A seta indica o sentido de leitura da proposição. Nesse mapa conceitual estão representadas 7 proposições estabelecidas com a utilização de 8 conceitos.

1.2 TIPOS DE PROPOSIÇÕES PRESENTES NOS MAPAS CONCEITUAIS

Segundo Cañas (2009) as proposições em um mapa conceitual podem variar de acordo com o verbo que é utilizado em seu estabelecimento, resultando em proposições estáticas e proposições dinâmicas.

1.2.1 Proposições estáticas

As proposições estáticas representam relações descritivas, que tem como objetivo definir e/ou descrever objetos ou eventos (Figura 3).

Figura 3. Mapa conceitual de caráter descritivo, elaborado para responder a pergunta focal: Quais são as principais características das proposições estáticas?

A Figura 3 apresenta um mapa conceitual estático que descreve as principais características das proposições estáticas. Esse tipo de proposição é estabelecida com a utilização de verbos, que em sua maioria não representam ação (Miller & Cañas, 2008). A utilização do conceito “proposições estáticas” como inicial de leitura do mapa conceitual nos remete a estrutura hierárquica. Essa hierarquia é estabelecida a partir do conceito mais abrangente, representado na parte superior do mapa, que estabelece relações com conceitos mais específicos localizados na parte inferior (Novak & Gowin, 1984). No estabelecimento de proposições estáticas temos a prevalência de utilização dos verbos ser, estar e ter.

O estabelecimento de relações estáticas possibilita a delimitação dos diversos significados que uma palavra pode assumir (Safayeni, Derbentseva & Cañas, 2005). Os mapas conceituais representados na Figura 4 apresentam a delimitação de significados do conceito “reflexo”. É importante destacar que uma mesma palavra pode remeter a conceitos e/ou eventos diferentes, dependendo do contexto no qual é utilizada.

Figura 4. Mapas conceituais elaborados para responder as perguntas focais: (a) Qual é o significado de reflexo no domínio de conhecimento da biologia? e (b) Qual é o significado de reflexo no domínio de conhecimento da física?

A partir da leitura dos mapas conceituais representados na Figura 4, é possível verificar a diferença entre os significados do conceito “reflexo” nos domínios de duas disciplinas diferentes: biologia (Figura 4a) e física (Figura 4b). Na biologia o conceito reflexo está relacionado a resposta do sistema nervoso e no domínio da física ao fenômeno óptico relacionado as ondas eletromagnéticas.

A clareza conceitual necessária a representação do conhecimento científico é favorecida pela delimitação do significado de um conceito e pela organização

hierárquica representada pelo estabelecimento de proposições estáticas (Safayeni et al., 2005). Essa clareza pode ser favorecida por meio da elaboração de mapas conceituais, fator que permite a utilização desse recurso pedagógico durante o processo de ensino, inclusive em momentos de avaliação da aprendizagem.

1.2.2 Proposições dinâmicas

As proposições dinâmicas revelam relações de interdependência, ação, movimento e mudança. Relações de causa e consequência são expressas quando o conceito inicial da proposição corresponde a causa e o conceito final corresponde a consequência (Derbentseva, Safayeni & Cañas, 2007; Miller & Cañas, 2008; Safayeni et al., 2005). A proposição: ações locais – desencadeiam → ações globais é um exemplo de relação de causa e consequência entre os conceitos de uma proposição. No entanto, na proposição: ações locais – são diferentes de → ações globais, estabelecida com os mesmos conceitos, temos uma proposição estática, que revela uma relação de descrição, determinada pelo verbo utilizado no termo de ligação.

Segundo Thagard (1992), além das relações de causa e consequência as proposições podem representar correlações e probabilidades. A proposição: hábitos alimentares – influencia nas → condições de saúde, apresenta uma correlação entre os conceitos envolvidos no estabelecimento da proposição. Nesse tipo de proposição dinâmica, o conceito inicial “hábitos alimentares” não é a causa do conceito final da proposição “condições de saúde”, mas o influencia.

As proposições dinâmicas podem apresentar em sua estrutura conceitos quantificados. A proposição: mais ações locais – desencadeiam → ações globais, apresenta o fator de quantificação (mais) no conceito inicial. Essa quantificação permite que esse conceito influencie a quantificação do conceito final da proposição, levando ao estabelecimento da proposição: mais ações locais – desencadeiam → mais ações globais. Este fato revela o caráter dinâmico e uma relação de proporcionalidade direta entre os dois conceitos.

Na proposição: mais ações locais – desencadeiam → menos ações globais, observamos uma relação de proporcionalidade inversa entre o conceito inicial e o conceito final da proposição. Nesse exemplo, podemos notar um erro conceitual, pois as ações globais são diretamente proporcionais às ações locais.

A quantificação de conceitos é um fator que favorece a representação do conhecimento por meio de relações, que não somente classificam e descrevem conceitos (Romano Jr. & Correia, 2010).

Além das formas de quantificação dos conceitos representadas nas proposições citadas acima, o fator de quantificação do conceito pode se localizar no termo de ligação (Figura 5).

a)

b)

Figura 5. Proposições dinâmicas: parcialmente quantificada (a) e totalmente quantificada (b)

Na proposição representada na Figura 5a, o fator de quantificação “mais” presente no termo de ligação refere-se ao conceito final da proposição “aquecimento global”. Nesse caso temos a quantificação de um conceito caracterizando a proposição como parcialmente quantificada.

A Figura 5b representa uma proposição totalmente quantificada. O fator de quantificação “aumentado” presente no termo de ligação estabelece a quantificação do conceito inicial “gás carbônico”. O fator de quantificação “mais”, também presente no termo de ligação da proposição, refere-se ao conceito final “aquecimento global”. Nesse exemplo temos a quantificação de ambos os conceitos.

O mapa conceitual representado na Figura 6 foi elaborado com o objetivo de responder a pergunta focal: qual é a estrutura das proposições dinâmicas?, sintetizando as ideias apresentadas sobre as proposições dinâmicas.

Figura 6. Mapa conceitual elaborado para responder a pergunta focal: Quais são as principais características das proposições dinâmicas?

1.2.3 Classificação das proposições: categorias da análise da natureza das proposições

A análise da natureza das proposições surgiu da necessidade de produzir maior robustez na descrição da natureza das proposições presentes em mapas conceituais. Essa análise tem como base os recentes trabalhos da literatura sobre avaliação de características semânticas das proposições (Derbentseva et al., 2007; Miller & Cañas, 2008; Safayeni et al., 2005). A análise considera como característica a forma como os conceitos são relacionados nos mapas conceituais, para descrever relações conceituais. A correção conceitual não é considerada para essa análise que visa avaliar a natureza das proposições, que revela a complexidade das relações conceituais estabelecidas.

Por meio da análise da natureza das proposições é possível classificar as proposições em estáticas, as quais denotam um caráter descritivo ou em proposições dinâmicas, que consideram as relações de ação, influência,

dependência, proporcionalidade e causa e efeito entre conceitos (Derbentseva et al., 2007; Miller & Cañas, 2008; Safayeni et al., 2005).

A Figura 7 apresenta um esquema das categorias da análise da natureza das proposições. Essas categorias foram desenvolvidas pelo nosso grupo de pesquisa (Romano Jr. & Correia, 2010).

Figura 7. Categorias da análise da natureza das proposições. O setor representado em vermelho refere-se as proposições estáticas; o setor amarelo refere-se as proposições dinâmicas não causais e o setor azul refere-se as proposições dinâmicas causais. Adaptado de Romano Jr. e Correia (2010)

De acordo com a Figura 7 a categoria primária define se a proposição é estática (E) ou dinâmica (D). A categoria secundária classifica as proposições dinâmicas (D) considerando a existência de relações de causa e consequência. As proposições podem ser classificadas em proposições dinâmicas não causais (D0) ou proposições dinâmicas causais (D1). A categoria terciária leva em consideração a presença de quantificação nos conceitos tanto nas proposições dinâmicas não causais (D0), como nas proposições dinâmicas causais (D1). Essas proposições dinâmicas não causais (D0) podem ser classificadas em: sem quantificação nos

conceitos (D00) ou presença da quantificação em apenas um dos conceitos (D01). Já as proposições dinâmicas causais (D1) podem ser classificadas quando não há quantificação dos conceitos (D10), há presença parcial de quantificação (D11) e há quantificação total dos conceitos (D12).

1.3 ESTRATÉGIAS DE ESTÍMULO AO ESTABELECIMENTO DE PROPOSIÇÕES DINÂMICAS NOS MAPAS CONCEITUAIS

O mapa conceitual representado na Figura 8 apresenta as estratégias, que podem ser utilizadas para estimular o estabelecimento de proposições dinâmicas nos mapas conceituais.

Figura 8. Mapa conceitual elaborado para responder a pergunta focal: Quais são as demandas planejadas que podem estimular o estabelecimento de proposições dinâmicas em mapas conceituais

Observando o mapa conceitual representado na Figura 8 é possível verificar que as proposições estáticas e dinâmicas são importantes para produzir uma representação fidedigna do conhecimento (Cañas, 2009). No entanto, os mapas conceituais por sua natureza levam ao estabelecimento de proposições estáticas (Derbentseva et al., 2007). Ao elaborarmos um mapa conceitual sobre um objeto, um ser vivo ou um evento, em um primeiro momento nos preocupamos em descrevê-los. O ato de descrever leva ao estabelecimento de proposições estáticas, por exemplo: bactéria – é um $\rightarrow$ ser vivo. Essa proposição apresenta uma característica das bactérias, ou seja, uma descrição.

A utilização dos estímulos: estrutura cíclica de mapas conceituais; quantificação do conceito inicial do mapa e pergunta focal iniciada com “como” favorecem o estabelecimento de proposições dinâmicas em mapas conceituais (Derbentseva et al., 2007). Esses fatores serão discutidos com mais detalhes nas próximas seções.

1.3.1 Mapas conceituais cíclicos

O estabelecimento de proposições dinâmicas é estimulado pela estrutura cíclica dos mapas conceituais. Essa estrutura favorece a visualização de um ciclo, formado pelos conceitos e proposições, remetendo a um processo encadeado. Nessa estrutura o conceito inicial e o conceito final do mapa conceitual coincidem (Figura 9).

Figura 9. Mapa conceitual cíclico elaborado com a utilização do conceito inicial “ações locais”. Estratégia apresentada por Derbentseva et al., 2007

O mapa conceitual cíclico, representado na Figura 9 apresenta como conceito inicial de leitura do mapa “ações locais”, esse conceito estabelece uma relação conceitual com o conceito “mudança de hábitos”, representada por uma proposição dinâmica. O conceito “mudança de hábito” também está relacionado com o conceito “recursos naturais” por meio de uma proposição dinâmica e assim sucessivamente. O elevado número de proposições dinâmicas em relação ao número de proposições estáticas, presente nesse mapa conceitual deve-se a relação de interdependência entre os conceitos, favorecida pela estrutura cíclica.

Em contraposição, o mapa conceitual representado na Figura 10 apresenta estrutura hierárquica. Essa estrutura é apresentada pela maioria dos mapas conceituais e estimula o estabelecimento de proposições estáticas (Derbentseva et al., 2007).

Figura 10. Mapa conceitual hierárquico sobre o tema ações locais

A estrutura hierárquica apresentada pelo mapa conceitual da Figura 10 remete a um processo contínuo de detalhamento, apresentando um desdobramento do conceito inicial ações locais. Essa estrutura não sugere um processo encadeado e apresenta uma prevalência de proposições estáticas, por exemplo, ações locais – podem ser → mudança de hábitos.

1.3.2 Quantificação do conceito inicial

A quantificação de conceitos pode ser utilizada no conceito inicial de leitura do mapa conceitual, fator que estimulará o aumento no número de proposições dinâmicas, independentemente da utilização de outra estratégia de estímulo associada.

A Figura 11 representa um mapa conceitual elaborado com a utilização de um conceito inicial quantificado (aumento das ações locais).

Figura 11. Mapa conceitual elaborado com a utilização de um conceito quantificado (aumento das ações locais) como inicial de leitura do mapa conceitual

O mapa conceitual representado na Figura 11 apresenta outros conceitos quantificados além do conceito inicial. O conceito “mais ações globais” está diretamente relacionado com o conceito inicial “aumento das ações locais”. Essa relação é representada por meio da proposição: aumento das ações locais – gera → mais ações globais. Nesse caso o conceito quantificado “aumento das ações locais” estimulou a quantificação do conceito final da proposição “mais ações globais”. A quantificação desse conceito, também estimulou o estabelecimento de uma

proposição dinâmica, que revela uma relação conceitual de causa e consequência, expressa por meio da proporcionalidade direta.

A proposição: mais ações globais – tem como objetivo a utilização de → menos recursos naturais, expressa uma relação em que o conceito inicial da proposição “mais ações globais”, levou a quantificação do conceito final “menos recursos naturais”. Nesse caso temos o estabelecimento de uma relação de proporcionalidade inversa, expressa por uma proposição dinâmica. Esse fato confirma a ideia de que a utilização do conceito quantificado, além de estimular o estabelecimento de proposições dinâmicas leva a quantificação de outros conceitos na rede proposicional do mapa conceitual (Derbentseva et al., 2007).

A comparação do mapa conceitual da Figura 10 com o mapa conceitual da Figura 11, favorece a visualização da influência da quantificação de conceitos sobre a rede proposicional dos mapas conceituais. Ambos os mapas conceituais foram elaborados com a utilização dos mesmos conceitos. O mapa conceitual representado na Figura 10 apresenta baixa prevalência proposições dinâmicas e ausência de quantificação de conceitos. Em contraposição, o mapa conceitual representado na Figura 11 possui os conceitos quantificados: “mais ações globais” e “menos recursos naturais”, que foram estimuladas pela quantificação do conceito “aumento das ações locais” e proposições dinâmicas, também estimuladas pela quantificação do conceito inicial de leitura do mapa conceitual.

Segundo Derbentseva et al. (2007), a quantificação de conceitos nos mapas conceituais é um poderoso recurso para estimular o pensamento dinâmico.

1.3.3 Pergunta focal iniciada com “como”

A utilização da palavra “como” no estabelecimento da pergunta focal que deve ser respondida com a elaboração de um mapa conceitual, estimula o pensamento dinâmico (Derbentseva et al., 2007) e consequentemente o estabelecimento de proposições dinâmicas. No entanto, a utilização da expressão “o que é” remete a

uma descrição ou definição de conceitos e ao estabelecimento de proposições estáticas.

1.3.4 Combinação de estratégias de estímulos para o estabelecimento de proposições dinâmicas

A Figura 12 apresenta um mapa conceitual elaborado com base na combinação das três estratégias de estímulo ao estabelecimento de proposições dinâmicas: quantificação de conceito inicial de leitura do mapa conceitual; estrutura cíclica e pergunta focal iniciada com a palavra como.

Figura 12. Mapa conceitual cíclico elaborado combinando as estratégias propostas por Derbentseva et al., 2007, para responder a pergunta focal; “Como o aumento do consumo influencia a sociedade?”.

O mapa conceitual representado na Figura 12 apresenta um conceito inicial quantificado “aumento do consumo”. A utilização desse conceito levou a quantificação do conceito “aumento da produção de bens”, por meio do estabelecimento da proposição aumento do consumo – gera → aumento da produção de bens. A influência do conceito inicial sobre o conceito final foi estabelecida por meio de uma proposição dinâmica, caracterizada pelo verbo gerar presente no termo de ligação. O verbo gerar evidencia uma relação de causa e consequência em que temos o conceito “aumento do consumo” como causa e o conceito “aumento da produção de bens” como consequência. Essa proposição revela uma relação de proporcionalidade direta.

Devido a estrutura cíclica do mapa conceitual todos os conceitos utilizados em sua elaboração foram quantificados. Esse fato demonstra uma relação de dependência entre todos os conceitos utilizados para a elaboração do mapa conceitual. A utilização da pergunta focal iniciada com a palavra “como” estimulou o pensamento dinâmico (Derbentseva et al., 2007) e em conjunto com as demais estratégias de estímulo resultou em um mapa conceitual que apresenta prevalência de proposições dinâmicas.

2 OBJETIVO, PERGUNTA DE PESQUISA E HIPÓTESE DE TRABALHO

2.1 OBJETIVO

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar a influência da utilização de um conceito obrigatório quantificado sobre a rede proposicional de mapas conceituais, em duas condições: (1) conceito obrigatório fixo (utilizado como conceito inicial de leitura do mapa conceitual) e (2) conceito obrigatório móvel (utilizado em uma posição escolhida pelo estudante).

2.2 PERGUNTA DE PESQUISA

Há diferença na rede proposicional do mapa conceitual, quando se utiliza um conceito quantificado como conceito inicial de leitura do mapa conceitual?

2.3 HIPÓTESE DE TRABALHO

Sim, há diferença na rede proposicional do mapa conceitual, quando se utiliza um conceito quantificado como conceito inicial de leitura do mapa conceitual, em comparação com a utilização de um conceito quantificado em qualquer outra parte do mapa conceitual.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A fundamentação teórica dessa dissertação tem como base a Teoria da Carga Cognitiva proposta por John Sweller.

3.1 TEORIA DA CARGA COGNITIVA

A Teoria da Carga Cognitiva foi elaborada por John Sweller na década de 1980. Essa teoria modela e explica a capacidade de memória (constituída por dois sistemas: a memória de trabalho e a memória de longo prazo) e o processamento da informação pelos seres humanos (Sweller, Ayres & Kalyuga, 2011), estabelecendo uma analogia entre aspectos da evolução biológica e a cognição humana. Para Sweller, os mecanismos da genética e a cognição humana são sistemas naturais de processamento da informação e, portanto, eles têm atributos comparáveis. Como forma de explicar a estrutura cognitiva humana, a partir do conhecimento atual que temos sobre a biologia molecular, o autor define os sistemas naturais de processamento da seguinte forma:

São sistemas que ocorrem na natureza ... e permitem aos seres vivos lidar com diferentes categorias de informações, necessárias para sua sobrevivência em um ambiente natural. (Sweller, et al., 2011)

Esses sistemas desempenham 3 ações (armazenar informação; obter informação e interagir com o meio externo), as quais se vinculam 5 princípios: princípio do armazenamento da informação, vinculado a ação de armazenar informação; princípio da reorganização da informação e princípio da geração aleatória relacionados a obter informação; princípio dos limites estreitos para a mudança e princípio da organização e interação com o ambiente, relacionados a interagir com o meio exterior (Figura 13).

Figura13. Mapa conceitual que responde à pergunta focal: Qual é a relação entre o sistema natural de processamento da informação e os princípios da Teoria da Carga Cognitiva?

3.1.1 Armazenamento da informação

3.1.1.1 Princípio do armazenamento da informação: o paralelo entre memória de longo prazo e genoma

O princípio do armazenamento da informação é apresentado de forma análoga ao genoma. O genoma é o “conjunto completo do DNA de um organismo” (Griffiths, Gelbart, Miller & Lewontin, 2001), sendo o DNA responsável pelo armazenamento das informações genéticas. No sistema cognitivo humano a memória de longo prazo é o análogo ao genoma. Essa memória é responsável pelo armazenamento de uma grande quantidade de informações. As informações

armazenadas na memória de longo prazo estão organizadas na forma de esquemas. Segundo Sweller et al. (2011) os esquemas constituem-se em um construto cognitivo que permite associar diversos elementos da informação em um único elemento (Figura 14).

Figura 14. Representação esquemática de elementos da informação e dos mesmos elementos organizados na forma de um esquema

A Figura 14 representa cinco elementos da informação que foram posteriormente armazenados na memória de longo prazo, na forma de um esquema (conhecimento). Os elementos da informação quando organizados na forma de esquemas passam a constituir apenas um elemento. Por exemplo, a aprendizagem sobre fotossíntese envolve os conceitos de: luz, gás carbônico, gás oxigênio, glicose, água e sais minerais, cada um desses conceitos é considerado um elemento que será processado durante a aprendizagem. Como resultado do processamento desses elementos temos o esquema, que nesse caso específico se refere à fotossíntese, compondo um único elemento que é armazenado na memória de longo prazo.

3.1.2 Obtenção da informação

3.1.2.1 Princípio da reorganização da informação: o paralelo entre aquisição e automação de esquemas e a reprodução sexuada

O princípio da reorganização da informação é análogo à reprodução sexuada. No caso dos seres humanos, essa reprodução envolve a fusão dos gametas, que são as células responsáveis pela reprodução. A partir dessa fusão temos um processo de “união” e uma nova organização do material genético, que resultará na formação de um novo indivíduo com características próprias, guardando algumas semelhanças com seus antecessores.

No domínio da cognição temos a elaboração dos esquemas, que serão armazenados na memória de longo prazo, com base nas novas informações adquiridas. Esse fato favorece a reorganização dos esquemas que já existem na memória de longo prazo, o conhecimento prévio (Figura 15).

Figura 15. Representação esquemática da reorganização de esquema a partir da nova informação

A Figura 15 representa a modificação de um esquema (conhecimento prévio) que se encontrava na memória de longo prazo. Diante da nova informação, representada pelo círculo vermelho, ocorre a modificação desse esquema, por meio do processo de aprendizagem e posteriormente há formação de um novo esquema reorganizado. O esquema reorganizado possui fatores que remetem ao conhecimento prévio e fatores que estão relacionados ao conhecimento adquirido durante o processo de reorganização.

Por exemplo: quando um professor de biologia realiza uma explicação sobre fotossíntese, ele possui um esquema organizado sobre o tema. Esse esquema envolve conceitos que estão relacionados entre si, de forma a constituir um construto cognitivo. Diante da explicação do professor o aluno terá acesso ao esquema do professor, a partir de sua exposição. Ao entrar em contato com o esquema do professor, o aluno reorganizará esse esquema estabelecendo relações com os esquemas (conhecimento) que possui. Nesse caso pode ocorrer uma mudança no conhecimento prévio do aluno, indicando se a aprendizagem ocorreu de forma efetiva, ou se ocorreu apenas a memorização.

O nível de conhecimento sobre um conteúdo específico está diretamente relacionado a quantidade de esquemas sobre esse conteúdo, que estão armazenados na memória de longo prazo (Van Merriënboer & Sweller, 2010). Quando as informações estão organizadas na forma de esquemas, na memória de longo prazo, elas são acessadas com facilidade. Esse fato é denominado automação de esquemas.

3.1.2.2 Princípio da geração aleatória: o paralelo entre geração de esquemas e a mutação

A geração de conhecimento é explicada pelo princípio da geração aleatória. Esse princípio é análogo a mutação, que no domínio da biologia consiste no “processo pelo qual os genes mudam de uma forma alélica para outra” (Griffiths et al., 2001), sendo que “os alelos são as diferentes formas em que um gene pode surgir”, por exemplo, a cor da flor pode ser determinada por um único gene, que pode apresentar muitos alelos que determinam cores diferentes (Griffiths et al., 2001). Quando pensamos no domínio da cognição temos a geração de esquemas que é muito dispendiosa do ponto de vista cognitivo, quando comparada ao processo de reorganização de esquemas. A geração do novo conhecimento ocorre quando os esquemas presentes na memória de longo prazo não são suficientes para o indivíduo lidar com determinada situação e não existe a possibilidade de ajuda por parte de um especialista, que possui esquemas organizados sobre o assunto ou tema em questão.

Por exemplo: dois alunos do sexto ano do Ensino Fundamental estão participando de uma aula sobre respiração. Um deles possui esquemas (conhecimento prévio) sobre o tema, ou seja, sabe que os seres aeróbios utilizam o gás oxigênio no processo de respiração. O segundo aluno não possui esquemas sobre o tema respiração. Durante a aula, o professor apresenta a seguinte informação: “a respiração é o processo pelo qual os seres aeróbicos obtém energia para sua sobrevivência, a partir de uma reação entre o oxigênio e as substâncias energéticas que os seres vivos possuem”. Com base na nova informação adquirida sobre o tema, o aluno que possui esquemas sobre a respiração terá seus esquemas reorganizados. No entanto, o aluno que não possui esquemas sobre o tema passará por um processo de geração aleatória, para que possa lidar com a nova informação.

3.1.3 Interação com o meio externo

3.1.3.1 Princípio dos limites estreitos para mudança: o paralelo entre memória de trabalho e o sistema epigenético

O processo de geração de esquemas, apresenta limitação em relação a quantidade de elementos que serão processados durante a aprendizagem. Essa limitação é explicada por meio do princípio dos limites estreitos para a mudança. Nesse caso a analogia estabelecida é com o sistema epigenético no domínio da biologia, estabelecendo uma relação com os locais específicos do genoma nos quais ocorrem as mutações, ou seja, “dependendo das condições ambientais, as mutações em algumas partes do genoma podem ser facilitadas, enquanto outras são inibidas” (Sweller et al., 2011). No domínio da cognição temos memória de trabalho, que é responsável pelo processamento da informação e pela geração de esquemas durante o processo de aprendizagem. Essa memória é limitada e processará apenas uma parcela das informações recebidas, fator que diminui as possibilidades de assimilação, pois a quantidade de informações disponíveis na memória de trabalho será menor, no momento da elaboração de esquemas. Os

esquemas elaborados serão armazenados pela memória de longo prazo e podem ser acionados, sempre que a interação com o meio externo exigir (Figura 16).

Figura 16. Representação esquemática da limitação da memória de trabalho ao lidar com elementos da informação para a elaboração de esquemas. Os círculos representam os elementos da informação. Os círculos vermelhos são os elementos processados pela memória de trabalho

A Figura 16 representa a elaboração de um esquema na memória de trabalho. Os elementos da informação, representados pelos círculos azuis e vermelhos, presentes no ambiente externo são mediados pelo sistema sensorial, representado pela seta número 1. Após a mediação um número limitado de elementos, representado pelos círculos vermelhos, será processado pela memória de trabalho que elaborará um esquema, representado pelos círculos vermelhos, ligados por meio de linhas azuis. O esquema elaborado na memória de trabalho será armazenado na memória de longo prazo, processo representado pela seta número 2 e pelo último quadro da Figura 16.

3.1.3.2 *Princípio da organização e interação com o ambiente: o paralelo entre sistema sensorial e o sistema epigenético*

Mantendo-se no nível da interação com o meio externo, temos o princípio da organização e interação com o ambiente. Na analogia que explica esse princípio temos no domínio da biologia o sistema epigenético que estabelece a ligação entre o meio externo, buscando informações no genótipo com base em estímulos ambientais, para se expressar no fenótipo (Sweller et al., 2011). Na cognição temos

o sistema sensorial que recebe informações da realidade e por meio da memória de trabalho, busca esquemas já estabelecidos e organizados na memória de longo prazo, que possam ser utilizados na resolução de tarefas específicas. Segundo Sweller et al. (2011), essa seleção também está relacionada a limitação da memória de trabalho ao lidar com a informações.

Figura 17. Representação esquemática do acionamento de esquemas específicos a partir de estímulos do ambiente. Os círculos representam os elementos da informação e os círculos ligados por linhas azuis representam os esquemas

Na Figura 17 temos os estímulos do ambiente externo, representado pelos círculos azuis presentes no primeiro quadro. Esses estímulos são mediados pelo sistema sensorial, representado pela seta número 1. Após a mediação pelo sistema sensorial, esses estímulos passarão por uma nova mediação pela memória de trabalho que acionará a memória de longo prazo, selecionando um esquema específico para a resolução da tarefa, esse processo é representado pela seta número 2. O esquema selecionado, representado pelos círculos vermelhos associados por linhas azuis, presente na memória de longo prazo, representada pelo terceiro quadro do esquema, será acionado, processo representado pela seta número 3. O esquema acionado será processado pela memória de trabalho com o objetivo de realizar uma tarefa específica, imposta pelos estímulos do ambiente. Esse esquema pode ser reorganizado e posteriormente armazenado na memória de longo prazo.

Por exemplo: um aluno que participa de uma aula de biologia, que tem como objetivo a diferenciação entre os processos de respiração e fotossíntese, possui um

esquema organizado sobre o processo da respiração. Ao iniciar a aula o professor apresenta uma definição para o processo da fotossíntese e logo em seguida inicia uma explicação sobre o processo da respiração. Ao entrar em contato com o tema respiração, o sistema sensorial do aluno mediará a informação que será processada por sua memória de trabalho. A memória de trabalho acionará na memória de longo prazo o esquema referente ao processo de respiração. Esse esquema será processado pela memória de trabalho, podendo sofrer reorganização com base nas novas informações apresentadas durante a aula. Nesse caso o esquema reorganizado será armazenado pela memória de longo prazo.

3.1.4 O processamento da informação pela memória de trabalho: as cargas cognitivas

A memória de trabalho, que apresenta uma capacidade limitada é responsável pelo processamento da informação. Nesse processo, ela lidará simultaneamente com dois tipos de cargas cognitivas (intrínseca e extrínseca). Essas cargas cognitivas são inerentes às atividades de ensino e ao serem processadas consomem os recursos cognitivos disponíveis na memória de trabalho. A carga cognitiva intrínseca (I) está relacionada ao conteúdo ou tema à ser aprendido e a carga cognitiva extrínseca (E) é inerente ao formato de apresentação do conteúdo ou da tarefa a ser realizada. Essas cargas se somam no momento de realização da tarefa e podem extrapolar os recursos cognitivos disponíveis na memória de trabalho, gerando uma sobrecarga cognitiva (Figura 18).

Figura 18. Representação esquemática da sobrecarga cognitiva gerada pela carga cognitiva intrínseca (a) e pela carga cognitiva extrínseca (b) e o gerenciamento das mesmas. A letra “I” representa a carga cognitiva intrínseca, a letra “E” representa a carga cognitiva extrínseca e a letra “G” representa os recursos generativos. Adaptada de Correia e Aguiar (2014)

Nos processos em que as cargas cognitivas intrínseca e extrínseca não consomem todos os recursos da memória de trabalho para serem processadas, os recursos generativos (Figura 18a e 18b) são mobilizados, em processos que podem gerar a aprendizagem (Sweller et al., 2011). A aprendizagem consiste na manipulação e construção de esquemas (Sweller et al., 2011).

Com o objetivo de favorecer a aprendizagem dos alunos, o planejamento do ensino é fundamental. Esse planejamento deve ter como base a minimização dos fatores relacionados à carga cognitiva extrínseca, inerente à forma de apresentação da tarefa (Figura 18b). No entanto, a natureza e a complexidade do conteúdo que será abordado também devem ser consideradas, tendo em vista a gestão da carga cognitiva intrínseca (Figura 18a). Como exemplos de formas para apresentação do conteúdo: “Quimiorreceptores e os sentidos do olfato e paladar”, à alunos da segunda série do ensino médio, temos um texto e um esquema (Figura 19).

a)

Os quimiorreceptores e os sentidos do olfato e paladar

Os quimiorreceptores estão relacionados principalmente com o paladar e com o olfato.

Esses receptores, relacionados com o paladar, situam-se na língua e são conhecidos como papilas gustativas. Essas papilas nos permitem distinguir cinco sabores: salgado, doce, amargo, azedo e umami. Para que sejam percebidas pelas papilas gustativas, as substâncias químicas precisam ser solúveis nos líquidos presentes na boca.

Os quimiorreceptores relacionados com o olfato situam-se no teto das cavidades nasais e constituem o epitélio olfatório. As substâncias químicas precisam estar dispersas no ar que entra pelas cavidades nasais para que possam acionar os quimiorreceptores do olfato.

Texto adaptado de Lopes e Rosso (2013).

b)

Figura 19. Recursos pedagógicos para ensino do conteúdo: Os quimiorreceptores e os sentidos do olfato e paladar. (a) texto e (b) esquema. Adaptados de Lopes e Rosso (2013)

Ao ler o texto da Figura 19a, os alunos terão que imaginar as estruturas internas do organismo e os processos envolvidos nos sentidos do paladar e do olfato. Esse fato gerará carga cognitiva extrínseca, relacionada à forma de apresentação do conteúdo. Como estratégia de minimização da carga cognitiva extrínseca gerada pela apresentação do conteúdo na forma de texto, temos a associação deste a um esquema (Figura 19b). A leitura do texto associada ao esquema, que faz referência às estruturas e aos processos envolvidos nos sentidos do paladar e do olfato, reduzirá a carga cognitiva extrínseca gerada pela forma de apresentação da tarefa.

O nível de complexidade do conteúdo a ser aprendido nesse exemplo, pode gerar sobrecarga cognitiva, imposta pela carga cognitiva intrínseca (Figura 18a). Essa sobrecarga pode deixar de existir se o conteúdo for apresentado em um número maior de aulas ou seções. Nesse caso específico, o sentido do paladar pode ser abordado em uma primeira aula e o sentido do olfato em uma aula seguinte, para que posteriormente sejam abordados de forma associada.

4 PROCEDIMENTOS DE PESQUISA

O mapa conceitual representado na Figura 20 apresenta uma síntese dos pontos que serão detalhados ao longo desse capítulo.

Figura 20. Mapa conceitual elaborado para responder à pergunta focal: Como estão estruturados os procedimentos da pesquisa?

4.1 CONTEXTO DA PESQUISA

A coleta de dados dessa pesquisa ocorreu em um dos momentos de avaliação formal da disciplina ACH 0011- Ciências da Natureza. Essa disciplina é ministrada a todos os alunos ingressantes na Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH/USP). Um dos objetivos dessa disciplina é o desenvolvimento do nível de alfabetização científica dos alunos (Correia, Valle, Dazzani & Infante-Malachias, 2010).

Segundo Miller (1983), um dos fatores que caracteriza a alfabetização científica é a capacidade de expressar uma opinião sobre assuntos científicos. Essa capacidade pressupõe a reflexão sobre temas que envolvem a ciência, a tecnologia,

a sociedade e o ambiente. Como base para essa reflexão faz-se necessário um conhecimento sobre os impactos gerados pelo desenvolvimento científico e tecnológico sobre a sociedade atual (Correia et al., 2010).

O conhecimento científico necessário à alfabetização científica deve ser contextualizado. A contextualização ocorre a partir do estabelecimento de relações que rompem as barreiras disciplinares e estabelece relações com o cotidiano, fator que contribui para a instrumentalização dos estudantes para que possam atuar na sociedade de forma crítica e cidadã (Cachapuz, 1999). Nesse contexto a alfabetização científica oferece subsídios, habilidades e conhecimentos científicos para que o cidadão possa buscar soluções de forma crítica para os problemas que a sociedade enfrenta no século XXI (Bybee e Fuchs, 2006).

A reflexão e a busca por soluções para esses problemas nos remetem a educação para a sustentabilidade. Por sustentabilidade entendemos a manutenção da vida humana sem o esgotamento dos recursos naturais, necessários a subsistência de todos os seres vivos e conseqüentemente a manutenção do equilíbrio ecológico. Esse contexto exige que a educação para a sustentabilidade esteja de acordo com as tendências da sociedade (Correia et al., 2010).

O mapa conceitual da Figura 21 apresenta uma síntese da estrutura da disciplina Ciências da Natureza.

Figura 21. Mapa conceitual elaborado para responder à pergunta focal: Qual é a estrutura básica da disciplina Ciências da Natureza (ACH0011)?

4.2 COLETA DOS DADOS

Os dados empíricos analisados nessa pesquisa foram coletados durante o primeiro semestre do ano de 2013. Para a coleta dos dados foram considerados os mapas conceituais, elaborados de forma individual, por 64 alunos no momento da segunda prova da disciplina Ciências da Natureza (ACH0011), que ocorreu durante a aula 10, que corresponde a última aula do segundo módulo da disciplina (Figura 22). A disciplina foi ministrada pelo Prof. Dr. Paulo Rogério Miranda Correia, orientador dessa pesquisa. As aulas da disciplina tiveram duração de 1h 45min e ocorreram semanalmente.

Figura 22. Mapa conceitual elaborado para representar a organização da disciplina Ciências da Natureza. O setor amarelo corresponde à primeira parte da disciplina; o setor verde representa a segunda parte da disciplina e o setor vermelho representa a terceira parte da disciplina.

Durante o primeiro módulo da disciplina, período compreendido entre as aulas 1 e 4, foi trabalhado o tema “Universo”. Simultaneamente ocorreu o período de treinamento na técnica de mapeamento conceitual, de acordo com os objetivos e atividades descritas na literatura (Aguiar & Correia, 2013; Correia, Infante-Malachias & Godoy, 2008).

As aulas do segundo módulo (Figura 22) abordaram o tema “Mudanças Climáticas”. A Tabela 1 apresenta o cronograma, os temas desenvolvidos e os recursos pedagógicos utilizados durante o segundo módulo da disciplina.

Tabela 1 - Cronograma, temas desenvolvidos e recursos pedagógicos utilizados, durante o segundo módulo da disciplina Ciências da Natureza (ACH 0011). Primeiro semestre de 2013

Cronograma do segundo módulo da disciplina	Conteúdos desenvolvidos	Recursos pedagógicos utilizados
Semana 6 (Aula: 16/04/2013)	Avaliação da P1. O que já sabemos sobre o próximo tema de Ciências da Natureza?	Discussões com base na prova do primeiro módulo da disciplina.
Semana 7 (Aula: 23/04/2013)	Mudanças climáticas: definições, causas e consequências.	Texto: “Mudanças Climáticas e desenvolvimento” de José Goldemberg; Vídeo: “Al Gore alerta sobre as últimas tendências climáticas”.
Semana 8 (Aula: 30/04/2013)	O papel da ciência, tecnologia e sociedade frente às mudanças climáticas.	Texto: “Questões Globais: crise ou oportunidade?” de André Trigueiro; Vídeo: “Consumo Consciente” dirigido por André Trigueiro.
Semana 9 (Aula: 07/05/2013)	O processo de tomada de decisão: estudo de caso sobre a COP15.	Texto: “COP 15 – apontamentos de campo” de S. Abraches; Vídeo: “Racismo Ambiental” palestra de Paulo Saldiva.
Semana 10 (Aula: 14/05/2013)	Prova 2 (P2).	Aplicação da prova (Figura 24).

Durante a aula da semana 6 foi realizada uma avaliação da prova referente ao primeiro módulo da disciplina. Após a discussão foram levantados os conhecimentos prévios dos alunos, sobre o tema mudanças climáticas, que foi abordado durante o segundo módulo da disciplina. Na semana 7 foram apresentadas e discutidas as definições, as causas e as consequências das mudanças climáticas. Durante a aula da semana 8 foram discutidas as influências da ciência, da tecnologia e da sociedade sobre as mudanças climáticas. Na semana 9 a COP 15 foi abordada como tema central, para o estabelecimento de discussões sobre a tomada de decisões frente ao processo de mudanças climáticas.

O uso do mapeamento conceitual como recurso pedagógico permeou toda a disciplina: no processo de aprendizagem realizado em sala de aula, nos momentos de estudos individuais e nos momentos de avaliação formal. Além dos recursos pedagógicos apresentados na Tabela 1.

Com base no tema abordado e nos materiais de estudo utilizados, o professor da disciplina estabeleceu o conceito obrigatório quantificado: “aumento das ações locais”. A escolha do conceito obrigatório considerou a sua importância para as relações entre a sociedade e as mudanças climáticas. Esse conceito foi utilizado para a elaboração dos mapas conceituais utilizados na coleta de dados dessa pesquisa.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES: C1 – CONCEITO OBRIGATÓRIO QUANTIFICADO FIXO E C2 – CONCEITO OBRIGATÓRIO QUANTIFICADO MÓVEL

Durante a aula 10 da disciplina de Ciências da Natureza, momento da elaboração dos mapas conceituais que foram analisados nessa pesquisa, os 64 alunos receberam uma folha de papel A4 contendo as instruções e a semiestrutura para a elaboração dos mapas conceituais (Figura 23). A distribuição das folhas de prova ocorreu de maneira aleatória, sendo que 33 alunos receberam a folha de prova representada pela Figura 23a e 31 alunos receberam a folha representada pela Figura 23b. Essa distribuição determinou a formação de dois grupos: (C1)

conceito obrigatório quantificado fixo (utilizado como conceito inicial de leitura do mapa conceitual) e (C2) conceito obrigatório quantificado móvel (utilizado em uma posição escolhida pelo estudante).

a)

ACH 0011 CIÊNCIAS DA NATUREZA [P2] T.32 & 23

Prof Paulo Correia / Tema: Mudanças climáticas / Prova: A / Data: 14/05/2013

CÓDIGO CN (NÃO SE IDENTIFIQUE!)					NOTA
---------------------------------	--	--	--	--	------

<p align="center">PERGUNTA FOCAL & INSTRUÇÕES</p> <p align="center"><i>Como o desenvolvimento científico-tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?</i></p> <p>[1] O retângulo pontilhado indica o conceito inicial do MC. [2] "AUMENTO DAS AÇÕES LOCAIS" deve ser o conceito inicial do seu MC. [3] Numere as proposições, indicando a ordem de leitura. [4] Indique a fonte do conceito no círculo que está vinculado a cada retângulo, de acordo com a codificação utilizada para elaborar a cola oficial da P2.</p>	
A: "Mudanças climáticas e desenvolvimento" (txt, José Goldemberg)	B: "Al Gore alerta sobre as últimas tendências climáticas" (vídeo, Al Gore)
C: "Questões globais: crise ou oportunidade?" (txt, André Trigueiro)	D: "Consumo consciente" (vídeo, André Trigueiro)
E: "COP15: apontamentos campo" (txt, S. Abranches)	F: "Racismo ambiental" (vídeo, Paulo Saldiva)

b)

ACH 0011 CIÊNCIAS DA NATUREZA [P2] T.32 & 23

Prof Paulo Correia / Tema: Mudanças climáticas / Prova: B / Data: 14/05/2013

CÓDIGO CN (NÃO SE IDENTIFIQUE!)					NOTA
---------------------------------	--	--	--	--	------

PERGUNTA FOCAL & INSTRUÇÕES	
<p><i>Como o desenvolvimento científico-tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?</i></p> <p>[1] O retângulo pontilhado indica o conceito inicial do MC. [2] "AUMENTO DAS AÇÕES LOCAIS" é o conceito obrigatório e deve fazer parte do seu MC. [3] Numere as proposições, indicando a ordem de leitura. [4] Indique a fonte do conceito no círculo que está vinculado a cada retângulo, de acordo com a codificação utilizada para elaborar a cola oficial da P2.</p>	
A: "Mudanças climáticas e desenvolvimento" (txt, José Goldemberg)	B: "Al Gore alerta sobre as últimas tendências climáticas" (vídeo, Al Gore)
C: "Questões globais: crise ou oportunidade?" (txt, André Trigueiro)	D: "Consumo consciente" (vídeo, André Trigueiro)
E: "COP15: apontamentos campo" (txt, S. Abranches)	F: "Racismo ambiental" (vídeo, Paulo Saldiva)

Figura 23. Folhas de prova, apresentadas aos alunos no momento de avaliação do segundo módulo da disciplina de Ciências da Natureza. Folha que apresenta o conceito obrigatório quantificado fixo (a) e folha que apresenta o conceito obrigatório quantificado móvel (b)

A folhas de prova representadas nas Figura 23 apresentam: pergunta focal iniciada com a palavra "como"; semiestruturação do mapa conceitual, baseado na

estrutura cíclica e conceito obrigatório quantificado “aumento das ações locais”. Esses fatores se caracterizam como estímulos para o estabelecimento de proposições dinâmicas (Derbentseva et al., 2007). Além desses fatores, a atividade apresentou um limite no número de conceitos ($n=9$) para a elaboração dos mapas conceituais. Essa limitação teve como objetivo estimular o exercício de síntese, do conteúdo estudado durante o segundo módulo da disciplina. Associada a essa limitação, houve a restrição do tempo para a realização da prova, que foi de 60 minutos. O conjunto de demandas apresentados para a elaboração da prova gera um aumento da carga cognitiva extrínseca, relacionada a forma de apresentação da tarefa a ser realizada.

Dadas às características comuns às duas folhas de prova, podemos observar uma diferença entre elas que se caracteriza pela forma de utilização do conceito obrigatório quantificado. A folha de prova representada pela Figura 23a apresenta o conceito obrigatório quantificado impresso, na posição inicial de leitura da semiestruturação do mapa conceitual. Essa impressão não permite a utilização do conceito obrigatório em outra posição do mapa conceitual. A utilização do conceito obrigatório quantificado, como conceito inicial de leitura do mapa conceitual, favorece o aumento da carga cognitiva extrínseca associada à realização dessa atividade. Na folha de prova representada pela Figura 23b o conceito obrigatório quantificado é apresentado ao aluno no cabeçalho da atividade, no entanto, a instrução não determina a posição em que ele deverá ser utilizado na elaboração do mapa conceitual. A liberdade na alocação do conceito obrigatório quantificado, em qualquer posição da semiestruturação do mapa conceitual é um fator que determina menor carga cognitiva extrínseca, quando comparada a folha representada na Figura 23a.

A tabela 2 apresenta uma síntese das demandas apresentadas para a elaboração dos mapas conceituais, nas condições C1 (conceito obrigatório quantificado fixo) e C2 (conceito obrigatório quantificado móvel).

Tabela 2– Demandas apresentadas para a elaboração dos mapas conceituais nas condições: C1 (conceito obrigatório quantificado fixo) e C2 (conceito obrigatório quantificado móvel)

Demandas	Condições	
	C1	C2
Pergunta focal iniciada com “como”	Sim	Sim
Semiestrutura cíclica	Sim	Sim
Limitação do número de conceitos (n=9)	Sim	Sim
Restrição de tempo (60 minutos)	Sim	Sim
Conceito obrigatório quantificado	Sim	Sim
Determinação da localização do conceito obrigatório (inicial)	Sim	Não

4.4 TRATAMENTO DE DADOS

O tratamento dos dados coletados nessa pesquisa, está detalhado nas seções seguintes, de acordo com cada uma das análises realizadas nos 64 mapas conceituais coletados.

4.4.1 Análise da natureza das proposições

O tratamento dos dados referentes a análise da natureza das proposições ocorreu de acordo com o esquema representado na Figura 24, considerando as duas condições C1 (conceito obrigatório quantificado fixo) e C2 (conceito obrigatório quantificado móvel).

Figura 24. Representação esquemática do procedimento adotado para a análise da natureza das proposições

A análise da natureza das proposições foi realizada com base na taxonomia desenvolvida por Romano Jr. e Correia (2010). Em um primeiro momento todos os mapas conceituais analisados (n=64) foram cadastrados no sistema Backnet (Figura 24). Esse sistema, desenvolvido por um dos integrantes do Grupo de Pesquisa Mapas Conceituais, permite o cadastramento de arquivos gerados pelo programa CmapTools. A partir do cadastramento dos mapas conceituais, o programa gera uma sequência, contendo todas as proposições do mapa conceitual cadastrado (Figura 25).

Ord	Conceito Inicial	Termo de Ligação	Conceito Final
2	aumento das ações locais	beneficia a	sustentabilidade
3	população	pratica o	consumo indiscriminado de bens
4	consumo indiscriminado de bens	pode levar ao esgotamento de	recursos naturais
5	consumo indiscriminado de bens	leva ao aumento do	desenvolvimento científico e tecnológi
6	desenvolvimento científico e tecnológi	utiliza-se de	recursos naturais
7	desenvolvimento científico e tecnológi	ocasiona em alguns casos o	racismo ambiental
8	racismo ambiental	afeta principalmente as	pessoas de baixa renda
	Conceito Inicial	Termo de Ligação	Conceito Final

Figura 25. Sequência de proposições gerada pelo sistema Backnet a partir de um mapa conceitual

Todas as sequências de proposições, geradas para cada um dos mapas conceituais a serem analisados, foram exportadas para uma planilha do programa Microsoft Excel (Figura 26). Essa exportação permitiu a disposição aleatória do total das proposições (n=790), para que no momento da classificação o avaliador não estabelecesse vínculos entre a proposição e o mapa conceitual de origem.

	B	C	D	E
1	Mapa	Conceito Inicial	Termo de Ligação	Conceito Final
2	13cn-2307	ações globais	foram propostas pello	protocolo de quito
3	13cn-3239	ações humanas	criaram	padrões de consumo desnecessários
4	13cn-3206	alguns países em desenvolvimento	já utilizam	energias renováveis alternativas
5	13cn-2308	AQUECIMENTO GLOBAL	resulta em	MUDANÇAS CLIMÁTICAS
6	13cn-2308	AQUECIMENTO GLOBAL	é causado pelo uso excessivo de	COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS
7	13cn-2308	AQUECIMENTO GLOBAL	é causado pelo	DESMATAMENTO
8	13cn-2310	AQUECIMENTO GLOBAL	é preocupante para a	SOCIEDADE CIVIL
9	13cn-3207	aquecimento global	causa	secamento mundial
10	13cn-3207	aquecimento global	gera	crise ambiental
11	13cn-3217	aquecimento global	é intensificado pelo aumento da	emissão de gases
12	13cn-3221	aquecimento global	contribui para a ocorrência de	mudanças climáticas
13	13cn-3223	aquecimento global	tenta ser solucionado com o uso da	tecnologia
14	13cn-3255	aquecimento global	pode ser minimizado com	mecanismo de flexibilização
15	13cn-3269	aquecimento global	gera	mudanças climáticas
16	13cn-3218	atividades humanas	podem utilizar	energia limpa

Figura 26. Planilha do programa Microsoft Excel contendo as proposições dispostas de maneira aleatória, sem o estabelecimento de vínculos com o mapa conceitual de origem. O destaque em amarelo demonstra a aleatoriedade na disposição das proposições, em relação aos mapas conceituais de origem

Com base nessa planilha verificou-se que algumas proposições estabelecidas não permitiram uma classificação, considerando as categorias propostas pela análise da natureza das proposições. Essas proposições foram agrupadas em uma categoria classificada como “O” e não foram consideradas para a análise dos resultados da pesquisa. Essa categoria se caracteriza por proposições que não apresentaram clareza de conteúdo; não apresentaram verbos nos termos de ligação ou não permitiram uma interpretação conclusiva sobre o seu conteúdo, quando desvinculadas da rede do mapa conceitual a que pertencem. A sequência a seguir apresenta alguns exemplos de proposições da categoria O:

Tecnologia – precisa o uso de → Energia. Proposição sem clareza de conteúdo.

Tecnologias – em prol do combate às → Mudanças climáticas. Proposição que não permite uma interpretação conclusiva fora da rede do mapa conceitual.

Aumento das ações locais – a partir da → Sociedade. Proposição sem verbo no termo de ligação.

As demais proposições da planilha foram analisadas com base nas categorias da análise da natureza das proposições (Romano Jr. & Correia, 2010). Como resultado dessa análise, cada proposição teve uma classificação, representada por uma letra ou por uma associação de uma letra e dois números: E (proposição estática); D00 (proposição dinâmica não causal e não quantificada); D01 (proposição dinâmica não causal e parcialmente quantificada); D10 (proposição dinâmica causal e não quantificada); D11 (proposição dinâmica causal e parcialmente quantificada) e D12 (proposição dinâmica causal e totalmente quantificada). Essa classificação foi disposta na mesma planilha do programa Microsoft Excel (Figura 27).

	C	D	E	F	G	H
	Conceito Inicial	Termo de Ligação	Conceito Final	Av. 1	Av. 2	Decisão Final
1	ações globais	foram propostas pelo	protocolo de quioto	D00	D00	
2	ações humanas	criaram	padrões de consumo desnecessários	D10	D10	
3	alguns países em desenvolvimento	já utilizam	energias renováveis alternativas	D00	D00	
4	AQUECIMENTO GLOBAL	resulta em	MUDANÇAS CLIMÁTICAS	D10	D10	
5	AQUECIMENTO GLOBAL	é causado pelo uso excessivo de	COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS	D11	D10	D11
6	AQUECIMENTO GLOBAL	é causado pelo	DESMATAMENTO	D10	D10	
7	AQUECIMENTO GLOBAL	é preocupante para a	SOCIEDADE CIVIL	D00	D10	D00
8	aquecimento global	causa	secamento mundial	D10	D10	
9	aquecimento global	gera	crise ambiental	D10	D10	
10	aquecimento global	é intensificado pelo aumento da	emissão de gases	D12	D11	D12
11	aquecimento global	contribui para a ocorrência de	mudanças climáticas	D10	D10	
12	aquecimento global	tenta ser solucionado com o uso da	tecnologia	D00	D10	D10
13	aquecimento global	pode ser minimizado com	mecanismo de flexibilização	D11	D10	D11
14	aquecimento global	gera	mudanças climáticas	D10	D10	
15	atividades humanas	podem utilizar	energia limpa	D00	D00	
16	atividades humanas	podem utilizar	recursos naturais não renováveis	D00	D00	
17	atividades humanas	podem ser	insustentáveis	E	E	

Figura 27. Planilha do programa Microsoft Excel contendo as proposições. Em destaque as classificações atribuídas pelos dois avaliadores e a decisão final obtida durante a reunião com um terceiro avaliador

A classificação das proposições foi realizada por dois avaliadores, de modo independente. Os resultados obtidos por cada avaliador foram comparados, por meio da planilha do programa Microsoft Excel (Figura 27). Com base nos resultados dessas comparações, as divergências de classificação foram discutidas em duas reuniões entre esses avaliadores e as divergências que persistiram dessas discussões foram solucionadas em uma terceira reunião, com a presença de um terceiro avaliador (Figura 24). Os resultados obtidos durante essas reuniões foram registrados na mesma planilha do programa Microsoft Excel (Figura 27).

Para todos os resultados finais, obtidos após o processo de análise da natureza das proposições, foram calculadas as médias e desvios padrões tendo como base cada uma das categorias da análise da natureza das proposições (E, D00, D01, D10, D11 e D12) e as condições experimentais (C1: conceito obrigatório quantificado fixo e C2: conceito obrigatório quantificado móvel). Com o objetivo de comparar as médias obtidas para cada uma das categorias da análise da natureza das proposições, considerando as condições (C1 e C2), foi calculado o teste *t*. As médias, os desvios padrões e o teste *t* foram calculados com a utilização do programa IBM SPSS (Field, 2009).

Com base nos resultados do teste *t* foi possível a verificação da existência ou não de diferenças estatísticas entre as médias, fator que determina padrões entre os mapas conceituais de cada uma das condições (C1 e C2).

4.4.2 Análise da estrutura e da natureza das proposições estabelecidas com a utilização do conceito obrigatório quantificado

Para a realização da análise da estrutura (Silva Jr., Romano Jr. & Correia, 2010) e da natureza das proposições estabelecidas com a utilização do conceito obrigatório quantificado foram consideradas regiões específicas dos mapas conceituais, delimitadas a partir do conceito obrigatório quantificado. Essa delimitação foi realizada em todos os mapas conceituais analisados nessa pesquisa (n=64). As regiões delimitadas são denominadas vizinhança do conceito obrigatório (Cicuto & Correia, 2012; Correia & Cicuto, 2014).

O esquema representado na Figura 28 exemplifica a delimitação das regiões que foram consideradas para essa análise.

Figura 28. Representação esquemática da delimitação da região de análise do mapa conceitual, considerando as proposições estabelecidas com a utilização do conceito obrigatório. (a) conceito obrigatório utilizado como inicial de leitura do mapa conceitual e (b) conceito obrigatório utilizado em posição periférica do mapa conceitual. Adaptada de Cicuto e Correia (2012)

A Figura 28a representa a estrutura de um mapa conceitual em que o conceito obrigatório (CO) foi utilizado como conceito inicial de leitura do mapa conceitual. A partir desse conceito foi analisada toda a sua vizinhança (proposições estabelecidas com a utilização do conceito obrigatório). No exemplo todas as proposições estabelecidas tem o conceito obrigatório como inicial da proposição, quando considerada a análise estrutural. Considerando a análise da natureza das proposições observamos duas proposições dinâmicas causais, parcialmente quantificadas (D11) e uma proposição dinâmica não causal, parcialmente quantificada (D01).

No esquema representado na Figura 28b temos um mapa conceitual em que o conceito obrigatório foi alocado em uma região periférica do mapa conceitual. Podemos observar o estabelecimento de duas proposições com a utilização desse conceito. Ambas as proposições apresentam o conceito obrigatório como final da proposição. Quando consideramos a natureza das proposições, observamos que as duas proposições pertencem a categoria estática (E).

Para a análise da natureza das proposições foram utilizados os resultados obtidos a partir da análise da natureza das proposições, relatada no item 4.4.1, considerando apenas as proposições das regiões delimitadas para essa análise.

Os resultados obtidos a partir da análise da vizinhança do conceito obrigatório quantificado, considerando a natureza e a estrutura das proposições presentes nessa região, foram organizados em uma planilha do programa Microsoft Excel e com a utilização do programa IBM SPSS foram realizados os cálculos das médias, desvios padrões e teste t , com o objetivo de estabelecer uma comparação entre as duas condições (C1: conceito obrigatório quantificado fixo e C2: conceito obrigatório quantificado móvel). Os resultados obtidos a partir dos cálculos das médias, desvios padrões e teste t foram organizados em uma tabela, para facilitar a análise e discussão dos resultados.

4.4.3 Análise da localização do conceito obrigatório na condição “conceito obrigatório quantificado móvel”

Para a análise da localização do conceito obrigatório na condição “conceito obrigatório quantificado móvel”, foram considerados todos os mapas conceituais produzidos na condição C2: conceito obrigatório quantificado móvel ($n=31$). Esses mapas foram analisados com o objetivo de se verificar a localização do conceito obrigatório, tendo em vista que nessa condição experimental os alunos tinham a liberdade de escolher a posição desse conceito no mapa conceitual. A classificação dos mapas conceituais de acordo com a localização do conceito obrigatório foi determinada por números de 1 a 9.

A Figura 29 apresenta a semiestruturação que foi oferecida aos alunos no momento da elaboração dos mapas conceituais, com as respectivas numerações referentes a cada “caixinha” em que os conceitos poderiam ser alocados. Os alunos não tiveram acesso aos números, que foram determinados posteriormente no momento da análise dos mapas conceituais.

Figura 29. Semiestruturação oferecida aos alunos no momento da elaboração dos mapas conceituais analisados nessa pesquisa. Os números foram estabelecidos para a determinação da localização do conceito obrigatório quantificado nos mapas conceituais da condição C2 (conceito obrigatório quantificado móvel). O conceito inicial de leitura do mapa conceitual é representado pelo número 1 (condição compulsória para os mapas conceituais da condição C1)

Todos os resultados obtidos com base na análise da localização do conceito obrigatório na condição “conceito obrigatório quantificado móvel” foram organizados em uma planilha do programa Microsoft Excel. Com base na tabulação dos resultados foi realizada a somatória de mapas conceituais que apresentaram o conceito obrigatório quantificado em cada uma das posições da semiestruturação dos mapas.

A partir dos resultados da somatória foram calculadas as porcentagens relativas a cada uma das posições. Os resultados das porcentagens foram apresentados na forma de um gráfico de barras, com o objetivo de facilitar a comparação entre as diferentes localizações.

4.4.4 Análise da rede proposicional quanto à aderência à pergunta focal

A análise da rede proposicional quanto à aderência à pergunta focal foi realizada para todos os mapas conceituais ($n=64$) considerando as duas condições (C1: conceito obrigatório quantificado fixo e C2: conceito obrigatório quantificado móvel).

A pergunta focal estabelecida para a elaboração de todos os mapas conceituais é: “Como o desenvolvimento científico-tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?” (Figura 23). Com base nessa pergunta foram analisados os conceitos, as proposições estabelecidas e a rede proposicional de forma holística. Para cada mapa conceitual foi determinada a resposta ou não à pergunta estabelecida.

Cada mapa conceitual foi analisado por dois avaliadores e os resultados obtidos por cada um dos avaliadores foram comparados. As divergências entre os resultados das análises foram discutidas em duas reuniões (Figura 30). Na primeira reunião foram solucionadas a maioria das divergências existentes. As divergências que persistiram após a primeira discussão e negociação foram solucionadas durante a segunda reunião, que contou com a presença de um terceiro avaliador, que reavaliou os mapas com avaliações divergentes. A terceira avaliação teve como objetivo confirmar os resultados atribuídos (Figura 30).

Os resultados obtidos para cada um dos mapas conceituais foram organizados em uma planilha do programa Microsoft Excel, sendo atribuído o valor 0 para os mapas que não aderiram à pergunta focal e o valor 1 para os mapas que responderam à pergunta focal.

Figura 30. Representação esquemática dos procedimentos realizados durante a análise da rede proposicional quanto à aderência à pergunta focal

A partir dos resultados obtidos foram calculadas as médias, desvios padrões e testes t , com o objetivo de comparar as médias de mapas conceituais que apresentaram aderência à pergunta focal nas condições C1(conceito obrigatório quantificado fixo) e C2 (conceito obrigatório quantificado móvel).

Todos os mapas conceituais produzidos pelos alunos e apresentados, como exemplos, na seção de resultados e discussões foram formatados pelo autor da dissertação, com a utilização do programa Cmap Tools. As cópias dos originais desses mapas conceituais são apresentadas como anexos dessa dissertação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e discussões estão descritos em subseções de acordo com cada análise realizada. O esquema representado na Figura 31 apresenta uma síntese desse capítulo.

Figura 31. Esquema elaborado para representar a organização da seção de resultados e discussões. As “caixinhas” azuis apresentam as análises realizadas e as “caixinhas” verdes apresentam as condições em que os mapas conceituais foram elaborados

5.1 ANÁLISE DA NATUREZA DAS PROPOSIÇÕES

Os valores das médias, desvios padrões e testes t dos valores absolutos, para cada um dos grupos de mapas conceituais (C1: conceito obrigatório quantificado fixo e C2: conceito obrigatório quantificado móvel), considerando o número de proposições em cada uma das categorias da análise proposicional (E, D00, D01, D10, D11 e D12), estão representados na Tabela 3.

Com base nos resultados de teste t , apresentados na Tabela 3 é possível afirmar que não há diferença estatística entre as médias obtidas a partir do número de proposições de cada uma das categorias da análise proposicional, quando comparadas as duas condições (C1: conceito obrigatório quantificado fixo e C2: conceito obrigatório quantificado móvel).

Diante da possibilidade de interferência do tamanho dos mapas conceituais, determinado pelo número de proposições estabelecidas em cada um deles, sobre os resultados obtidos para a comparação das médias, foram calculados os valores relativos. Esses valores foram obtidos a partir da divisão do número de proposições de cada uma das categorias da análise proposicional (E, D00, D01, D10, D11 e D12) pelo número total de proposições estabelecidas em cada mapa conceitual. Com base nos valores obtidos após a divisão foram calculados os valores das médias e desvios padrões. Os valores das médias para cada uma das categorias foram comparados por meio do teste t . Esses valores são apresentados na Tabela 4.

Com base na análise dos valores de teste t , apresentados na Tabela 4 é possível afirmar que não há diferença estatística entre as médias obtidas a partir do número relativo de proposições, para cada uma das categorias da análise proposicional, quando comparadas as duas condições (C1: conceito obrigatório quantificado fixo e C2: conceito obrigatório quantificado móvel). Esses valores confirmam os resultados obtidos a partir da comparação das médias dos números absolutos, representadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados do teste - t , comparando as médias absolutas obtidas para cada categoria de proposições, estabelecidas nos mapas conceituais produzidos em duas condições experimentais (conceito obrigatório quantificado fixo e conceito obrigatório quantificado móvel)

Estratégias	Categorias das Proposições							
	O	E	ΣD	D00	D01	D10	D11	D12
CO quantificado fixo (C1)	$1,18 \pm 1,70$	$1,58 \pm 1,58$	$9,94 \pm 2,94$	$3,24 \pm 2,14$	$0,82 \pm 0,98$	$3,00 \pm 1,75$	$2,30 \pm 1,40$	$0,58 \pm 0,75$
CO quantificado móvel (C2)	$0,90 \pm 1,87$	$1,65 \pm 1,36$	$9,39 \pm 3,46$	$2,90 \pm 1,80$	$0,74 \pm 0,96$	$2,55 \pm 1,77$	$2,65 \pm 1,70$	$0,52 \pm 0,72$
t^*	0,62	- 0,19	0,69	0,67	0,31	1,03	- 0,87	0,32

Tabela 4 - Resultados do teste - t , comparando as médias relativas obtidas para cada categoria de proposições, estabelecidas nos mapas conceituais produzidos em duas condições experimentais (conceito obrigatório quantificado fixo e conceito obrigatório quantificado móvel)

Estratégias	Categorias das Proposições							
	O	E	ΣD	D00	D01	D10	D11	D12
CO quantificado fixo (C1)	$0,09 \pm 0,15$	$0,12 \pm 0,11$	$0,78 \pm 0,23$	$0,25 \pm 0,14$	$0,06 \pm 0,07$	$0,24 \pm 0,15$	$0,18 \pm 0,11$	$0,05 \pm 0,06$
CO quantificado móvel (C2)	$0,08 \pm 0,17$	$0,14 \pm 0,11$	$0,78 \pm 0,29$	$0,24 \pm 0,14$	$0,06 \pm 0,08$	$0,21 \pm 0,13$	$0,23 \pm 0,14$	$0,04 \pm 0,06$
t^*	0,46	-0,66	0,00	0,30	0,25	0,83	-1,42	0,10

* Teste- t calculado com 62 graus de liberdade e limite de confiança de 95%. O t crítico para esses valores é de 1,67 de acordo com a tabela de distribuição t de Student. Para valores abaixo de 1,67, as médias são estatisticamente iguais.

Os números médios de proposições estáticas, $(0,12 \pm 0,11)$ e $(0,14 \pm 0,11)$, apresentados na Tabela 4, são muito menores ($t=-2,42$) e ($t=-2,10$), quando comparados aos números médios das somatórias de proposições dinâmicas nas mesmas condições experimentais $(0,78 \pm 0,23)$ e $(0,78 \pm 0,29)$. Essa diferença deve-se as demandas apresentadas para a elaboração dos mapas conceituais: apresentação de pergunta focal iniciada com “como”; semiestruturação dos mapas conceituais com base na estrutura de mapas cíclicos e quantificação de um dos conceitos, estratégias que segundo Derbentseva et al. (2007) estimulam o estabelecimento de proposições dinâmicas em mapas conceituais.

O mapa conceitual representado na Figura 32 exemplifica a maior quantidade de proposições dinâmicas em relação a quantidade de proposições estáticas na condição C1(conceito obrigatório quantificado fixo).

Figura 32. Mapa conceitual, elaborado por aluno, na condição C1. O conceito quantificado encontra-se na “caixinha” com linha segmentada. As proposições dinâmicas apresentam linhas azuis e as proposições estáticas apresentam linhas vermelhas

O mapa conceitual apresentado na Figura 33 apresenta um número elevado de proposições dinâmicas ($n=10$) em relação ao número de proposições estáticas ($n=4$). O maior número de proposições dinâmicas nos remete a uma estrutura dinâmica do mapa conceitual. A proposição: crise global – provocou o $\rightarrow$ aumento das ações locais é um exemplo de uma proposição que revela uma interdependência entre os dois conceitos, em uma relação de causa e consequência. O estabelecimento desse tipo de proposição revela o conhecimento do aluno sobre os dois conceitos. Esse conhecimento pode ser avaliado devido a clareza de conteúdo com que a proposição foi estabelecida.

Os valores médios para as proposições estáticas em C1 ($0,12 \pm 0,11$) e C2 ($0,14 \pm 0,11$), podem ser explicados pelos estímulos utilizados, para a elaboração de proposições dinâmicas.

A utilização de um conceito obrigatório quantificado levou aos valores médios obtidos para as categorias: D01 ($0,06 \pm 0,07$), D11 ($0,18 \pm 0,11$) e D12 ($0,05 \pm 0,06$) na condição C1 (conceito obrigatório quantificado fixo) e D01 ($0,06 \pm 0,08$), D11 ($0,23 \pm 0,14$) e D12 ($0,04 \pm 0,06$) na condição C2 (conceito obrigatório quantificado móvel). Esse fato está de acordo com a ideia apresentada por Derbentseva et al. (2007), de que a utilização de um conceito quantificado pode levar a quantificação de outros conceitos estabelecidos no mapa conceitual. O mapa conceitual representado na Figura 34 apresenta um conceito quantificado influenciando a quantificação de outro conceito no mapa conceitual.

Figura 34. Mapa conceitual, elaborado por aluno, que apresenta um conceito quantificado que levou a quantificação de outro conceito da rede proposicional. Proposição destacada em vermelho

A proposição: Aumento das ações locais – auxilia na → Redução de gases do efeito estufa, apresenta natureza dinâmica e quantificação em ambos os conceitos, sendo classificada como D12 de acordo com a classificação proposta pela análise da natureza das proposições (Romano Jr. & Correia, 2010). A elaboração de proposições dessa categoria exige do aluno um alto grau de conhecimento sobre o tema a ser mapeado. Esse conhecimento favoreceu o estabelecimento de relações de interdependência entre os conceitos, em uma relação de proporcionalidade inversa.

Os resultados obtidos a partir da análise da natureza das proposições revelam que não há diferença, na natureza das proposições estabelecidas nos mapas conceituais, na comparação entre as condições C1 (conceito obrigatório quantificado fixo) e C2 (conceito obrigatório quantificado móvel).

5.2 ANÁLISE DA LOCALIZAÇÃO DO CONCEITO OBRIGATÓRIO QUANTIFICADO NA CONDIÇÃO “CONCEITO OBRIGATÓRIO QUANTIFICADO MÓVEL”

Os valores absolutos e as porcentagens de mapas conceituais, de acordo com a posição do conceito obrigatório na condição C2 (conceito obrigatório quantificado móvel), estão representados na Figura 35. Nessa condição experimental o aluno teve liberdade para alocar o conceito obrigatório quantificado em qualquer posição da semiestruturação, apresentada para a elaboração do mapa conceitual.

Figura 35. Gráfico representando a distribuição em porcentagem de mapas conceituais, com relação a localização do conceito obrigatório na condição C2 “conceito obrigatório quantificado móvel”

As análises da Figura 35 revelaram que uma grande parcela dos alunos utilizou o conceito obrigatório como conceito inicial para leitura do mapa conceitual (n=7; 22,8%). Ao utilizar o conceito obrigatório como inicial pressupõem-se que o aluno assume uma atividade de diferenciação progressiva. Essa diferenciação advém do delineamento de diferenças entre ideias relacionadas ao conceito (Novak, 2010).

O mapa conceitual representado na Figura 36 apresenta o uso do conceito obrigatório na posição 6.

Figura 36. Mapa conceitual, elaborado por aluno, com a utilização do conceito obrigatório em uma posição periférica (6) da estrutura do mapa conceitual. Proposição destacada em vermelho

A proposição em destaque no mapa conceitual (Figura 36) representa a utilização do conceito obrigatório em uma posição periférica do mapa conceitual e o estabelecimento de apenas uma proposição a partir desse conceito. A opção do aluno por acionar apenas uma vez o conceito obrigatório, pode ser explicada pela dificuldade em relacionar esse conceito com os demais conceitos selecionados por ele, para a elaboração do mapa conceitual. Caso o aluno possuísse esquemas organizados sobre o tema incluindo o conceito obrigatório, essa sobrecarga seria evitada, mediante a redução de elementos que seriam processados pela memória de trabalho, durante a elaboração do mapa conceitual.

No mapa conceitual representado na Figura 37 observa-se o uso do conceito obrigatório na posição 8.

Figura 37. Mapa conceitual, elaborado por aluno, com a utilização do conceito obrigatório em uma posição periférica (8) da estrutura do mapa conceitual. Proposição destacada em vermelho

Nesse mapa (Figura 37) temos o estabelecimento de duas proposições com a utilização do conceito obrigatório quantificado. Uma das proposições estabelecidas: aumento das ações locais – para se adequar ao → uso de energia limpa, não apresenta clareza inviabilizando sua interpretação de forma desvinculada da rede proposicional do mapa. Essa proposição estabelece um vínculo com a outra proposição estabelecida com a utilização do mesmo conceito, em uma leitura sequencial: acordo de Copenhague – de tão superficial estimulou o → aumento das ações locais – para se adequar ao → uso de energia limpa. Esse fato descaracteriza a proposição que deve apresentar sentido e clareza de forma vinculada e desvinculada da rede proposicional do mapa conceitual ao qual pertence.

A ausência de clareza no estabelecimento das proposições pode ser explicada pelo desconhecimento da forma de elaboração de mapas conceituais ou pela falta de domínio sobre o tema que será mapeado (Conradty & Bogner, 2010). O fator relacionado ao desconhecimento da forma de elaboração de mapas conceituais foi minimizado pelo processo de aprendizagem sobre mapeamento conceitual, que ocorreu durante o primeiro módulo da disciplina de Ciências da Natureza. Esse

treinamento visa a redução da carga cognitiva extrínseca no momento da elaboração do mapa conceitual. Nesse contexto os mapas conceituais podem revelar as dificuldades dos alunos com relação ao tema mapeado, fator que está relacionado a carga cognitiva intrínseca, diretamente relacionada ao conhecimento do aluno sobre o conteúdo que foi mapeado.

A estrutura apresentada por esse mapa conceitual (Figura 37) estabelece um vínculo direto com os mapas conceituais cíclicos. Esse fato se deve a utilização da semiestruturação, baseada nos mapas cíclicos, como demanda estabelecida para a elaboração dos mapas conceituais dessa pesquisa.

O estabelecimento de uma comparação entre a utilização do conceito quantificado obrigatório no mapa conceitual da Figura 36 e no mapa conceitual da Figura 37, permitiu a verificação de um menor acionamento do conceito obrigatório no mapa conceitual da Figura 36. Nesse mapa conceitual temos o estabelecimento de apenas uma proposição com a utilização do conceito obrigatório, que remete a uma tentativa de isolamento desse conceito. No entanto, no mapa conceitual da Figura 37 o conceito obrigatório é utilizado no estabelecimento de duas proposições, descaracterizando o seu isolamento e remetendo a uma relação de encadeamento entre os conceitos, nesse mapa conceitual.

5.3 ANÁLISE DA ESTRUTURA E DA NATUREZA DAS PROPOSIÇÕES ESTABELECIDAS COM A UTILIZAÇÃO DO CONCEITO OBRIGATÓRIO QUANTIFICADO

Os resultados de médias, desvios padrões e teste t obtidos a partir das análises estrutural e da natureza das proposições estabelecidas com a utilização do conceito obrigatório quantificado estão descritas na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados do teste - t , comparando as médias obtidas para cada categoria da análise da natureza das proposições e análise estrutural, estabelecidas nos mapas conceituais, produzidos em duas condições experimentais (C1: conceito obrigatório quantificado fixo e C2: conceito obrigatório quantificado móvel), com a utilização do conceito obrigatório

Estratégias	Estrutura			Categorias das Proposições				
	Proposições com o CO	CO inicial	CO final	E	ΣD	D01	D11	D12
CO quantificado fixo (C1)	$2,72 \pm 1,17$	$2,06 \pm 1,16$	$0,66 \pm 1,00$	$0,34 \pm 0,55$	$2,41 \pm 1,29$	$0,75 \pm 1,02$	$1,13 \pm 1,04$	$0,50 \pm 0,67$
CO quantificado móvel (C2)	$2,47 \pm 1,11$	$1,40 \pm 0,93$	$1,07 \pm 0,87$	$0,33 \pm 0,66$	$2,13 \pm 1,22$	$0,67 \pm 0,84$	$1,10 \pm 0,80$	$0,37 \pm 0,56$
t^*	0,87	2,47*	-1,72*	0,07	0,85	0,35	0,11	0,85

* Teste-t calculado com 62 graus de liberdade e limite de confiança de 95%. O t crítico para esses valores é de 1,67 de acordo com a tabela de distribuição t de Student. Para valores abaixo de 1,67 aceita-se que as médias são estatisticamente iguais

Com base nos valores dos testes t é possível verificar que existem diferenças estatísticas para as médias obtidas nas situações em que o conceito obrigatório quantificado foi utilizado como conceito inicial para o estabelecimento da proposição ($t=2,47$), quando comparadas as condições: C1 (conceito obrigatório quantificado fixo) e C2 (conceito obrigatório quantificado móvel). Os valores médios obtidos em C1 ($2,06 \pm 1,16$) são maiores quando comparados aos valores obtidos em C2 ($1,40 \pm 0,93$).

Na situação em que o conceito obrigatório quantificado foi utilizado como conceito final da proposição também existe diferença estatística ($t=-1,72$), quando comparadas as duas condições C1: conceito obrigatório quantificado fixo e C2: conceito obrigatório quantificado móvel, no entanto, o valor médio na condição C1 ($0,66 \pm 1,00$) é menor que o valor médio na condição C2 ($1,07 \pm 0,87$).

Esse fato pode ser explicado por uma estratégia utilizada pelos alunos, na condição C2 (conceito obrigatório quantificado móvel), que resultou na redução da carga cognitiva extrínseca. Ao utilizar o conceito obrigatório como final para o estabelecimento da proposição, esse conceito não influencia de forma direta o conceito inicial da proposição. Essa situação ocorre com menor frequência na condição C1 em que o conceito quantificado obrigatório é o conceito inicial da leitura do mapa conceitual. O conceito inicial do mapa nessa condição, está posicionado na semiestrutura em uma posição que remete ao nível hierárquico mais elevado do mapa conceitual, portanto, o mais abrangente.

A Figura 38 representa um mapa conceitual em que o aluno utilizou o conceito obrigatório como conceito final em todas as proposições estabelecidas com sua utilização.

Figura 38. Mapa conceitual, elaborado por aluno, com a utilização do conceito obrigatório em uma posição periférica (9) da estrutura do mapa conceitual. Proposições destacadas em vermelho

Nesse caso (Figura 38), a alocação do conceito obrigatório quantificado em uma posição diferente da inicial de leitura do mapa conceitual, indica a utilização criteriosa desse conceito. Essa afirmação tem como base as proposições estabelecidas com sua utilização, que pressupõe um bom entendimento sobre o tema mapeado. Esse fato é confirmado pela estrutura rede do mapa conceitual, que revela a ocorrência de aprendizagem significativa (Kinchin, Hay & Adams, 2000).

Os resultados obtidos para a análise da natureza e da estrutura das proposições estabelecidas com a utilização do conceito obrigatório quantificado, revelam que houve diferença na comparação entre as condições C1 (conceito obrigatório quantificado fixo) e C2 (conceito obrigatório quantificado móvel) apenas para a estrutura das proposições.

5.4 ANÁLISE DA REDE PROPOSICIONAL QUANTO À ADERÊNCIA À PERGUNTA FOCAL

A Tabela 6 apresenta as médias, desvios padrões e teste t dos resultados obtidos para a aderência da rede proposicional à pergunta focal: “Como o desenvolvimento científico-tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?”, estabelecida para a elaboração dos mapas conceituais, considerando as condições experimentais C1(conceito obrigatório quantificado fixo) e C2 (conceito obrigatório quantificado móvel). Para o cálculo das médias e desvios padrões foram atribuídos os valores 1 para os mapas conceituais que responderam à pergunta focal e 0 para os mapas conceituais que não responderam à pergunta focal.

Tabela 6 - Resultados do teste - t , comparando as médias obtidas a partir da análise da rede proposicional quanto à aderência à pergunta focal, dos mapas conceituais produzidos nas duas condições experimentais (C1: conceito obrigatório quantificado fixo e C2: conceito obrigatório quantificado móvel)

Estratégia	Aderência à pergunta focal
CO quantificado fixo (C1)	0,61 $\pm$ 0,25
CO quantificado móvel (C2)	0,55 $\pm$ 0,26
t^*	0,46

* Teste-t calculado com 62 graus de liberdade e limite de confiança de 95%. O t crítico para esses valores é de 1,67 de acordo com a tabela de distribuição t de Student. Para valores abaixo de 1,67 aceita-se que as médias são estatisticamente iguais

A análise do valor de teste t ($t=0,46$), apresentado na Tabela 6 revela que não houve diferença estatística entre os valores médios obtidos na condição C1 (0,61 $\pm$ 0,25) e na condição C2 (0,55 $\pm$ 0,26), para aderência da rede proposicional do mapa conceitual à pergunta focal.

A Figura 39 representa um mapa conceitual da condição C2 (conceito obrigatório quantificado móvel), que responde a pergunta focal estabelecida para a sua elaboração.

Figura 39. Mapa conceitual, elaborado na condição C2, que responde à pergunta focal. As linhas referentes às proposições dinâmicas estão representadas na cor azul e a linha referente a proposição estática está representada na cor vermelha

O elevado número de proposições dinâmicas ($n=9$) em relação ao número de proposições estáticas ($n=1$), apresentado no mapa conceitual (Figura 39) ofereceu condições para que a rede proposicional do mapa conceitual aderisse à pergunta focal. A adesão à pergunta focal requer do aluno o conhecimento sobre os conceitos utilizados na elaboração do mapa conceitual. O conhecimento do conteúdo e o domínio da técnica de mapeamento conceitual favoreceu o estabelecimento de proposições dinâmicas, que no exemplo revelaram uma relação entre o avanço científico e as mudanças climáticas.

O mapa conceitual representado na Figura 40 foi elaborado na condição C1 (conceito obrigatório quantificado fixo) e sua rede proposicional não apresenta aderência à pergunta focal.

Figura 40. Mapa conceitual, elaborado na condição C1, que não adere à pergunta focal

O mapa conceitual representado na Figura 40 apresenta proposições que não permitiram a aderência da rede proposicional à pergunta focal. A maioria das proposições presentes nesse mapa, não permite uma interpretação de forma desvinculada da rede proposicional. Esse fato pode ser explicado pelo aumento da carga cognitiva extrínseca (relacionada ao formato da tarefa a ser realizada), determinado pelo pouco conhecimento do aluno, em relação a técnica de mapeamento conceitual.

O mapa conceitual representado na Figura 41 pertence a condição C1 (conceito obrigatório quantificado fixo) e sua rede proposicional apresenta aderência à pergunta focal.

Figura 41. Mapa conceitual, elaborado na condição C1, que adere à pergunta focal. As linhas referentes às proposições dinâmicas são representadas na cor azul e as linhas referentes às proposições estáticas são representadas cor vermelha

A aderência à pergunta focal, apresentada pelo mapa conceitual da Figura 41, revela que o estabelecimento de um maior número de proposições dinâmicas em relação ao número de proposições estáticas favoreceu a aderência à pergunta focal (Xavier & Correia, 2014), nesse caso específico. A aderência da rede proposicional à pergunta focal, associada à prevalência de proposições dinâmicas em relação às proposições estáticas, sugere que as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA) foram estabelecidas. Esse fato favorece a avaliação do nível de alfabetização científica do estudante que produziu o mapa conceitual.

Com base nos resultados obtidos a partir da análise de aderência da rede proposicional à pergunta focal é possível afirmar que não houve diferença, com relação a média de mapas conceituais que aderiram à pergunta focal, na condição C1 (conceito obrigatório quantificado fixo) em comparação com a condição C2 (conceito obrigatório quantificado móvel).

6 CONCLUSÃO, TRABALHOS FUTUROS E REFLEXÕES DO AUTOR

6.1 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos a partir das análises:

(1) da natureza das proposições, que revelou não existir diferença entre os padrões de rede proposicional dos mapas conceituais, elaborados na condição C1 (conceito obrigatório quantificado fixo) em comparação com a condição C2 (conceito obrigatório quantificado móvel), quanto à natureza das proposições estabelecidas;

(2) da localização do conceito obrigatório quantificado na condição “conceito obrigatório quantificado móvel” que revelou a utilização do conceito obrigatório em posições diferentes da posição inicial de leitura do mapa conceitual;

(3) da estrutura e da natureza das proposições estabelecidas com a utilização do conceito obrigatório quantificado, que revelou a existência de diferenças na estrutura das proposições estabelecidas com o conceito obrigatório quantificado, na condição C1 (conceito obrigatório quantificado fixo) em comparação com a condição C2 (conceito obrigatório quantificado móvel) e não existir diferença na natureza das proposições estabelecidas com a utilização do conceito obrigatório quantificado, quando comparadas as condições C1 (conceito obrigatório quantificado fixo) e C2 (conceito obrigatório quantificado móvel);

(4) da rede proposicional quanto à aderência à pergunta focal, que revelou não existir diferença entre o número médio de mapas conceituais, cujas redes proposicionais aderiram à pergunta focal, quando comparadas as condições C1 (conceito obrigatório quantificado fixo) e C2 (conceito obrigatório quantificado móvel).

A hipótese de trabalho: “Sim. Há diferença na rede proposicional do mapa conceitual, quando se utiliza um conceito quantificado como conceito inicial de leitura do mapa conceitual, em comparação com a utilização de um conceito quantificado em qualquer outra parte do mapa conceitual” foi parcialmente refutada.

6.2 TRABALHOS FUTUROS

Com base nos resultados obtidos nessa pesquisa é possível identificar a possibilidade de trabalhos futuros que considerem: as análises da natureza das proposições e de aderência da rede proposicional à pergunta focal, associadas a verificação da correção conceitual das proposições estabelecidas em mapas conceituais, como forma de compor parâmetros para a avaliação da aprendizagem de conceitos científicos.

6.3 REFLEXÕES DO AUTOR

A avaliação da rede proposicional de mapas conceituais deve abordar diversos aspectos. A natureza das proposições, a estrutura das proposições e a aderência à pergunta focal são fundamentais para uma avaliação holística dos mapas conceituais.

Uma avaliação holística de mapas conceituais, embasada pela Teoria da Carga Cognitiva, pode fundamentar o planejamento pedagógico eficiente que resulte na utilização de estratégias adequadas, de acordo com os objetivos pretendidos com a utilização dos mapas conceituais.

A seleção de conceitos obrigatórios, com base no conteúdo que será avaliado (Cicuto & Correia, 2012) e o seu alinhamento com relação à pergunta focal, estabelecida para a elaboração do mapa conceitual, constituem-se como demandas essenciais que permitirão que os mapas conceituais elaborados sejam utilizados para a avaliação da aprendizagem.

O estabelecimento de proposições dinâmicas em mapas conceituais é essencial para revelar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (Romano Jr. & Correia, 2010) e consequentemente os níveis de alfabetização científica dos alunos. Nesse caso a utilização das demandas específicas como:

pergunta focal iniciada com “como”, estrutura cíclica e conceito quantificado (Derbentseva et al., 2007), torna-se indispensáveis.

Formas de análise de mapas conceituais, que contem com a participação de mais de um avaliador, são essenciais para a minimização da influência das subjetividades sobre os resultados obtidos.

REFERÊNCIAS¹

- Aguiar, J. G., & Correia, P. R. M. (2013) Como fazer bons mapas conceituais? estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 13 (2), 141-157.
- Bybee, R. W., & Fuchs, B. (2006). Preparing the 21 st century workforce: a new reform in science and technology education. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (4), 349-352.
- Cachapuz, A. F. (1999). Epistemologia do ensino de ciências no pós - mudança conceitual: análise de um percurso de pesquisa. In *Atas do II ENPEC*. Valinhos: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.
- Cicuto, C.A.T., & Correia, P.R.M. (2012). Análise de vizinhança: uma nova abordagem para avaliar a rede proposicional de mapas conceituais. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 34, 1401/1-1401/10.
- Cañas, A. J. (2009). What is a concept? ... from a concept mapping perspective. Recuperado em 23 de março de 2015, de <http://cmap.ihmc.us/docs/Proposition.html>
- Conradty, C., & Bogner, F. X. (2010). Implementation of concept mapping to novices: reasons for errors, a matter of technique or content? *Educational Studies*, 36, 47-58.
- Correia, P. R. M., & Aguiar, J. G. (2014). Concept mapping informed by cognitive load theory: implications for tasks involving learner-generated cmaps. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Concept Mapping* (150-157). Santos, Brasil.
- Correia, P. R. M., & Cicuto, C. A. T. (2014). Neighbourhood analysis to foster meaningful learning using concept mapping in science education. *Science Education International*, 24 (3), 259-282.
- 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 *Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping*. Tallin: OÜ Vali Press.
- Derbentseva, N., Safayeni, F., & Canas, A. J. (2007). Concept maps: experiments on dynamic thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 448–465.

¹ De acordo com o estilo APA – American Psychological Association

- Field, A. (2009). *Descobrimos a estatística usando o SPSS*. Porto Alegre: Artmed.
- Griffiths, A. J. F., Gelbart, W. M., Miller, J. H., & Lewontin, R. C. (2001). *Genética Moderna*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- 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, 43-57.
- Lopes, S., & Rosso, S. (2013). *Bio*: volume 2. São Paulo: Saraiva.
- Miller, J. D. (1983). Scientific literacy: a conceptual and empirical review. *Daedalus*, 112 (2), 29-48.
- Miller, N. L., & Cañas, A. J. (2008). A semantic scoring rubric for concept maps: design and reliability. In: *Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping* (pp. 253-260). Tallin: OÜ Vali Press.
- Novak, J. D. (2010). *Learning, creating and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. 2ª Ed. New York: Routledge.
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2006). The origins of the concept mapping tool and the continuing evolution of the tool. *Information Visualization Journal*, 5 (3), 175-184.
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2010). A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. *Práxis Educativa*, 5, 9–29.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge.
- Novak, J. D., & Musonda, D. (1991). A twelve-year longitudinal study of science concept learning. *American Educational Research Journal*, 28, 117–153.
- Romano Jr, J. G., & Correia, P. R. M. (2010). A taxonomic scheme for propositional analysis. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Concept Mapping* (pp. 49-57). Santiago do Chile: Universidad de Chile.
- Safayeni, F., Derbentseva, N., & Canas, A. J. (2005). A theoretical note on concepts and the need for cyclic concept maps. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 741–766.
- Silva Jr., S. N., Romano Jr, J. G., & Correia, P. R. M. (2010). Structural analysis of concept maps to evaluate students' proficiency as mappers. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Concept Mapping* (pp. 369-376). Santiago do Chile: Universidad de Chile.

- Sweller, J., Ayres, P. & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. New York: Springer.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual revolutions*. Princeton: Princeton University Press.
- Van Merriënboer, J., Sweller, J. (2010). Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies. *Medical Education*, 44, 85-93.
- Xavier, J. M. S., & Correia, P. R. M. (2014). Estudo sobre a natureza estática ou dinâmica das proposições em mapas conceituais sobre bioética. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Concept Mapping* (241-250). Santos, Brasil.

ANEXO A – Mapa conceitual da Figura 32

PERGUNTA FOCAL & INSTRUÇÕES	
Como o desenvolvimento científico-tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?	
[1] O retângulo pontilhado indica o conceito inicial do MC. [2] "AUMENTO DAS AÇÕES LOCAIS" deve ser o conceito inicial do seu MC. [3] Numere as proposições, indicando a ordem de leitura. [4] Indique a fonte do conceito no círculo que está vinculado a cada retângulo, de acordo com a codificação utilizada para elaborar a cola oficial da P2.	
A: "Mudanças climáticas e desenvolvimento" (txt, José Goldemberg)	B: "Al Gore alerta sobre as últimas tendências climáticas" (vídeo, Al Gore)
C: "Questões globais: crise ou oportunidade?" (txt, André Trigueiro)	D: "Consumo consciente" (vídeo, André Trigueiro)
E: "COP15: apontamentos campo" (txt, S. Abranches)	F: "Racismo ambiental" (vídeo, Paulo Saldiva)

ANEXO C – Mapa conceitual da Figura 34

PERGUNTA FOCAL & INSTRUÇÕES	
Como o desenvolvimento científico-tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?	
[1] O retângulo pontilhado indica o conceito inicial do MC. [2] "AUMENTO DAS AÇÕES LOCAIS" deve ser o conceito inicial do seu MC. [3] Numere as proposições, indicando a ordem de leitura. [4] Indique a fonte do conceito no círculo que está vinculado a cada retângulo, de acordo com a codificação utilizada para elaborar a cola oficial da P2.	
A: "Mudanças climáticas e desenvolvimento" (txt, José Goldemberg)	B: "Al Gore alerta sobre as últimas tendências climáticas" (vídeo, Al Gore)
C: "Questões globais: crise ou oportunidade?" (txt, André Trigueiro)	D: "Consumo consciente" (vídeo, André Trigueiro)
E: "COP15: apontamentos campo" (txt, S. Abranches)	F: "Racismo ambiental" (vídeo, Paulo Saldiva)

ANEXO D – Mapa conceitual da Figura 35

PERGUNTA FOCAL & INSTRUÇÕES	
Como o desenvolvimento científico-tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?	
[1] O retângulo pontilhado indica o conceito inicial do MC. [2] "AUMENTO DAS AÇÕES LOCAIS" deve ser o conceito inicial do seu MC. [3] Numere as proposições, indicando a ordem de leitura. [4] Indique a fonte do conceito no círculo que está vinculado a cada retângulo, de acordo com a codificação utilizada para elaborar a cola oficial da P2.	
A: "Mudanças climáticas e desenvolvimento" (txt, José Goldemberg)	B: "Al Gore alerta sobre as últimas tendências climáticas" (vídeo, Al Gore)
C: "Questões globais: crise ou oportunidade?" (txt, André Trigueiro)	D: "Consumo consciente" (vídeo, André Trigueiro)
E: "COP15: apontamentos campo" (txt, S. Abranches)	F: "Racismo ambiental" (vídeo, Paulo Saldiva)

ANEXO E – Mapa conceitual da Figura 36

PERGUNTA FOCAL & INSTRUÇÕES	
Como o desenvolvimento científico-tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?	
[1] O retângulo pontilhado indica o conceito inicial do MC. [2] "AUMENTO DAS AÇÕES LOCAIS" é o conceito obrigatório e deve fazer parte do seu MC. [3] Numere as proposições, indicando a ordem de leitura. [4] Indique a fonte do conceito no círculo que está vinculado a cada retângulo, de acordo com a codificação utilizada para elaborar a cola oficial da P2.	
A: "Mudanças climáticas e desenvolvimento" (txt, José Goldemberg)	B: "Al Gore alerta sobre as últimas tendências climáticas" (vídeo, Al Gore)
C: "Questões globais: crise ou oportunidade?" (txt, André Trigueiro)	D: "Consumo consciente" (vídeo, André Trigueiro)
E: "COP15: apontamentos campo" (txt, S. Abranches)	F: "Racismo ambiental" (vídeo, Paulo Saldiva)

ANEXO F – Mapa conceitual da Figura 37

PERGUNTA FOCAL & INSTRUÇÕES	
Como o desenvolvimento científico-tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?	
[1] O retângulo pontilhado indica o conceito inicial do MC. [2] "AUMENTO DAS AÇÕES LOCAIS" é o conceito obrigatório e deve fazer parte do seu MC. [3] Numere as proposições, indicando a ordem de leitura. [4] Indique a fonte do conceito no círculo que está vinculado a cada retângulo, de acordo com a codificação utilizada para elaborar a cola oficial da P2.	
A: "Mudanças climáticas e desenvolvimento" (txt, José Goldemberg)	B: "Al Gore alerta sobre as últimas tendências climáticas" (vídeo, Al Gore)
C: "Questões globais: crise ou oportunidade?" (txt, André Trigueiro)	D: "Consumo consciente" (vídeo, André Trigueiro)
E: "COP15: apontamentos campo" (txt, S. Abranches)	F: "Racismo ambiental" (vídeo, Paulo Saldiva)

ANEXO G – Mapa conceitual da Figura 38

PERGUNTA FOCAL & INSTRUÇÕES	
Como o desenvolvimento científico-tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?	
[1] O retângulo pontilhado indica o conceito inicial do MC. [2] "AUMENTO DAS AÇÕES LOCAIS" é o conceito obrigatório e deve fazer parte do seu MC. [3] Numere as proposições, indicando a ordem de leitura. [4] Indique a fonte do conceito no círculo que está vinculado a cada retângulo, de acordo com a codificação utilizada para elaborar a cola oficial da P2.	
A: "Mudanças climáticas e desenvolvimento" (txt, José Goldemberg)	B: "Al Gore alerta sobre as últimas tendências climáticas" (vídeo, Al Gore)
C: "Questões globais: crise ou oportunidade?" (txt, André Trigueiro)	D: "Consumo consciente" (vídeo, André Trigueiro)
E: "COP15: apontamentos campo" (txt, S. Abranches)	F: "Racismo ambiental" (vídeo, Paulo Saldiva)

ANEXO H – Mapa conceitual da Figura 39

PERGUNTA FOCAL & INSTRUÇÕES	
Como o desenvolvimento científico-tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?	
[1] O retângulo pontilhado indica o conceito inicial do MC. [2] "AUMENTO DAS AÇÕES LOCAIS" é o conceito obrigatório e deve fazer parte do seu MC. [3] Numere as proposições, indicando a ordem de leitura. [4] Indique a fonte do conceito no círculo que está vinculado a cada retângulo, de acordo com a codificação utilizada para elaborar a cola oficial da P2.	
A: "Mudanças climáticas e desenvolvimento" (txt, José Goldemberg)	B: "Al Gore alerta sobre as últimas tendências climáticas" (vídeo, Al Gore)
C: "Questões globais: crise ou oportunidade?" (txt, André Trigueiro)	D: "Consumo consciente" (vídeo, André Trigueiro)
E: "COP15: apontamentos campo" (txt, S. Abranches)	F: "Racismo ambiental" (vídeo, Paulo Saldiva)

ANEXO I – Mapa conceitual da Figura 40

PERGUNTA FOCAL & INSTRUÇÕES	
Como o desenvolvimento científico-tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?	
[1] O retângulo pontilhado indica o conceito inicial do MC. [2] "AUMENTO DAS AÇÕES LOCAIS" deve ser o conceito inicial do seu MC. [3] Numere as proposições, indicando a ordem de leitura. [4] Indique a fonte do conceito no círculo que está vinculado a cada retângulo, de acordo com a codificação utilizada para elaborar a cola oficial da P2.	
A: "Mudanças climáticas e desenvolvimento" (txt, José Goldemberg)	B: "Al Gore alerta sobre as últimas tendências climáticas" (vídeo, Al Gore)
C: "Questões globais: crise ou oportunidade?" (txt, André Trigueiro)	D: "Consumo consciente" (vídeo, André Trigueiro)
E: "COP15: apontamentos campo" (txt, S. Abranches)	F: "Racismo ambiental" (vídeo, Paulo Saldiva)