

Avaliação da proficiência em mapeamento conceitual

Evaluation of proficiency in concept mapping

Joana Guilaes de Aguiar¹

*Camila Aparecida Tolentino Cicuto*¹

Sérgio Noronha Silva Jr.²

*Paulo Rogério Miranda Correia*²

¹ Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, USP.

² Escola de Artes, Ciências e Humanidades, USP.

prmc@usp.br

Resumo

Este estudo apresenta um procedimento de capacitação em mapeamento conceitual que pode ser desenvolvido em quatro aulas. O processo de treinamento foi avaliado a partir de um questionário validado (alfa de Cronbach 0,902) sobre a compreensão e opinião dos alunos em relação ao uso de mapas conceituais (MCs). Os questionários (n = 232) foram coletados na última aula da disciplina ACH0011 Ciências da Natureza (EACH, USP/Leste) em 2009 e 2010. A análise dos dados envolveu o tratamento estatístico de comparação entre médias por teste-t e a análise hierárquica de agrupamentos (HCA) para observar similaridades entre os alunos e/ou afirmações do questionário. O questionário identificou diferenças entre as turmas (n = 4) que foram submetidas ao procedimento de capacitação e uma turma que não participou das atividades (grupo de controle). Além disso, por meio da HCA foi possível identificar quatro agrupamentos de alunos de acordo com o nível de proficiência em mapeamento conceitual.

Palavras-chave: Mapa Conceitual; Capacitação; Análise de Agrupamento Hierárquico (HCA); Ensino de Ciências.

Abstract

This study presents a training procedure in conceptual mapping that can be developed in four classes. This training process was evaluated using a validated questionnaire (Cronbach's alpha 0.902) on the understanding and students' opinions about the use of concept maps (CMs). Questionnaires (n = 232) were collected in the last class of ACH0011 Natural Sciences (EACH, USP/Leste) in 2009 and 2010. Data analysis involved the statistical comparison between means by t-test and hierarchical cluster analysis (HCA) to observe similarities between the students and/or statements in the questionnaire. The questionnaire identified differences between the groups (n = 4) who underwent the procedure and a training

group that doesn't participated in these activities (control group). In addition, HCA was able to identify four groups of students according to their level of proficiency in conceptual mapping.

Keywords: Concept Map; Training; Hierarchical Cluster Analysis (HCA); Science teaching.

Introdução

O mapeamento conceitual é uma técnica bem estabelecida que permite a descrição idiossincrática dos modelos mentais que compõem a estrutura cognitiva dos indivíduos. A técnica tem sido amplamente utilizada para fins educacionais e corporativos para as mais diversas finalidades: avaliação do conhecimento prévio, arquivamento e compartilhamento de conhecimento especializado; e promoção de processos colaborativos (NOVAK, 1998; FISCHER et al, 2002; COFFEY, 2006; NOVAK e CAÑAS, 2006). Os mapas conceituais (MCs) são diagramas bidimensionais formados por proposições que, por sua vez, são formadas pela união de dois conceitos por meio de um termo de ligação que expressa a relação conceitual entre eles. A Figura 1 apresenta um mapa conceitual para exemplificar melhor o que são MCs. O MC foi dividido em três setores: 1. características (caixas retangulares sem sombra), 2. estrutura (caixas retangulares sombreadas), 3. funções (círculos sem sombra).

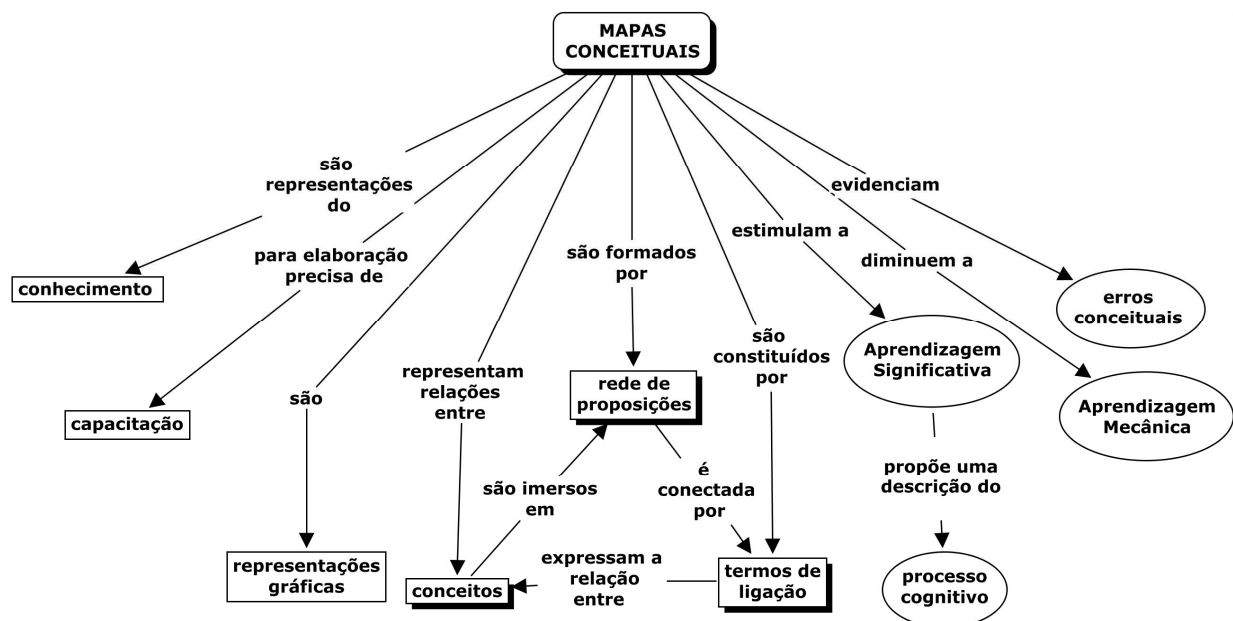


Figura 1. Exemplo de mapa conceitual com pergunta focal: O que são Mapas Conceituais?

Atividades instrucionais que utilizam MCs estimulam a aprendizagem significativa, a qual ocorre quando a assimilação de novos conhecimentos se dá por meio da obliteração de conhecimentos já existentes na memória de longo prazo pelas novas informações. A aprendizagem significativa não implica necessariamente estabelecimento de relações corretas, portanto, os MCs podem facilitar a identificação de erros conceituais (NOVAK, 2002; 2010). Todo o potencial esperado com o uso do mapeamento conceitual somente se verifica quando os mapeadores são treinados para elaborar bons MCs. A aparente facilidade de produção dos MCs é atraente para os iniciantes e explica a popularidade da ferramenta. Por outro lado, o uso ingênuo da técnica pode produzir poucos (ou nenhum!) dos benefícios esperados.

Treinamento em Mapeamento Conceitual

Muitas das dificuldades observadas com a utilização efetiva do mapeamento conceitual em sala de aula derivam, pelo menos em parte, do uso inadequado da técnica, do treinamento inadequado dos usuários e formadores, além da falta de reconhecimento da importância dos fundamentos teóricos dessa técnica. O uso ingênuo dos MCs pode resultar nos seguintes eventos: o professor usa os MCs para mudar a dinâmica em sala de aula; os alunos produzem diversos MCs em um curto período de tempo provavelmente pela fascinação com o clima de uma “nova” sala de aula; o professor tem dificuldades de lidar com a grande quantidade de MCs, já que o livro não fornece uma resposta correta para a classificação; o professor deixa de fornecer *feedback* para os alunos; e a avaliação dos MCs é restrita à simples verificação da produção dos mesmos; o professor não percebe os benefícios do mapeamento de conceitos, faz julgamentos desfavoráveis e evita o uso futuro.

Essa sequência indesejável surge a partir do balanço inadequado entre os aspectos teóricos e práticos que devem ser considerados para permitir a utilização madura de MCs em sala de aula. A necessidade do desenvolvimento de procedimentos de capacitação de mapeadores iniciantes é imprescindível para alterar tais ocorrências e para introduzir de forma permanente os MCs como uma das estratégias didáticas que podem ser empregadas durante o processo de ensino-aprendizagem.

A partir da fundamentação teórica que subjaz ao mapeamento conceitual, da importância do planejamento instrucional intencional e dos desafios da gestão de grupo em sala de aula, um procedimento de capacitação com quatro aulas de duração foi desenvolvido e testado com alunos ingressantes do ensino superior. Quatro conceitos centrais foram utilizados para nortear o planejamento das atividades (Quadro 1).

Quadro 1. Quatro conceitos centrais que fundamentaram o planejamento das atividades instrucionais em mapeamento conceitual

Conceito Central	Fundamentação
Proposição	Bloco de construção de MC, que deve ser entendido como unidade semântica formada pelo “conceito inicial + termo de ligação + conceito final”
Questão Focal	Objetivo final a ser respondido pela rede de proposições. Esta deve ser entendida como o elemento crítico para a seleção dos conceitos e proposições mais relevantes, mantendo assim a qualidade do MC.
Revisão	Característica dinâmica de um MC de que este nunca está finalizado. Deve-se salientar que a resposta “certa” não está disponível, ao contrário, é constantemente perseguida.
Hierarquia	Aspecto estrutural do MC. Deve ser salientado que este ajuda a organizar os conceitos de acordo com sua inclusão e fazer o MC global claro para o leitor.

A compreensão da definição de proposição, da importância da questão focal, da possibilidade de revisão e da estrutura hierárquica dos MCs são conceitos fundamentais para promover a capacitação em mapeamento conceitual (Quadro 1).

Para favorecer a compreensão desses conceitos fundamentais e tornar os mapeadores iniciantes em proficientes, três estratégias instrucionais foram desenvolvidas pelo nosso grupo de pesquisa: a Tabela de Clareza Proposicional (TCP), o Mapa Conceitual Semiestruturado (MCSE) e a Aprendizagem Colaborativa Expandida (ACE).

A Tabela de Clareza Proposicional (TCP) tem como função a visualização do MC nas proposições de forma isolada. O mapeador deve, a partir da rede proposicional, elaborar uma tabela contendo quatro colunas alocando cada uma das proposições numa linha diferente. O uso da TCP exige que o autor do MC leia as proposições de forma isolada e julgue o grau de clareza semântica por meio de uma escala de Likert de cinco níveis. O MCSE foi inspirado pelo mapa conceitual cíclico e pelas experiências sobre o pensamento dinâmico descritos na literatura (SAFAYENI, DERBENTSEVA e CAÑAS, 2005; 2007). O MCSE é um mapa conceitual que limita o número inicial de conceitos ($n = 9$, no caso deste trabalho) a ser utilizado pelos mapeadores e apresenta uma estrutura espacial predefinida para a alocação dos conceitos (Figura 2). O objetivo é estimular um exercício de síntese (seleção dos conceitos mais relevantes) sem restringir o número de proposições que o mapeador pode elaborar.

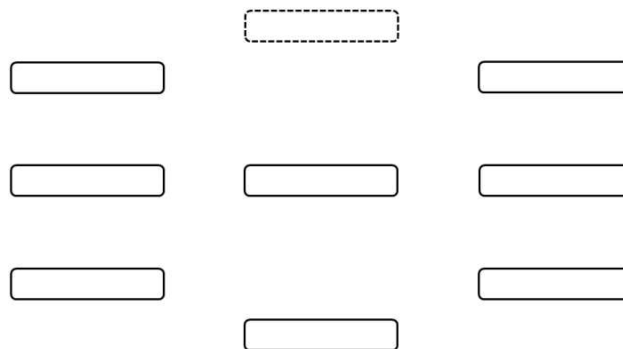


Figura 2. MCSE com nove conceitos usado durante o período de treinamento. A caixa com linha pontilhada corresponde ao conceito por onde se deve iniciar a leitura do MC.

A Aprendizagem Colaborativa Expandida (ACE) caracteriza-se pela revisão por pares da produção intelectual de grupos de alunos (CORREIA et al., 2010). No caso deste trabalho, os alunos elaboraram MCs colaborativos (produção intelectual) para, num momento posterior, avaliar os MCs elaborados por outros grupos (revisão por pares). A revisão por pares permite que os mapeadores iniciantes identifiquem os pontos negativos e positivos nos MCs elaborados pelos pares, o que aumenta o nível de entendimento da técnica. Após receber o parecer, os grupos de autores avaliam os comentários e revisam a versão inicial dos MCs colaborativos.

Procedimento de coleta dos dados

Os dados foram coletados (Tabela 1) durante 2009 e 2010 na disciplina ACH0011 Ciências da Natureza (CN), oferecida a todos os alunos ingressantes na Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH, USP Leste).

Tabela 1. Número de estudantes, ano e professor em relação a cada turma onde ocorreu a coleta de dados

	Turma#1	Turma#2	Turma#3	Turma#4	Turma#5
Estudantes	52	50	43	45	42
Ano	2009	2009	2010	2010	2010
Professor	A	A	A	A	B

Nota: A Turma#5 é um grupo de controle de alunos que utilizaram MCs, mas não foram submetidos aos procedimentos descritos neste trabalho.

Procedimentos de análise dos dados

O questionário apresentado no Quadro 2, a seguir, foi utilizado para avaliar a compreensão (C) e opinião (O) dos alunos sobre o uso de MCs durante a disciplina CN. O questionário foi aplicado na última aula da disciplina, e cada afirmação foi avaliada utilizando-se uma escala de Likert de cinco níveis: 1) discordo totalmente; 2) discordo parcialmente; 3) concordo parcialmente; 4) concordo totalmente. O valor zero (0) foi acrescentado para que os alunos indicassem que não sabiam ou não queriam julgar a afirmação.

Quadro 2. Afirmções do questionário aplicado aos alunos (n = 232) na última aula da disciplina de CN.

	Afirmção	Avaliação
C1	MCs são usados para organizar informações e conhecimento.	Definição
C2	Proposições apresentam a frase de ligação que explica a relação entre dois conceitos.	Proposição
C3	A proposição: “Ciências da Natureza – não é oferecida a → alunos do 1º ano” tem mais clareza semântica do que a proposição “Ciências da Natureza – aulas → alunos do 1º ano”.	Clareza semântica
C4	A questão focal é importante para a escolha de conceitos e de frases de ligação que serão usados no mapa conceitual.	Questão focal
C5	Mapas conceituais podem ser revisados inúmeras vezes.	Recursividade
O1	Mapas conceituais são úteis para promover discussão em grupo.	Colaboração
O2	É mais fácil expressar o que eu sei usando MCs do que texto.	Expressão
O3	Eu considero a possibilidade de utilizar MCs em outros cursos de graduação.	Uso futuro
O4	Eu gostava de usar mapas conceituais durante o curso de CN.	Uso presente
O5	Eu prefiro preparar MCs em grupo do que sozinho.	Colaboração
O6	A organização dos MDs se torna melhor quando os conceitos são diferenciados com cores diferentes.	Visualização

A validação do questionário foi feita pelos autores deste trabalho, que são especialistas em mapeamento conceitual. A avaliação da fidedignidade pode ser feita a partir do cálculo do alfa de Cronbach. O valor do alfa de Cronbach varia entre 0 e 1 e geralmente aumenta à medida que aumentam as intercorrelações entre os itens de teste. Valores iguais ou maiores do que 0,8 para o alfa de Cronbach indicam boa consistência interna dos itens (MOREIRA e SILVEIRA, 1993; GEORGE e MALLARY, 2003). O valor do alfa calculado para as afirmações do questionário utilizado nesse trabalho (Quadro 2) foi igual a 0,902.

Teste-t

A comparação dos valores médios das respostas dos alunos das turmas de 1 a 4 (que foram submetidos ao treinamento utilizando TCP, MCSE e ACE), com os valores médios das respostas dos alunos da turma 5 (que não foram submetidos a esse treinamento), foi feita utilizando-se o teste-t de Student.

Análise de Agrupamentos Hierárquicos (HCA)

Os dados numéricos dos questionários foram organizados na forma de matriz **X** (232x11), em que as linhas ou objetos são os 232 alunos e as colunas ou variáveis são valores atribuídos a cada uma das onze afirmações do questionário. Os dados foram centrados na média e prosseguiu-se com a análise de agrupamentos hierárquicos (HCA) (CORREIA e FERREIRA, 2007).

A HCA tem o propósito de reunir variáveis ou um objeto com base na similaridade entre os itens, e para isso calculam-se as distâncias entre esses itens, fornecendo os resultados em uma matriz de distâncias que em seguida é ligada por meio de vários métodos. O resultado final é um dendrograma, onde os ramos indicam os itens mais relacionados. Neste estudo foi escolhido para a medida da distância a Euclidiana e para a conexão o método Ward ou Incremental. Para analisar o dendrograma, será utilizado o conceito de similaridade (S), em que a distância (d) de duas amostras a e b é calculada pela Equação 1:

$$S_{ab} = 1 - \frac{d_{ab}}{d_{max}} \quad (1)$$

A similaridade varia entre 0 e 1, sendo que, para pontos muito distantes, a similaridade é mínima ou nula e para pontos muito próximos é máxima ou 1 (EVERITT, 1993).

Resultados e Discussão

O efeito das atividades de capacitação

Os resultados da comparação da eficiência do processo de capacitação em MCs em relação às estratégias adotadas pelo professor A (que utilizou as atividades baseadas em TCP, MCSE e ACE) e professor B (não utilizou tais procedimentos) são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultado do teste-t para comparação das respostas dos questionários aplicados nas turmas dos professores A e B

Professor	Tipo de Afirmação			
	Compreensão (C1 – C5)		Opinião (O1 – O6)	
	A	B	A	B
Número de alunos	190	42	190	42
Média ± D.P.	3,6 ± 0,7	2,7 ± 1,0	3,3 ± 1,0	2,5 ± 1,1
t calculado	2,18		0,82	

Nota: t crítico (230; 0,05) = 1,65

A interpretação do resultado baseia-se na comparação entre o valor de t calculado e o valor do t crítico, que é estabelecido a partir do número de graus de liberdade (230) e do limite de confiança que se deseja utilizar (95%). Se o t calculado for maior que o t crítico as médias são diferentes, caso contrário, as médias são iguais. Os dados da Tabela 2 permitem concluir que os valores médios das respostas dos alunos das turmas 1 a 4 (professor A) são estatisticamente diferentes os valores médios das respostas dos alunos da turma 5 (professor B) para as afirmações relacionadas com a compreensão sobre o mapeamento conceitual (afirmações C1 – C5). A diferença observada para as afirmações C1 – C5 sugere efeito positivo das atividades de capacitação baseadas na TCP, MCSE e ACE, visto que o valor médio obtido para as turmas 1 a 4 é maior do que o verificado para os alunos da turma 5. A percepção valorativa sobre o uso de MCs durante as aulas (afirmações O1 – O6) não é estatisticamente diferentes entre as turmas.

HCA

A análise de agrupamentos hierárquicos (HCA) aplicada às afirmações do questionário permitiu calcular a similaridade entre as afirmações (C1 – C5 e O1 – O6). Os ramos horizontais do dendrograma (Figura 3) apresentam-se extensos, o que representa baixa similaridade entre as questões, descrevendo assim informações diferentes. Com 20% (0,2) de similaridade, formaram-se quatro agrupamentos (I – IV).

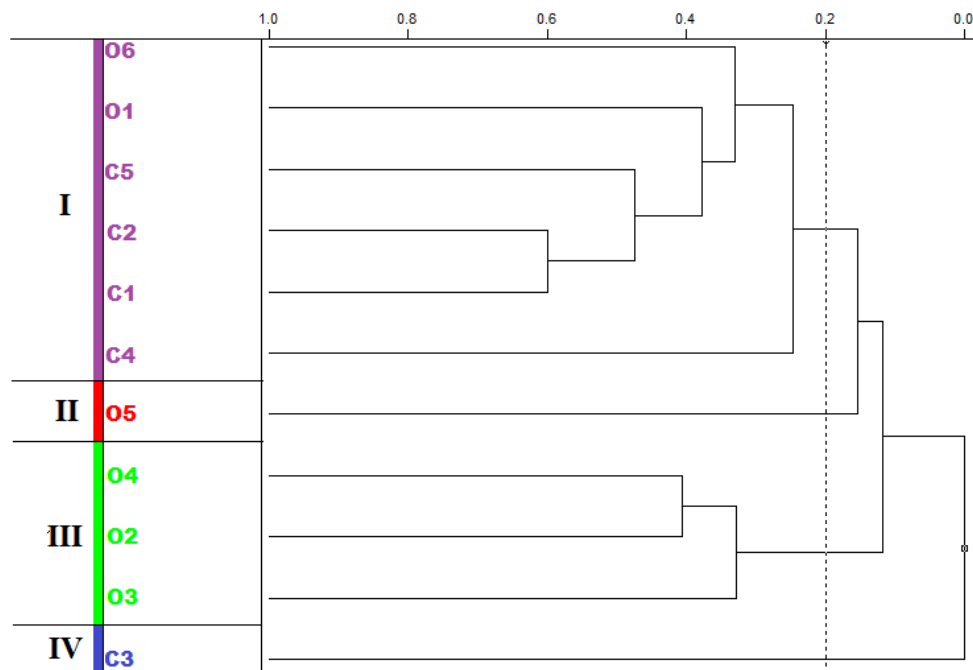


Figura 3. Dendrograma das onze afirmações do questionário utilizando o método *Ward/Incremental* e distância Euclidiana.

Nota: Houve formação de quatro agrupamentos (I – IV) para 20% de similaridade (linha tracejada).

O grupo I é formado pelas afirmações de compreensão C1, C2, C4 e C5 e de opinião O1 e O6. Pelo dendrograma percebe-se que as afirmações C1 e C2 possuem a maior similaridade (0,6) e se referem à definição de MCs, conceitos e proposições, apresentando baixo nível de dificuldade mesmo para mapeadores iniciantes.

O próximo grupo (II) é formado somente pela afirmação de opinião O5. Observando as respostas dos questionários, percebe-se que a maioria dos alunos prefere elaborar MCs individualmente do que em grupo. Como consequência, houve grande incidência das respostas “discordo totalmente” e “discordo parcialmente”, o que conferiu a essa afirmação comportamento atípico em comparação às demais afirmações do questionário.

O terceiro agrupamento (III) mostrado no dendrograma é formado somente pelas afirmações de opinião O2, O3 e O4. A similaridade é consistente visto que o objetivo destas afirmações era avaliar a opinião dos alunos sobre o uso de MCs, tanto durante a disciplina de CN como possível uso futuro do mapeamento conceitual. As afirmações captam a opinião dos alunos independente do nível de proficiência que tenham ao elaborar MCs.

O grupo IV é formado apenas pela afirmação C3, que diz respeito ao julgamento da clareza semântica de proposições. Essa afirmação (A proposição “Ciências da Natureza” – não é oferecida a → alunos do 1º ano” tem mais clareza semântica do que a proposição “ciências naturais – aulas → alunos do 1º ano”) é a que melhor discrimina os alunos em função do grau de proficiência no uso dos MCs. A enorme flutuação de respostas obtidas em C3 é o motivo para esta afirmação compor sozinha um agrupamento.

Vale ressaltar que, ao aumentar a similaridade para 40% (0,4), tem-se a formação de nove grupos, quase a quantidade máxima de afirmações. Isso significa que as afirmações não são correlacionadas e medem informações distintas, atestando que todas as afirmações propostas no questionário podem ser mantidas por não haver redundância na informação que são obtidas a partir delas.

O questionário avalia dois parâmetros distintos, a compreensão a respeito dos MCs e a opinião dos alunos sobre uso, colaboração e recursividade da ferramenta. Partindo da hipótese de que um aluno pode ser proficiente em MCs e, mesmo assim, não se identificar com o uso da ferramenta, decidiu-se analisar separadamente as respostas relacionadas à compreensão (C1 – C5), já que estas estão diretamente relacionadas à proficiência que se pretende medir. Um novo dendrograma (Figura 4) foi construído a partir das respostas às afirmações C1 – C5. Quatro grupos (V – VIII) puderam ser identificados com 63% (0,63) de similaridade.

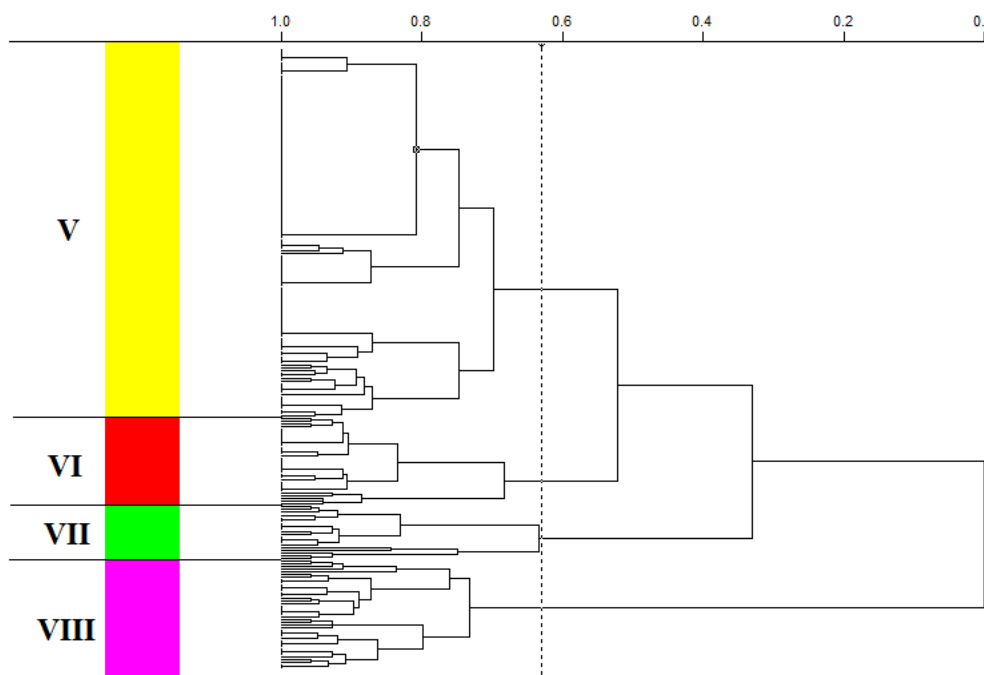


Figura 4. Dendrograma dos 232 alunos utilizando o método *Ward/Incremental* e distância Euclidiana

Nota: houve formação de quatro agrupamentos (V – VIII) para 63% de similaridade (linha tracejada).

A Tabela 3, a seguir, foi elaborada após a identificação dos alunos que compõem cada um dos agrupamentos (V – VIII). Os valores médios foram calculados para observar possíveis tendências ou padrões de similaridade.

Tabela 3. Média e desvio-padrão das respostas de compreensão (C1 – C5) em relação aos grupos V-VIII

Grupo	Alunos	C1	C2	C3	C4	C5
V	138 (59,5%)	3,8 ± 0,4	3,8 ± 0,4	3,8 ± 0,4	3,7 ± 0,5	3,9 ± 0,3
VI	33 (14,2%)	3,5 ± 0,5	4,0 ± 0,2	3,8 ± 0,4	3,5 ± 0,6	2,4 ± 1,0
VII	20 (8,6%)	3,4 ± 0,8	3,6 ± 1,1	3,4 ± 1,2	1,1 ± 0,9	3,8 ± 0,4
VIII	41 (17,7%)	3,7 ± 0,5	3,6 ± 0,8	0,9 ± 0,8	3,4 ± 0,6	3,6 ± 0,6

Com base na Tabela 3 é possível ver as tendências que revelam o nível de proficiência dos alunos. Com base na hipótese de que um aluno proficiente é capaz de reconhecer uma proposição semanticamente clara (C3) e compreende a definição e importância da questão

focal (C4), pode-se dizer que os alunos ($n = 20$) do grupo VII apresentaram baixo nível de proficiência, já que, em C4, a média das respostas é inferior ($1,1 \pm 0,9$) às demais. Os alunos ($n = 41$) do grupo VIII também apresentaram baixo nível de proficiência, visto o baixo valor médio das respostas à afirmação C3 ($0,9 \pm 0,8$). No entanto, é importante observar que 73,7% dos alunos podem ser considerados bons mapeadores, mostrando que as atividades de capacitação baseadas na TCP, MCSE e ACE são eficientes. É possível inferir também que existe uma hierarquia de complexidade das afirmações, sendo C1 e C2 as mais fáceis e que requerem apresentação à técnica e estrutura de mapeamento, seguidas de C3, C4 e C5, que já requerem entendimento mais profundo da dinâmica que envolve a elaboração e a revisão desses MCs.

Exemplos ilustrativos de MCs

Os MCs dos alunos com diferentes níveis de proficiência apresentam determinados padrões. Com o objetivo de ilustrar esses padrões, foram selecionados dois MCs de alunos com alto (Figura 5a) e baixo (Figura 5b) nível de proficiência.

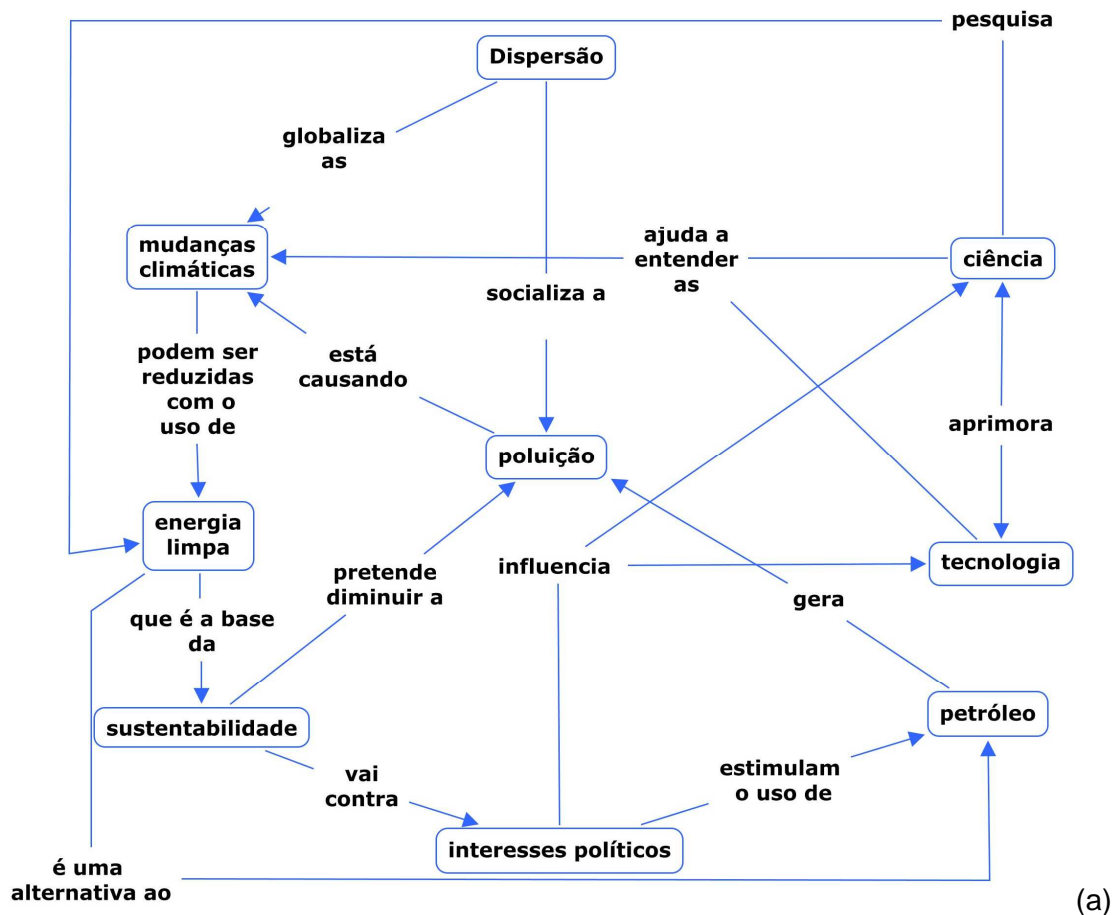
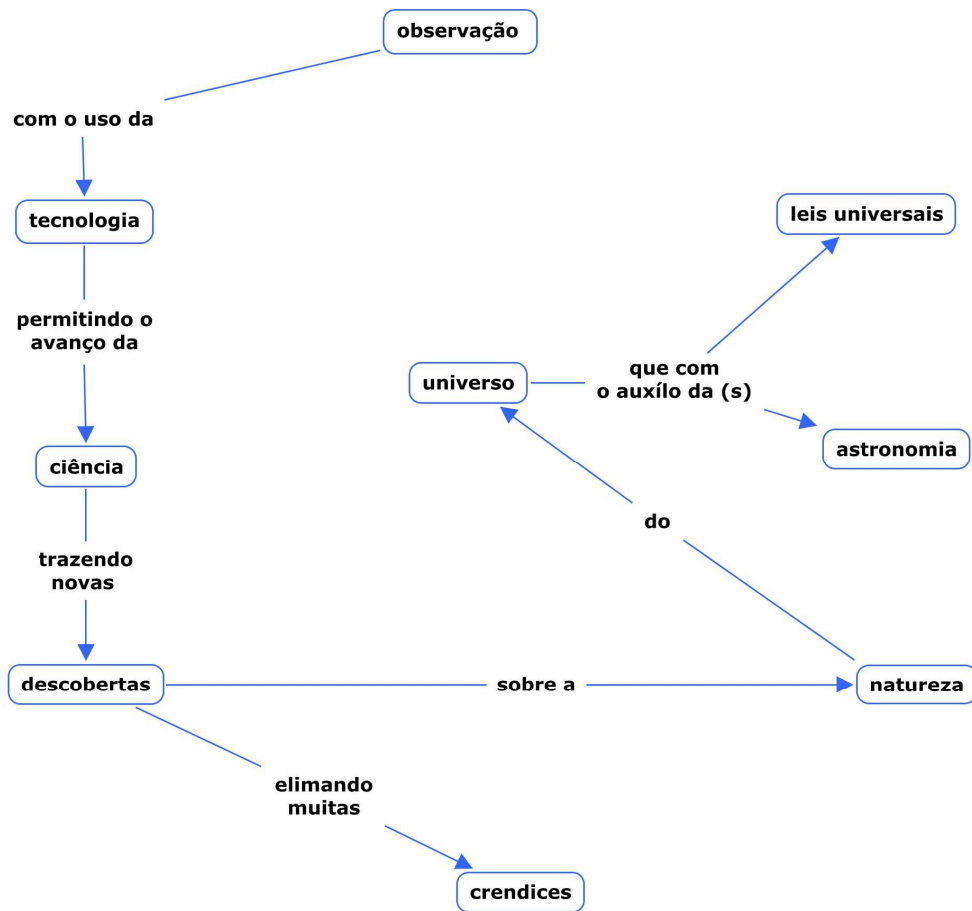


Figura 5. MCs obtidos durante as aulas da disciplina de CN: (5a) MC elaborado por aluno com alto grau de proficiência em mapeamento conceitual (*Pergunta focal: Como o desenvolvimento científico e tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?*); (5b) MC elaborado por aluno com baixo grau de proficiência em mapeamento conceitual (*Pergunta focal: O que limita e o que contribui para a evolução da ciência?*).

continuação da Figura 5.



(b)

Na Figura 5a, observa-se que o aluno classificado como proficiente (grupo V na Tabela 3) foi capaz de estabelecer proposições semanticamente claras (ex. dispersão – socializa a → poluição), em que todas as relações apresentam verbos nos termos de ligação. O MC responde à pergunta focal por meio das múltiplas relações conceitualmente aceitas demonstrando compreensão do aluno sobre o tema. O MC da Figura 5b, de autoria de aluno com baixo nível de proficiência (grupo VII na Tabela 3), apresenta poucas relações entre os conceitos, muitas proposições com baixo grau de clareza semântica, visto que não apresentam verbo no termo de ligação (ex.: natureza – do → universo). A rede proposicional estabelecida demonstra pouco domínio do aluno sobre o tema e não responde à pergunta focal.

A apreciação conjunta das Figuras 5a e 5b corrobora os resultados obtidos a partir da análise do questionário, que identificou o nível de proficiência em mapeamento conceitual dos alunos considerando o julgamento de afirmações sobre a definição de MCs (C1), a definição de proposição (C2), a clareza semântica (C3), a importância da questão focal (C4) e a recursividade (C5).

Considerações finais

O mapeamento conceitual possibilita a descrição da estrutura cognitiva por meio da explicitação dos modelos mentais, únicos para cada ser humano. Essa técnica tem sido amplamente utilizada para fins educacionais e empresariais com imensa variedade de objetivos, entretanto, a aparente facilidade da implantação pode acarretar o uso da ferramenta de forma ingênua. O estudo e a compreensão da fundamentação teórica e metodológica que norteia o mapeamento conceitual devem ser inerentes a essa prática, deixando clara a

importância e necessidade de um período de capacitação seguida de avaliação que garantirá a proficiência em mapeamento conceitual antes da sua utilização.

Três estratégias (TCP, MCSE e ACE) para aumentar o nível de proficiência dos mapeadores foram propostas nesse trabalho, como norteadoras das atividades desenvolvidas durante quatro aulas. Um questionário foi elaborado e validado para verificar o efeito das atividades propostas durante as aulas da disciplina CN de 2009 e 2010.

O alto valor para o alfa de Cronbach (0,902), calculado para o questionário, indica grande poder de discriminação entre os alunos. A partir deste estudo, foi possível concluir que o resultado do questionário aliado às técnicas estatísticas se mostrou capaz tanto de diferenciar alunos com alto como baixo nível de proficiência em MCs, bem como diferenciar turmas que receberam treinamento sistemático em mapeamento conceitual da que não recebeu (grupo controle).

Com isso, finaliza-se este estudo alertando para a importância de um procedimento de capacitação em mapeamento conceitual a fim de garantir a proficiência dos alunos antes de sua total implantação em sala de aula, bem como fornecendo um questionário de cinco afirmações capaz de avaliar o nível de proficiência dos alunos após esse processo.

Agradecimentos

Melissa Dazzani (Colégio Objetivo de Suzano), pelos primeiros experimentos com MCSE. CEC Godoy, pelos primeiros experimentos com TCP. Agências de fomento e bolsas para congressos no exterior. Maria Elena Infante-Malachias, pelo grupo de controle.

Referências

COFFEY, J. W. In the heat of the moment...Strategies, tactics, and lessons learned regarding interactive knowledge modeling with concept maps. In: Second International Conference on Concept Mapping, 2006, Costa Rica. **Proceedings:** Costa Rica, Universidad de Costa Rica, v.1, p. 263-71, 2006.

CORREIA, P.R.M.; FERREIRA, M.M.C. Reconhecimento de padrões por métodos não supervisionados: explorando procedimentos quimiométricos para tratamento de dados analíticos. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 481-87, 2007.

CORREIA, P. R. M.; VALLE, B. X.; DAZZANI, M.; INFANTE-MALACHIAS, M.E. The importance of scientific literacy in fostering education for sustainability: Theoretical considerations and preliminary findings from a Brazilian experience. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 7, p. 678-85, 2010.

EVERITT, B. S. **Cluster analysis**. London: Hodder & Stoughton, 1993.

FISCHER, F.; BRUHN, J.; GRÄSEL, C.; MANDL, H. Fostering collaborative knowledge construction with visualization tools. **Learning and Instruction**, v. 12, p. 213-32, 2002.

GEORGE, D.; MALLERY, P. **SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference**. 11.0 update (4th ed.). Boston: Allyn & Bacon, 2003.

MOREIRA, M.A.; SILVEIRA, F.L. da. **Instrumentos de pesquisa em ensino e aprendizagem: a entrevista e a validação de testes de papel e lápis**. Porto Alegre: Edipucrs, 1993.

NOVAK, J. D. **Learning, creating, and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations**. Mahwah (NJ): Lawrence Erlbaum Associates, 1998.

_____. Meaningful learning: the essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. **Science Education**, v. 86, n.4, p. 548-71, 2002.

_____. **Learning, creating, and using knowledge:** concept maps as facilitative tools in schools and corporations. NY: Routledge, 2010.

NOVAK, J.D.; CAÑAS, A.J. The origins of the concept mapping tool and the continuing evolution of the tool. **Information Visualization Journal**, v. 5, n. 3, p, 175-84, 2006.

SAFAYENI, F.; DERBENTSEVA, N.; CAÑAS, A.J. A theoretical note on concepts and the need for cyclic concept maps. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 42, n.7, p. 741-66, 2005.

_____. Concept maps: experiments on dynamic thinking. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 44, n. 3, p. 448-65, 2007.