

ENSINANDO E INVESTIGANDO O USO DE MAPAS CONCEITUAIS COMO RECURSO DIDÁTICO FACILITADOR DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM CIÊNCIAS NATURAIS NO ENSINO FUNDAMENTAL¹

Teaching and investigating the use of Concept Maps as educational resource facilitator of meaningful learning for natural sciences in elementary education.

Felipa Pacífico Ribeiro de Assis Silveira [felipa.silveira@gmail.com]

FIG-UNIMESP (Centro Universitário Metropolitano de São Paulo). ISE (Instituto Superior de Educação). Av. São Luiz, 315 – Vila Rosália, Guarulhos, SP.

Resumo

O estudo procurou responder questões pertinentes ao uso do Mapa Conceitual como recurso didático facilitador da aprendizagem significativa dos conceitos científicos de Ciências Naturais, na sala de aula do Ensino Fundamental. Para responder tais questões e inserir o MC no cotidiano da sala de aula, adotamos a interdependência entre o processo de aprender, ensinar e investigar. Para assegurar essa relação triádica, delineamos uma intervenção/investigação com suporte teórico e metodológico na abordagem quantitativa e qualitativa. O ensinar e o aprender foram garantidos a partir de uma estratégia didática, capaz de compartilhar e negociar conceitos relevantes para a matéria de ensino, que permitissem os alunos avançar além dos seus conhecimentos prévios, garantindo os dados da investigação sobre os efeitos do MC na aprendizagem dos grupos investigados. O MC foi defendido como um recurso didático potencial para este nível de ensino e os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa que o sustenta. Ficou evidenciado o caráter processual recursivo inerente à aprendizagem significativa quanto se usa o MC como recurso didático na construção de conhecimentos científicos das Ciências Naturais, a ocorrência de aprendizagem dos grupos que utilizaram o MC e a sua convalidação em presença de alunos das séries finais do ensino fundamental.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa; Mapa Conceitual; Ensino de Ciências Naturais; Ensino Fundamental.

Abstract

The study tried to answer questions pertinent to the use of concept maps (CM) as a teaching resource facilitator of meaningful learning of scientific concepts of Natural Sciences, in the classroom of elementary school. To answer the questions and insert the MC in the classroom every day, we adopted the interdependence between the process of learning, teaching and investigation. To ensure a triadic relationship, outline an intervention / investigation with theoretical and methodological support in quantitative and qualitative approach. The teaching and learning were secured from a teaching strategy, able to share and negotiate concepts relevant to the field of education, enabling students move beyond their existing knowledge, ensuring the data of research about the effects of MC in learning of the groups investigated. The MC was defined as a teaching resource potential for this level of education and principles of the Theory of Meaningful Learning that supports it. It was evident the recursive procedural character inherent in meaningful learning as using the MC as a teaching resource in the construction of scientific knowledge of Natural Sciences,

¹ Publicado en Actas VII Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo y V Encuentro Iberoamericano sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias. Universidad de Burgos, España, de 13-17 de julio de 2015, pp. 265-282.

the occurrence of learning of the groups using the MC and its validation in the presence of students of final grades of elementary school.

Keywords: Meaningful Learning; Concept Maps; Teaching of Natural Sciences; Elementary Education.

Introdução

No exercício da docência o nosso objetivo é promover um ensino que favoreça a aprendizagem significativa dos conceitos científicos em conformidade com a disciplina curricular a que nos compete. Isso implica em situarmos em um contexto pedagógico curricular com normas pré-estabelecidas, as quais devemos seguir para atingir os objetivos da aprendizagem. Assim, a significação dos conceitos científicos no Ensino Fundamental em Ciências Naturais, deve pautar na recomendação da Proposta Curricular a fim de obtermos êxito no ensino (São Paulo, 2008).

Lembramos que o documento oficial determina para o Ensino de Ciências um trabalho pautado na aprendizagem dos conceitos científicos, norteado por objetivos claros capazes de ampliar os conhecimentos científicos já adquiridos pelos alunos. Para atingir tais objetivos, o ensino deve ser organizado de forma a permitir ao aluno avançar conceitualmente, com ênfase nas diferentes abordagens e metodologias promotoras da compreensão de temas das Ciências Naturais, especialmente, aqueles dedicados a *Astronomia*, a *Nutrição* e a *Constituição da Matéria*, componentes dos eixos *Terra e Universo*, *Ser Humano e Saúde*, *Ciência e tecnologia* (São Paulo, 2008). Subjacente a essas determinações, a proposta curricular, manifesta a importância do desafio de superar e aumentar o nível de proficiência dos alunos, tendo em vista o baixíssimo desempenho dos mesmos em relação aos conteúdos científicos, determinados para o Ensino Fundamental.

No contexto das determinações da Proposta Curricular para o Ensino de Ciências Naturais, associados aos baixos resultados na aprendizagem dos nossos alunos, revelados em boletim oficial emitido a escola (São Paulo, 2007), buscamos criar alternativas de solução para o problema desenvolvendo uma investigação intervenção, a favor da aprendizagem significativa, usando o Mapa Conceitual (MC) como recurso didático. Apoiamos nos pressupostos de que o MC é recurso didático potencial para aprendizagem, garanti o compartilhamento e a negociação de significados, promove aprendizagem conceitual, é potencializador de dados sobre concepções ou conhecimento dos investigados e favorece a aprendizagem significativa (Novak, 2000; Moreira, 2006).

Logo, com os estudos investigativos realizados, promovemos uma intervenção a favor da aprendizagem significativa de conceitos científicos das Ciências Naturais e buscamos também analisar e responder questões pertinentes ao uso do MC. As questões subordinam uma *questão inclusiva*, que foi assim descrita: *O uso do MC como recurso didático facilita a aprendizagem significativa de conceitos científicos de Ciências Naturais no contexto da sala de aula no Ensino Fundamental?*

Para responder a questão, adotamos a interdependência entre o processo de ensinar, aprender e investigar em sala de aula, delineando uma investigação que buscou suporte metodológico nas abordagens quantitativa e qualitativa (Moreira, 2011). O ensinar e o aprender foram garantidos com a construção de uma organização didática ordenada, a fim de compartilhar e negociar conceitos básicos relevantes para a matéria de ensino, que permitissem aos alunos avançar além dos seus conhecimentos prévios, garantindo os dados da investigação sobre os efeitos do MC no processo de aprendizagem. A investigação propôs como objetivo, compreender a contribuição do MC para o processo de aquisição de conceitos científicos, atuando como recurso facilitador da aprendizagem de temas das Ciências Naturais recomendados para as 6^a, 7^a e 8^a séries, atualmente 7^o, 8^o e 9^o ano do Ensino Fundamental.

Os resultados dos estudos foram animadores, por oferecer a dimensão do caráter processual e recursivo da aprendizagem significativa de conhecimentos científicos das Ciências Naturais, assim como, mostraram que o MC como recurso didático pode nos auxiliar em muito no

processo da aprendizagem. Além disso, deixaram evidentes os conflitos cognitivos que o MC é capaz de proporcionar ao aluno ao elaborá-lo. Neste artigo, apresentamos alguns resultados no que tange ao aspecto quantitativo dos dados referentes às análises descritivas e analíticas. Quanto ao aspecto qualitativo apresentamos a interpretação interativa para alguns MCs produzidos por alunos de diferentes categorias na variação quantitativa das notas obtidas nas avaliações diagnósticas (AD) e de aprendizado (AP) nos três estudos realizados.

Fundamentação Teórica

Fundamentamos na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e nos aportes teóricos de Novak e Gowin (1999), Novak (2000) e Moreira (2003). No entendimento de Novak (2000) e Moreira (2010), o MC pode ser considerado como um diagrama indicador de relações entre conceitos e, nessa condição, assume o papel de evidenciador de concepções ou pré-concepções, bem como, de conhecimentos prévios sobre a matéria de ensino. Os autores defendem que quando o professor solicita ao estudante que trace um MC, para determinado conjunto de conceitos ou para um determinado conteúdo, deve solicitar ao aluno a explicação do traçado de seu MC, oralmente ou por escrito. No momento da explicação, o professor/investigador observa, registra e interage com o aluno procurando captar os significados por ele atribuídos às relações explicitadas no mapa. O importante, nesse caso, é descobrir os significados que o aluno atribui ao que está no MC. A partir daí é possível fazer inferências (Novak, 2000; Moreira, 2003).

Tais procedimentos são recursos dos quais os investigadores fazem uso no sentido de analisar, interpretar, relacionar, inferir, explicar, assumir e representar os dados registrados em eventos. A partir dessas transformações o investigador chega, conforme defendem Gowin e Alvarez (2005), as asserções de conhecimento e de valor proporcionado pelo estudo realizado, gerando informações significativas procedentes de sua ação investigativa. Na descrição dos estudos, o pesquisador apresenta exemplos de MCs, traçados pelos alunos durante o processo de intervenção, juntamente com trechos de suas explicações e, a partir disso, o pesquisador elabora suas interpretações (Moreira, 2003).

Encontramos, também, nestes autores aportes e justificativas sobre a necessidade de organizar o ensino visando um estudo mais exploratório dos conhecimentos prévios dos alunos, caso a pretensão for concretizar a aprendizagem significativa dos conceitos sobre qualquer tema. Conforme Ausubel (2002) e Moreira (2006), a aprendizagem significativa somente será possível a partir do momento em que o professor, como um investigador, passe a compreender não apenas as fragilidades, mas também as potencialidades de seus alunos em atribuir significados aos conceitos científicos que se deseja ensinar, embasados naqueles presentes na sua estrutura cognitiva. Esses conceitos, quando significados pelo aluno podem tornar-se possíveis subsunçores que interagirão com os novos conceitos da matéria de ensino.

Em razão disso, Ausubel (2002) recomenda ao professor coletar informações sobre os conhecimentos prévios dos seus alunos para que possa de alguma maneira, analisá-los e ensiná-los de acordo. Moreira (2006, p. 19) reitera a proposta de Ausubel (2002) ao afirmar que esse conhecimento prévio “*parece ser o fator isolado que mais influencia a aprendizagem subsequente*” e observa que esse conhecimento não é necessariamente um conceito, pode ser uma ideia, uma proposição ou uma representação a ser reconhecida pelo professor em sala de aula e ressignificada pelo aluno ao atribuir novo sentido, nova interpretação e nova compreensão aos seus conhecimentos prévios, permitindo assim, que ele evolua conceitualmente, situando-se em diferentes estágios de aprendizagem.

Os critérios propostos por Novak e Gowin (1999) na elaboração do MC revelam que os MCs podem evidenciar a aprendizagem conceitual e proposicional em relação à matéria de ensino na perspectiva ausubeliana, desde que os conceitos venham de situações de aprendizagem e da relação das características específicas, potencialmente significativas, de tais conceitos com as ideias

relevantes existentes na estrutura cognitiva dos alunos em uma base não arbitrária e subtrativa, favorecendo a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa (Ausubel, 2002).

O ordenamento hierárquico vertical dos conceitos no MC exhibe os superordenados (muito gerais e inclusivos), os subordinados (intermediários) e os específicos ou pouco inclusivos, bem como os exemplos, indicando as relações de subordinação entre os conceitos (Moreira, 2006). O ordenamento hierárquico vertical é, também, denominado por Novak e Gowin (1999), e por Gowin e Alvarez (2005) de níveis hierárquicos. As hierarquias delineadas definem os conceitos aceitos e possíveis proposições externalizadas, pelo aluno, durante o processo de elaboração de seu MC.

Esta forma de analisar não é a única, mas foi a adotada por permitir discussões em torno das relações de subordinação entre os conceitos descritos em níveis verticais e permite elaborar, uma explicação coesa do processo de ensino e aprendizagem, capaz de convalidar o uso do MC, como recurso potencialmente significativo. Além de evidenciar a capacidade dos alunos em movimentar pelas estruturas de conhecimento, tornando-se parte de um processo dinâmico de aprendizagem mais amplo (Kinchin, 2013).

Metodologia dos Estudos 1, 2 e 3.

Buscamos aporte teórico metodológico nas abordagens quantitativa e qualitativa. Na abordagem quantitativa, delineamos uma investigação quase experimental (Moreira & Rosa, 2007). A população investigada foi composta por alunos das 6^{as}, 7^{as} e 8^{as} séries do Ensino Fundamental de uma Escola Estadual de Tempo Integral de Guarulhos, São Paulo, Brasil. O *Estudo 1*, focalizou 47 alunos da 6^a série, na faixa etária entre 11 e 12 anos, sendo 21 alunos da turma A e 26 alunos da turma B; o *Estudo 2*, 50 alunos da 7^a série, na faixa etária entre 12 e 13 anos, sendo 26 alunos da turma A e 24 da turma B e o *Estudo 3*, 43 alunos da 8^a série, na faixa etária entre 13 e 14 anos, sendo 23 alunos da turma A e 20 da turma B. Constituindo-se em dois grupos: o grupo das turmas experimentais, 6^a A, 7^a B e 8^a B e o grupo das turmas controle, 6^a B, 7^a A e 8^a A, que foram assim constituídos por sorteio.

Os dados iniciais são provenientes da avaliação diagnóstica (AD) sobre o tema proposto para cada série. Esse tipo de avaliação é sugerido por Meneses Villagrà (2001), quando se tem por objetivo evidenciar os conhecimentos prévios dos alunos. A avaliação AD constituiu-se de 20 questões que estão associadas aos indicadores de aprendizagem e para sua aplicação utilizamos 4 horas aulas. A AD foi validada em seu conteúdo por especialista da área de acordo com cada tema.

Logo após validação, o instrumento (AD) foi aplicado em uma das turmas, correspondentes a cada série, e todas as respostas obtidas foram corrigidas utilizando-se uma escala de notas de 0,0; 0,25 e 0,5. As notas foram atribuídas com base nos erros e acertos sobre o conteúdo das questões que estivessem de acordo com a matéria de ensino.

Na verificação da fidedignidade do instrumento, calculamos o coeficiente alfa de Cronbach (1951 como citado em Moreira & Veit, 2007). A AD da 6^a série obteve alfa 0,749; 7^a série 0,728; 8^a série 0,868. Em seguida, a AD foi aplicada na outra turma e as respostas corrigidas com base no mesmo parâmetro de correção aplicado para a turma que, primeiramente, fez a avaliação.

Em consequência da análise e tratamento dos dados da AD, evidenciamos os conceitos prévios dos alunos e a partir deles organizamos a intervenção, subsidiada por estratégias didáticas (EDs), visando o desenvolvimento do conteúdo dos temas propostos para cada série naquele ano: Astronomia (6^a série); Nutrientes (7^a série); Propriedades dos materiais (8^a série), sendo desenvolvido por meio das atividades: aula expositiva dialogada; utilização de livros didáticos e paradidáticos; leitura e interpretação de textos com relatos orais e escritos; elaboração de desenhos e esquemas; resolução de exercícios; roteiros de estudo; demonstração; experimentação; elaboração e análise de gráficos; montagem de tabelas e elaboração de MCs apenas para as turmas experimentais. A intervenção transcorreu em 52 horas aulas, culminando com a avaliação de aprendizado (AP), a mesma aplicada no início e denominada de AD, também em 4 horas aulas

perfazendo o total de 60 horas de atividades. Os dados obtidos na AP tiveram o mesmo tratamento da AD.

No estudo descritivo e analítico dos dados numéricos, obtidos através da comparação de desempenho entre as avaliações AD e AP, utilizamos o *teste t* pareado. A partir dos resultados do *teste t*, verificamos se as médias das avaliações, com um determinado grau de segurança, são diferentes estatisticamente. O teste *t* pareado serve a mesma amostra, antes da intervenção e após intervenção. Demonstramos a evidencia de evolução na aprendizagem da turma controle e da turma experimental por meio das variações das notas obtidas na AD e AP. Estabelecemos 5 categorias de evolução em conformidade com as séries. Para a 7ª série e 8ª série são consideradas as categorias: Maior Amplitude - alunos com variações nas notas igual ou maior a 3,5; Amplitude Regular- os alunos com variações entre 2,1 a 3,4; Menor Amplitude – variações de 0,1 a 2,0; Retrocederam – alunos com notas na AP inferior as notas da AD; Mesmo Patamar – alunos cujas notas não variaram. Para a 6ª série são consideradas: Maior Amplitude - variação igual ou maior a 2,0 pontos; Amplitude Regular- variação entre 0,7 a 1,9 pontos; Menor Amplitude – variação entre 0,1 a 0,7 pontos; Retrocederam – alunos que obtiveram notas na AP inferior as notas da AD; Mesmo Patamar – alunos cujas notas não variaram. Nesta perspectiva, buscamos verificar se o uso do MC contribuiu para o aprendizado dos alunos utilizando como referência a média final das avaliações realizadas, antes e após a utilização do MC como recurso didático. Trata-se de uma situação em que comparamos as médias de duas distribuições normais reduzidas com os mesmos elementos da amostra (dados pareados) de cada turma em dois momentos diferentes. Definimos como hipótese nula (H_0) *o MC não faz efeito na aprendizagem*, ou seja, as médias antes e após o uso do MC são iguais. Se não for comprovada a equivalência podemos concluir, para as amostras coletadas, a existência de diferença de desempenho. Para valor de $p < 0,05$, a diferença entre as médias é estatisticamente significativa.

Na abordagem qualitativa realizamos uma investigação interpretativa, conforme sugerida por Erikson (1986) como citado em Moreira (2011). Tivemos como principal interesse discutir, explicar e desvendar significados (denotativos e conotativos) que os alunos atribuíram ao MC, seus elementos, sua atuação e sua influência para o ensino e aprendizagem dos conceitos dos temas elencados. Os dados foram descritivos e a nossa preocupação foi com o processo de interação do aluno durante a construção e apresentação dos seus MCs.

A validade do tratamento dos dados ocorreu por meio do diálogo com a comunidade científica nos eventos em foi apresentado. Os MCs passaram por uma análise interativa, a partir de critérios inicialmente estabelecidos por Novak e Gowin (1999). A análise do conteúdo (teor) dos MCs não se apoiou em modelos e categorização, seguiu uma abordagem qualitativa de interpretação interativa (Laville & Dionne, 1999). Levamos em consideração a especificidade de cada MC e a sua contribuição potencial para mudar a dinâmica das aulas e a aprendizagem de seu autor.

A título de apresentação, nomeamos de MC1 o correspondente à produção inicial e MC2 à produção posterior. Levamos em conta que a inclusão do MC no cotidiano da sala de aula demandou uma abertura para o improvável, pois acolheram a explicitação das idiossincrasias presentes na estrutura cognitiva dos alunos. Logo, não existiu um MC certo ou errado, bom, muito bom, deficiente ou ruim, satisfatório ou insatisfatório.

Neste artigo, apresentamos os resultados parciais do estudo descritivo e analítico, bem como, alguns MCs produzidos por alunos de diferentes categorias, na variação quantitativa das notas, nos 3 estudos realizados. Os MCs produzidos foram analisados e interpretados segundo a coerência semântica apresentada pelo seu autor. Não inferimos sobre a legitimidade da estrutura do MC construído. Concordamos com a ideia de Novak e Gowin (1999), reiterada por Moreira (2006; 2010) de que não existe mapa correto ou incorreto, e sim uma representação do pensamento do aluno no seu esforço de aprender, frente a novos conceitos e novas habilidades.

Resultados parciais e Discussão

Estudo descritivo e analítico do estudo 1

Pela disposição gráfica (figura 1) dos resultados numéricos relativos às notas das avaliações da turma A, visualizamos evolução na aprendizagem da maioria dos alunos, a partir do seu conhecimento prévio. Identificamos três grupos: *Maior Amplitude*, alunos 3A, 8A, 9A, 10A, 22A, 25A, 30A, 32A; *Amplitude Regular*, alunos 5A, 6A, 15A, 19A, 27A; *Menor Amplitude*, os alunos 4A e 24A. Contudo, *Retrocederam* os alunos 21A, 23A, 26A, 28A e 29A e permaneceu no *Mesmo Patamar*, o aluno 31A. Na turma B, visualizamos evolução semelhante: *Maior Amplitude* os alunos 2B, 16B, e 27B; *Amplitude Regular* encontram-se os alunos 3B, 6B, 7B, 8B, 14B, 21B, 23B e 26B; *Menor Amplitude*, os alunos 5B, 22B, 24B, 28B e 29B; *Retrocederam* os alunos 1B, 10B, 11B, 12B, 17B e 18B; *Mesmo Patamar*, os alunos 9B, 15B, 19B, 25B.

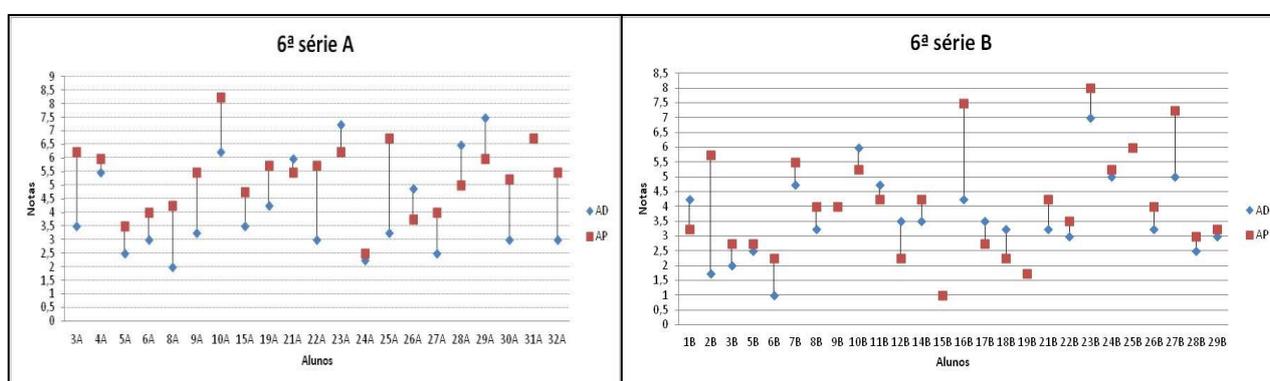


Figura 1 – Evidências de evolução a partir das notas AD e AP na turma A e turma B

Quanto ao estudo analítico, utilizamos como referência a média final das avaliações realizadas e comparamos o desempenho utilizando o teste *t* pareado, com nível de significância de 5%. O resultado do teste *t* para as médias de nota final do grupo experimental na AD: Média 4,26; Desvio padrão 1,79 e na AP: Média 5,29; Desvio padrão 1,51 e com valor de *t* -2,11 e valor de *p* 0,04. Para o grupo controle na AD: Média 3,57; Desvio padrão 1,31 e na AP: Média 4,07; Desvio padrão 1,81; valor de *t* -1,08 e valor de *p* 0,28. Apenas o grupo experimental (turma A) apresentou uma variação significativa (*p* = 0,04). Na turma B não se obteve variação significativa da média (*p* = 0,28). Com isso, consideramos que o uso do MC contribuiu para o aumento do nível de aprendizagem dos alunos da turma A.

Ao analisarmos os valores amostrais por questão avaliada, e agruparmos os valores de cada questão em suas respectivas categorias de indicadores de aprendizagem, observamos evidências de evolução na aprendizagem na turma A, também, a partir de cada indicador. Nesse aspecto, identificamos os indicadores de maior e menor amplitude para cada turma considerada e a questão de maior abrangência, ou seja, aquela que definiu a habilidade desejada.

Os indicadores de aprendizagem contemplados pela turma A, foram: *Identificar elementos astronômicos e diferenciá-los dos demais*, representado pela questão 3 (*p* = 0,02), indicando significação aos conceitos que definem os elementos astronômicos; *Identificar o movimento aparente do Sol e da Lua e fazer uso da terminologia científica*, representado pela questão 7 (*p* = 0,05), sugerindo apropriação dos conceitos científicos na explicação dos fenômenos astronômicos; *Identificar distâncias astronômicas*, representado pela questão 8 (*p* = 0,01), demonstrando assimilação conceitual que explica possibilidades e limites dos objetos astronômicos; *Identificar as fases da Lua*, representado pela questão 14 (*p* < 0,01), evidenciando apropriação de conceitos científicos nas suas representações sobre a Lua. Por último, temos o indicador *Representar e*

denominar os elementos do Sistema Solar, representado pela questão 17 ($p < 0,01$), também evidenciando assimilação de conceitos científicos nas suas representações sobre o Sistema Solar.

Na turma B, os resultados apontam para evolução menor na aprendizagem, quanto às habilidades alcançadas a partir dos indicadores de aprendizagem. Apenas duas habilidades foram contempladas, sendo: *Identificar o movimento aparente do Sol e da Lua e fazer uso da terminologia científica*, representada pela questão 12 ($p = 0,04$), indicando apropriação dos conceitos científicos na explicação dos fenômenos astronômicos; *Identificar as fases da Lua*, representado pela questão 14 ($p < 0,01$), evidenciando apropriação de conceitos científicos nas suas representações sobre a Lua.

Essas habilidades foram identificadas em ambas as turmas, embora, no primeiro indicador, cada uma das turmas tenha manifestado maior amplitude em questões diferentes. A análise dos dados nos levou a concluir, com 95% de confiança, que o uso do MC contribuiu para o aumento da aprendizagem dos alunos da turma A. No entanto, a análise evidencia que o conjunto das habilidades oferecidas pelos quatorze indicadores de aprendizagem, não foi igualmente contemplado. Cada conjunto de indicadores comportou de uma a quatro questões que ofereceram referências para o desenvolvimento do conteúdo científico. Havendo mais de uma questão em um mesmo indicador, todas as questões deveriam ser respondidas satisfatoriamente pelo aluno, para que o indicador pudesse ser contemplado totalmente.

Dos indicadores, apenas cinco deles (35,7%) foram atendidos pela turma A, embora dois deles tenham sido contemplados parcialmente e somente dois (14,3%) pela turma B, um deles contemplado parcialmente. Na perspectiva dos indicadores, evidenciamos que a turma A conseguiu avançar um pouco mais na aprendizagem do que a turma B, embora das cinco questões da avaliação que apresentaram diferenças significativas ($p < \text{ou} = 0,05$) para a turma A, apenas a questão três foi considerada em sua elaboração de nível baixo ou básico para a escolaridade dos alunos (6ª série), enquanto as outras apresentam um nível considerado médio ou adequado (São Paulo, 2007).

Nesse quesito, também a turma A demonstrou evolução superior à turma B, pois obteve valores de p menores em quatro questões (7, 8, 14 e 17) de nível médio ou adequado, enquanto a turma B somente em duas questões (12 e 14). A questão 12, em que sobressaiu a turma B, exige nível de abstração e conhecimento maior, pois demanda a elaboração de hipóteses na identificação do movimento aparente da Lua e sua explicação. Ao falar na significação potencial atribuída a questão, a justificativa encontrada para tal é revelada em Ausubel (2002, p. 126), quando ele explica que a disponibilidade e outras qualidades significativas do conteúdo existentes nas estruturas cognitivas dos diferentes alunos, são as variáveis mais decisivas na determinação da significação potencial. Ao relacionar com a potencialidade dos materiais de aprendizagem, a significação pode variar por meio de fatores relacionados a conhecimentos prévios, idade e outros. Como diversos recursos de aprendizagem foram utilizados, é possível uma variação de significação potencial em relação a eles, pela turma B.

As questões que evidenciaram apresentar significado potencial para a turma A foram as ligadas à capacidade de representar os conceitos científicos adquiridos por meio de desenhos e denominações. São questões que envolvem representações cosmológicas (Rodríguez & Caballero Sahelices, 2005) e estão relacionadas com modelos mentais conceituais ou proposicionais, ordenados a partir da aprendizagem dos conceitos (Moreira, Greca & Rodríguez Palmero, 2002). Definem-se a partir de representações externas pictóricas como os desenhos, os diagramas e os gráficos. Nessa perspectiva, existe uma possível relação entre o aumento das notas a essas questões e o uso do MC, justificado pelo fato de que um MC é sempre entendido como um diagrama. Tanto o desenho como o diagrama encontra-se no mesmo status de representação externa, segundo os autores citados.

Interpretação dos Mapas Conceituais do Estudo 1

Apresentamos o MC I e MC 2 do aluno 32A (figura 2), da categoria de *Maior Amplitude* de acordo com a evolução das notas, bem como, suas respectivas interpretações.

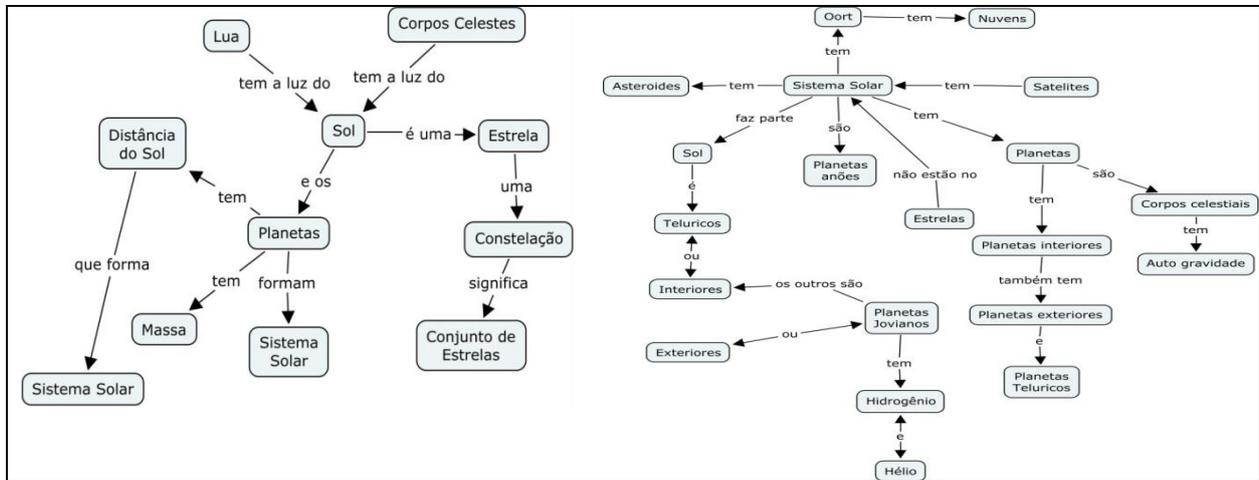


Figura 2 – MC1 e MC2 elaborados pelo aluno 32 A.

O MC1 do aluno 32A apresenta uma estruturação espacial organizada e dispõe de diferentes níveis. As evidências de evolução conceitual são manifestadas quando o aluno explica a sua ação ao externalizar os significados atribuídos aos conceitos científicos da matéria de ensino. Ele lembra que foi muito difícil fazer o MC: *...“ufa! Custei fazer isso... estava muito difícil... tentei... tentei e acabei conseguindo... agora está certo... vou explicar como foi que fiz primeiro... pode?... Depois da resposta afirmativa, continuou. “... fiz uma lista de dez coisas que ia lembrando... as coisas de Ciências que aprendi... lembrei primeiro de corpos celestes... e... fui escrevendo... escrevendo... até completar dez conceitos, depois fui espalhando tudo na ordem e lembrando as coisas de cada um... por causa disso que pus lá em cima corpos celestes... porque tudo que tem no Céu é corpo celeste...”*

Ao explicar, o aluno relevou a estratégia que utilizou para dar conta da tarefa, e porque escolheu *corpos celestes* como o conceito mais inclusivo. Isso representa a ocorrência de aprendizagem. Segundo Ausubel (2002), a disponibilidade de ideias sobre a matéria de ensino, quando bem organizadas na estrutura cognitiva é essencial para a compreensão e manipulação de novas ideias (Ausubel, 2002). A articulação de ideias por parte do aluno constituiu em objeto de evidência de aprendizado quando ele coloca: *“os corpos celestes têm a luz do Sol... só os corpos celestes que estão no Sistema Solar... o conjunto de todos os corpos celestes é o Sistema Solar... a Lua tem a Luz solar... de tanta que até brilha muito... a luz é direto na Lua... É que ela não tem luminosidade e tem que receber a luz do Sol... Tem tempo que ela parece que não fica iluminada... Mais fica... é que conforme a Lua vai girando em volta da Terra vai fazendo sombra... vai formando as fases da Lua... nova, crescente, minguante e cheia... a Lua é satélite natural da Terra...”* Retornou à explicação do MC, a partir do Sol, e salientou: *“o corpo celeste mais importante para nós é o Sol... aí a gente tem que colocar aqui um pouco mais para baixo... o Sol é uma estrela de quinta grandeza e é a estrela mais próxima da Terra... fica bem mais perto... que as outras estrelas... aqui liguei estrela com constelação... constelação significa conjunto de estrela... no céu tem muitas constelações... não é que elas formam aquelas figuras... é a gente que imagina, vendo aqui da Terra parece cruz, escorpião, bota, leão, touro, panela com cabo e muitas outras coisas que a gente vai imaginando... por isso liguei tudo assim para explicar melhor”*.

O entendimento acerca do conteúdo ensinado torna-se cada vez mais evidente na medida em que o aluno alega ter colocado *planetas* na posição de conceito específico devido a sua relação

com o *Sol*, isto é, uma relação de dependência para o desempenho de alguns fenômenos, por exemplo: *“os planetas e o Sol forma o Sistema Solar... eles ficam orbitando o Sol... cada um na sua órbita... porque o Sol atrai muitos corpos celestes: planetas, satélites, asteroides, cometas... os planetas têm massa... a massa é que dá a força de cada um prá ser atraído... se tem muita massa a força é grande... cada planeta fica a uma distância do Sol... sei a da Terra que é 150 milhões de quilômetros... dos outros ainda não sei... todos os planetas formam o Sistema Solar... a única estrela que fica no Sistema Solar é o Sol... as outras estrelas não ficam... fica um pouco mais prá frente do Sistema Solar... acho que coloquei tudo das palavras no mapa.”*

No MC2 o aluno revela a aprendizagem conceitual, e demonstra compreensão sobre a elaboração de um MC, ao reconhecer palavras-chaves que favorecem as ligações entre os conceitos elencados. A apropriação dos conceitos científicos da matéria de ensino se manifesta na própria estruturação do MC. O aluno atribuiu significados denotativos (conceituais) e significados conotativos (pessoais) sobre a matéria de ensino e o recurso utilizado, quando afirma: *“... Já aprendi fazer MC... só tenho um pouquinho de dúvida na hora de achar a palavra certa prá escrever na seta... só sei que a gente tem que formar uma frase... se a gente põe a palavra errada a frase não sai certa... fica bem esquisito... não dá sentido... a gente fica com medo de errar”*. Demonstra possuir a percepção de que as regularidades atribuídas aos conceitos devem ser coerentes com o conteúdo específico, que lhes conferem o sentido científico. Novak e Gowin (1999, p. 45-50) chamam essa atitude de *sentir o significado*. Nessa perspectiva, os sentimentos são normalmente positivos, mas podem ocorrer sentimentos negativos quando o aluno dá conta de seus erros. Contudo, o fato de o aluno fazer e refazer seu MC e compartilhá-lo em sala de aula pode favorecer a superação de sentimentos negativos.

Essa superação foi demonstrada quando o aluno continuou o compartilhamento dos seus significados e explicou: *“... escrevi muitos conceitos e achei as palavras-chaves que dava certo bem rapidinho... mas agora estou vendo que tem umas que não ficaram legais... eu sei explicar para ficar direito... olha! o principal... o conceito mais geral foi Sistema Solar... liguei com coisas que tem nele... então fica assim... no Sistema Solar tem asteroides, tem planetas... os planetas são corpos celestiais que tem autogravidade... é por conta da autogravidade que os planetas ficam na órbita do Sol... cada um na sua órbita... pra ficar girando na órbita tem que ter muita massa... e ser assim... bem limpinho ao seu redor... sem muita poeira cósmica... senão não é planeta...”* Referiu-se a uma das condições que fez com que Plutão fosse considerado um planeta anão, *“... por conta disso Plutão não é mais planeta... ele tem muita poeira cósmica ao seu redor... e isso atrapalha... e ele não conseguiu eliminar a sujeira que tem na sua órbita...”*

Ao se referir a Plutão, afirmou que quando vinculou Sistema Solar a planetas anões, a palavra de ligação utilizada não foi a mais adequada e justificou: *“... os planetas anões estão no Sistema Solar... não é só Plutão... têm outros... Ceres, Xena... também... os planetas anões é um tipo de asteroide e os asteroides ficam no Sistema Solar... e forma um cinturão... Ceres tá no cinturão...”* Ao retornar para o conceito subordinado *planetas*, revelou novas ideias sobre eles tais como: *“... vou falar agora que têm planetas de dois tipos... uns são os interiores e outros exteriores... é chamado assim... porque uns estão mais perto do Sol, que é Mercúrio, Vênus, Terra e Marte... o que tá bem pertinho é Mercúrio, ele é muito quente... acho que tem mais de 400 graus de temperatura de dia e de noite acho que é menos que uns 100... a Terra é mais ou menos... não é tão quente e nem é tão frio... por isso é bom aqui na Terra... pra vida... esses que eu falei são interiores ou telúricos... têm pouca massa... os outros... os exteriores é os que tão bem mais longe do Sol... são grandes... Júpiter, Saturno, Urano e Netuno... esses têm muita massa”* Durante a explicação percebeu que devia ter conectado apenas interiores com telúrico, denominações consideradas unívocas para grupos de planetas. Assim, fez a seguinte observação: *“... agora que estou vendo que não ficou certo colocar telúrico no fim... não precisava... podia colocar interiores ou telúrico... é a mesma coisa...”*

Na medida em que as justificativas aos erros ocorriam, novos conhecimentos sobre a matéria de ensino iam sendo negociadas. O aluno percebeu que não havia necessidade de fazer tantas ligações usando os termos telúricos, interiores e exteriores. Para ele, a única relação válida, nesse caso, seria de planetas Jovianos ou exteriores para hidrogênio e hélio ao observar: “... *aqui desse lado do MC... não precisava ter ligado... tá repetido... o que não falei foi dos planetas Jovianos ou exteriores... podem ter esses dois nomes... que eles são muitos gasosos... têm mais gases hidrogênio e hélio... gases bem leves... os interiores ou telúricos são mais formados de rochas... é rochoso...*”.

Quanto à conexão do Sistema Solar com Sol, afirmou: “... *o Sol faz parte do Sistema Solar mais não é igual aos outros corpos celestes do Sistema Solar... é o mais importante... de todos que já falei... tudo gira ao redor dele... quando a Terra gira ao redor do Sol... forma as estações do ano... acho que os outros planetas também têm estações... porque eles também giram ao redor do Sol... igualzinho a Terra... agora as estações dos outros planetas, eu acho que é diferente... não sei explicar isso...*” Várias hipóteses sobre a veracidade da afirmação foram colocadas pelos outros alunos, gerando certa discussão que resultou em outro comentário do aluno: “... *os cientistas falam que tem muita coisa no Céu que não dá prá gente saber... tem lugares difíceis de chegar de tão longe que é... ainda vão descobrir coisas...*” Concluiu a sua apresentação corrigindo mais um erro identificado por ele no seu MC: ... “*aqui não é separado nuvem de Oort... é assim... a nuvem de Oort fica no Sistema Solar... bem mais afastada dos planetas... aí coloquei aqui em cima... ela é o lugar que guarda os cometas... é igual garagem de cometas... no Universo...*”

Ainda que a apresentação do aluno revele evidências de aprendizagem, em alguns pontos das explicações observamos algumas indefinições conceituais. Isso ocorre quando o aluno apropria de expressões inadequadas ou divergentes da matéria de ensino. Por outro lado, devemos compreender que nem sempre os significados atribuídos pelos alunos são aceitos no contexto da matéria de ensino, conforme observa Novak e Gowin (1999) Mendonça, Lemos e Moreira (2010), e aproximar os alunos dos conceitos científicos determinados pela matéria de ensino, envolve muita negociação de significados e o processo pode ser demorado.

Estudo descritivo e analítico do estudo 2

Na turma controle, em consequência das notas obtidas (figura 3), identificamos 5 categorias de evolução: *Maior Amplitude*, os alunos 1A, 2A, 3A, 6A, 20A, 25A; *Amplitude Regular*, os alunos 4A, 5A, 7A, 12 A, 17A, 20A, 22A, 23A ; *Menor Amplitude*, os alunos 8A, 9A, 10A, 11A, 13A, 14A, 15A, 21A, 24A, 26A; nenhum aluno *Retrocedeu*; o aluno 16A permaneceu no *Mesmo Patamar*. Tivemos uma média de 23% dos alunos na condição de maior amplitude. Independente das notas obtidas, todos os alunos demonstraram avanços na sua aprendizagem. Em uma escala de 0-10, os alunos obtiveram notas entre 0,0 a 8,5 pontos. Na turma experimental identificamos na categoria de *Maior Amplitude*, apenas o aluno 4B; *Amplitude Regular*, os alunos 6B, 3B, 7B, 10B, 11B, 14B, 18B, 20B, 24B; *Menor Amplitude*, os alunos 5B, 1B, 8B, 9B, 12B, 13B, 15B, 16B, 17B, 19B, 22B, 23B; *Mesmo Patamar*, 21B; nenhum aluno *Retrocedeu*. A turma experimental teve em torno de 4% dos alunos na condição de *Maior Amplitude*. Em uma escala de 0-10, os alunos obtiveram notas entre 0,5 a 7,0 pontos (figura 3).

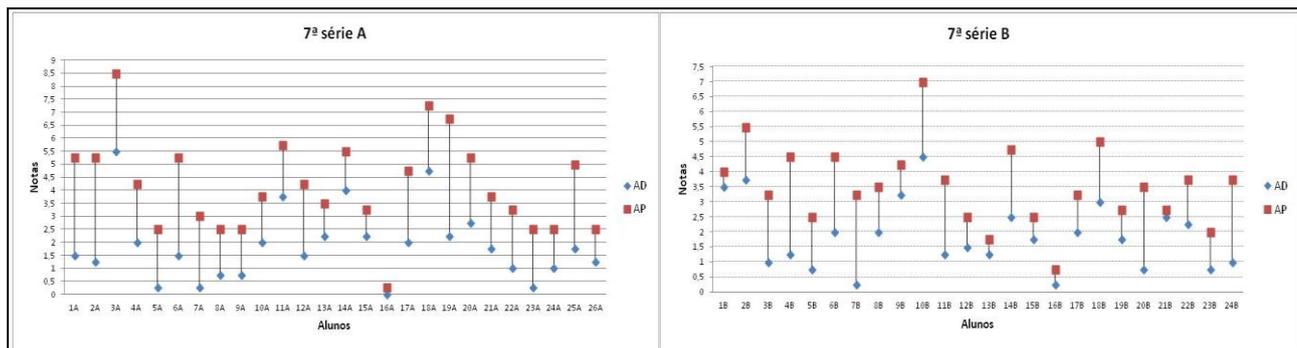


Figura 3 - Evidências de evolução a partir das notas AD e AP na turma A e turma B.

No estudo analítico utilizamos como referência a média final das avaliações realizadas, e comparamos o desempenho utilizando o *teste t* com p-valor de 0,05 e, conseqüentemente, um nível de confiança de 95%. Verificamos que a média da turma experimental sofreu uma melhora entre a avaliação inicial e a final de 1,86 (desvio padrão= 1,13) para 3,54 (desvio padrão=1,32). Esta melhora é indicativa de que, em conjunto, os alunos evoluíram no conhecimento. A turma controle também apresenta um indicativo de evolução, com a média passando de 1,86 (desvio padrão=1,38) da avaliação inicial para 4,18 (desvio padrão=1,80) na avaliação final. Evidentemente, a evolução da turma controle foi mais significativa. A comparação entre as avaliações com o p-valor de 0,01 indica que a turma experimental teve aproveitamento. Contudo, os dados obtidos por meio das notas atribuídas na AD e AP da turma A e turma B, por consequência dos valores para o referido *teste t*, a hipótese nula de que o *MC não faz diferença na aprendizagem* foi confirmada. A turma A teve um aumento médio na nota de 2,33, significativamente maior do que a turma B na qual foi utilizado o MC que obteve um acréscimo de apenas 1,68 nas notas.

Analisamos os valores amostrais por questão avaliada e os agrupamos em suas respectivas categorias de indicadores de aprendizagem. Identificamos os indicadores de maior e menor amplitude para cada turma e a questão que melhor define a habilidade desejada. A turma controle não apresentou uma melhora significativa no indicador *identificar substâncias presentes nos alimentos* e a turma experimental no indicador *reconhecer a importância dos nutrientes na composição dos alimentos*. Dos 20 indicadores, na turma controle, o p-valor é inferior a 0,05 em 10. Na turma experimental, 14 indicadores tem o p-valor inferior a 0,05. Destes, apenas 6 foram atendidos pelas duas turmas. Em 2 indicadores, *diferenciar a funcionalidade dos diferentes alimentos* e *comparar o conteúdo energético de alguns alimentos*, não houve explicitação de melhora significativa em ambas as turmas. Das habilidades estabelecidas pelos 20 indicadores, 14 delas (70%) foram atendidas pela turma B (experimental) e somente 10 (50%) pela turma A (controle). Dos 10 indicadores apresentados com diferenças significativas na turma A, 4 deles continuam questões consideradas de nível básico para a escolaridade dos alunos, 4 de nível médio e apenas 2 de nível avançado. Na turma B, as diferenças significativas se concentram em 5 questões de nível avançado, 3 de nível médio e 6 de nível básico. Questões consideradas como de nível avançado exigem nível de abstração e conhecimento maior, pois demandam a elaboração de hipóteses para relacionar, reconhecer e compreender os diferentes conceitos envolvidos no processo (Ausubel, 2002).

Interpretação de Mapas Conceituais do estudo 2

Apresentamos as interpretações realizadas, a partir dos MC1 e MC2 produzidos pelo aluno 21B (figura 4), que se encontra na categoria *Mesmo Patamar* de acordo com as notas da AD e AP.

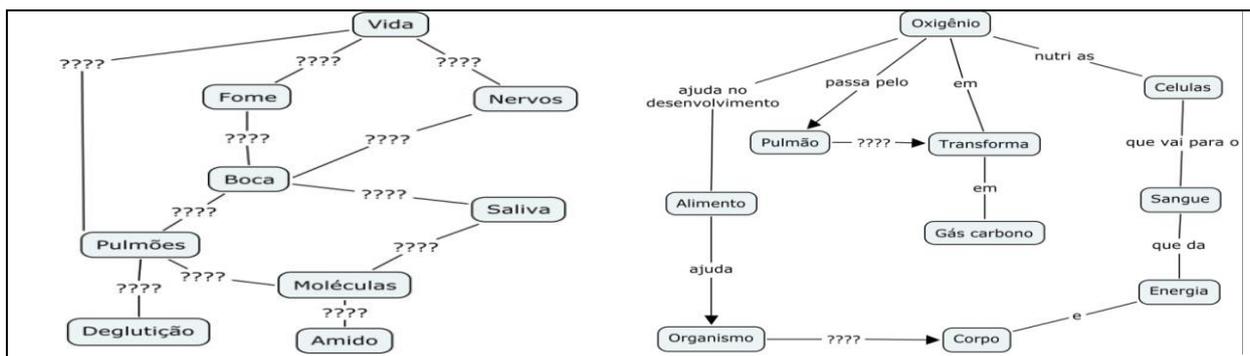


Figura 4 – MC1 e MC2 elaborados pelo aluno 21B

O MC1 para o conteúdo “*alimento base da vida*”, revela uma estrutura hierárquica em diferentes níveis espaciais, destacando o conceito mais inclusor *Vida*. Aparentemente simples, demonstra compreensão do aluno quanto à estruturação que identifica um MC. Contudo, as relações conceituais à primeira vista, não conduzem a um entendimento semântico. Somente com o compartilhamento foi possível compreender as significações atribuídas aos conceitos. “*Não achei difícil fazer MC... o que eu achei difícil foi achar as palavras para colocar nas linhas (...), também não entendi muito como achar os conceitos mais legais... escolhi uns que eu ia saber falar... (...) aqui em cima coloquei vida porque se não fosse a vida ninguém ia existir... então a gente come para ter vida...(...) então a vida fica ligada na fome...eu liguei a fome com a boca...porque a gente tira a fome com a boca...na boca tem muita saliva...para ajudar a mastigar o alimento que está na boca para matar a fome...(...) na boca tem os nervos que ajuda na mastigação...são os nervos dos dentes (...) a saliva tem um tipo de fermento que transforma do amido...do pão sabe! Que a gente come, em moléculas... Liguei a vida com pulmões... (...) por causa do pulmão que a gente respira e vive... Liguei pulmão com moléculas... por que no pulmão tem moléculas de ar... (...) aqui em baixo... não sei porque eu escolhi deglutição...eu acho que é por causa da boca...tinha que ligar com a boca (...) porque tudo que a gente come é deglutido....(...)* (Aluno 21B).

Ao compartilhar o seu MC, aluno 21B, não se limitou, apenas, a sequenciar os conceitos, buscou atribuir significados a eles. O conceito inclusor *vida* foi sendo diferenciado progressivamente e foi aos poucos sendo reintegrado a outros conceitos menos inclusivos para formar algumas proposições. Apesar de demonstrar conhecimentos de senso comum para explicar a função dos alimentos a fim de favorecer a preservação da vida, neste MC, o aluno agregou conhecimentos científicos, formando algumas proposições válidas para o conteúdo de ensino, como por exemplo: *a saliva ajuda na mastigação dos alimentos; Os dentes têm nervos que ajudam na mastigação; o amido é transformado em moléculas para ser digerido; o amido está no pão; o pulmão é importante na respiração e no seu interior tem moléculas de ar; o alimento é deglutido*. Ausubel (2002) propõe apoderar-se destes conhecimentos válidos, para ensinar um corpo estruturado de novos conhecimentos. Moreira (2010) acrescenta que à medida que o aluno vai diferenciando e reconciliando tais conhecimentos a sua estrutura cognitiva vai mudando, favorecendo novas significações.

Com o MC2 o aluno demonstrou a importância da energia contida nos alimentos e sua produção pela célula. A partir disso, colocou em evidência a sua capacidade em organizar um MC quanto a uma estrutura hierárquica, em que o conceito *oxigênio* assume o status de mais inclusor. Os conceitos diagramados são coesos com o conteúdo e estão conectados por linhas e setas nomeadas. Existem ligações válidas entre o conceito inclusor e subordinados e entre subordinado e específico. Por outro lado, fica evidenciado o problema de não distinção entre um conceito e palavras de ligação. Conforme Ausubel (2002) na aprendizagem conceitual é presumível, quando o aluno não reconhece a natureza e o papel dos conceitos na aquisição de ideias sobre o tema.

Novak e Gowin (1999) asseguram que embora os conceitos e palavras de ligação sejam importantes unidades de linguagem, seus diferentes papéis na transmissão do significado necessitam ser reconhecidos pelo aluno e isso foi revelado durante a afirmação: (...) *escrevi 10 conceitos no MC para explicar o que eu entendi de tudo (...) o oxigênio coloquei aqui em cima primeiro, porque se pensar bem ele é o mais importante... Sem comer a gente pode ficar horas, mais sem oxigênio não... a gente morre rapidinho... Ele é o mais importante na respiração... Sem ele as células não fabrica energia mesmo que recebeu alimento... Por isso eu coloquei nutri as células... Nas células quando ele junta com o nutriente energético do alimento transforma em gás carbônico (...) coloquei aqui no meio... Quando a gente inspira o oxigênio ele passa do nariz para o pulmão e é de lá que passa para o sangue e chega às células... Coloquei, também, que ele ajuda no desenvolvimento do alimento... não bem desenvolvimento...é uma reação química...eu acho que o organismo faz...Aí o corpo vai ter muita energia para funcionar...viver bem, né...é isso que eu entendi até agora...(...) Gente! Acho que não coloquei as palavras de ligação certa... Parece que falei diferente do que eu coloquei me confundi um pouco... Também! Ainda não sei achar as palavras certas! (...)* (Aluno 21B).

Durante a apresentação, o aluno atribuiu significados coerentes com o conteúdo ensinado e reforça o seu reconhecimento sobre o papel do oxigênio na produção de energia. São formadas várias proposições, compostas por dois ou mais termos conceituais ligados por palavras de modo a formar uma unidade de conhecimento (Novak & Gowin, 1999). O aluno também manifestou seus sentimentos quanto às incertezas provenientes dos aspectos inadequados do seu MC ao compartilhar suas dificuldades para a estruturação do mesmo.

Estudo descritivo e analítico do estudo 3

Dos 23 alunos da turma A (controle), dois deles, 3A e 15A permaneceram no *Mesmo Patamar*; os alunos, 5A, 11A, 21A, 22A e 23A, *Retrocederam*; os alunos, 1A, 4A, 7A, 10A, 14A, 16A, 19A e 20A, posicionam na categoria de *Menor Amplitude*; Os alunos 6A, 9A, 12A, 17A e 18A, na *Amplitude Regular*; na categoria de *Maior Amplitude*, os alunos 2A e 13A. Dos 20 alunos da turma B (experimental), os alunos 1B, 2B, 3B, 4B, 11B, 13B, 19A, 20B se enquadraram na categoria de *Maior Amplitude*; os alunos 7B, 12B na *Amplitude Regular* e os alunos 5B, 6B, 8B, 14B, 15B e 18B na *Menor Amplitude*; Retrocederam os alunos 9B, 10B, 16B e 17B; inexistência de alunos que ficaram no *Mesmo Patamar* (figura 5).

O inesperado, no contexto da aprendizagem, são os alunos que se situam na categoria relacionada aos retrocessos. A categoria acolheu um número de alunos, também inesperado. O fato demanda duas explicações, a partir do referencial teórico, capaz de sustentar este processo retroativo do conhecimento prévio evidenciado na AP. A primeira explicação se baseia na ausência de significação potencial das UEs. Caso isso tenha ocorrido, pode impedir o aluno de perceber a relacionabilidade e a discriminabilidade entre os conhecimentos prévios adequados e os novos que lhe estão sendo apresentados nas aulas e nos materiais educativos. A segunda apoia-se na ausência de variáveis motivacionais, capaz de energizar e acelerar o processo de aprendizagem “por aumentar o esforço, a atenção e a prontidão imediata para aprendizagem” (Ausubel et al., 1980, p. 338). Os autores alegam que durante o processo de intervenção, as variáveis motivacionais e de atitudes podem energizar todos ou determinados aspectos inerentes à aprendizagem. Deste modo, os fatores motivacionais costumam operar como estimuladores ou inibidores do processo de aprendizagem. Logo, tanto o primeiro argumento como o segundo pode até mesmo desestabilizar o conhecimento adquirido anteriormente e impedir as tomadas de decisões a favor de novas aprendizagens.

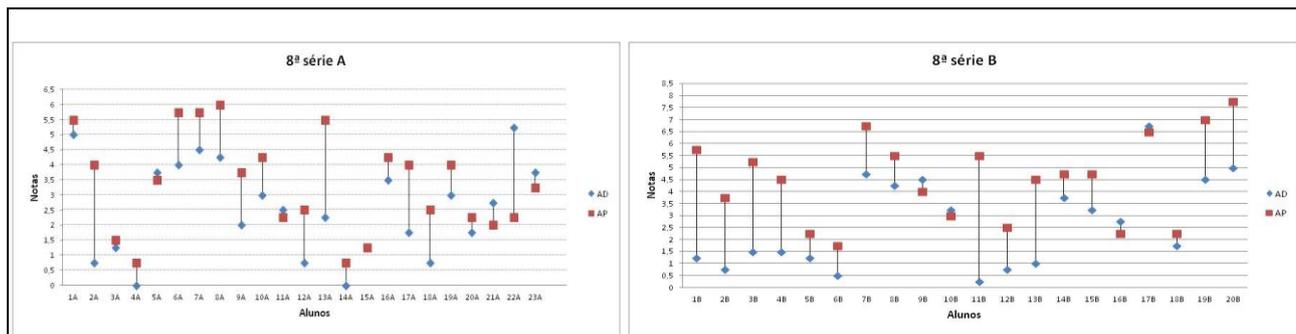


Figura 5 - Evidências de evolução a partir das notas AD e AP na turma A e turma B.

No estudo analítico verificamos que a média da turma experimental apresentou uma melhora entre a AD e AP de 3,37 (*desvio padrão* = 1,9) para 4,51 (*desvio padrão* = 1,8) e *valor de t* = -1,85. Esta melhora significativa é indicativa de que no conjunto os alunos conseguiram evoluir no conhecimento. Por outro lado, a turma controle também apresentou um indicativo de evolução no conhecimento, com a média passando de 2,52 (*desvio padrão* = 1,6) da avaliação inicial para 2,66 (*desvio padrão* = 1,6) na avaliação final (*valor de t* = - 0,85). Evidentemente, a evolução da turma controle não foi significativa embora positiva. Na comparação entre as turmas, aponta-se o *p-valor* de 0,04 (*grau de liberdade* = 36,92), indicando que a turma experimental teve melhor aproveitamento. A partir desses dados, a turma B (experimental) de fato "aprendeu" mais que a turma A (controle).

Quando analisamos os valores amostrais por questão avaliada e agrupamos estes valores a suas respectivas categorias de indicadores de aprendizagem, identificamos os de maior e menor amplitude para cada turma, e a questão de maior abrangência. A análise aponta que o *p-valor*, comparativo da turma experimental com a turma controle, foi significativo apenas para as questões 2f e 3b. A questão 2f refere-se à propriedade dos materiais, estando inserida no indicador de aprendizagem *diferenciação das propriedades dos materiais*. Já a questão 3b, indica a compreensão da interação dos materiais com a força mecânica, associada ao indicador de aprendizagem *reconhecimento das propriedades dos materiais*. Contudo, observamos que a turma experimental não evoluiu significativamente na questão 2f. O que atribuiu significância ao resultado dessa questão foi o fato da turma controle apresentar uma queda entre o valor AD e AP de 0,23 para 0,10. Desta forma, podemos considerar que a diferença entre as medidas das provas das duas turmas influenciaram negativamente para o *p-valor significativo*. Diversamente, na questão 3b a turma experimental apresentou um aumento significativo entre AD e AP.

Embora o *p-valor* por questão não tenha sido significativo na comparação entre as turmas, observamos que a turma experimental apresentou $p < 0,05$ na comparação entre AD e AP nas questões 1a, 1b, 1c, 1e, 1f, 1g, 1i, referentes ao indicador *associação entre o material e o seu uso de acordo com suas propriedades*, cujas questões são consideradas de nível básico; 3b e 3d, referentes ao indicador *reconhecimento das propriedades dos materiais*, consideradas de nível médio. Tanto o indicador *diferenciação das propriedades dos materiais* quanto *proposições de explicações baseadas em modelos interpretativos* as turmas não apresentaram evolução significativa, sendo que o primeiro indicador é de nível básico e o segundo de nível médio. A turma controle apresentou $p < 0,05$ apenas nas questões 1c, 1g e 2f, todas de nível básico. Lembramos que na questão 2f a turma controle reduziu a nota de 0,23 para 0,10.

Estes resultados nos levaram a sopesar que quando se trata de avaliar a evolução da aprendizagem do aluno por meio de dados numéricos, dificilmente conseguimos fazer inferências reais sobre todas as capacidades emergidas do mecanismo cognitivo acionado pelo aluno para dar conta da resposta correta. Isso mostra a importância de interligar diferentes métodos de investigação, a fim de alcançar análises mais confiáveis da aprendizagem do aluno.

Interpretação de Mapas Conceituais do estudo 3

Para exemplificar, apresentamos MCs produzidos pelos alunos 1B (figura 6) que se encontra na categoria de evolução de *Maior Amplitude* nas notas. Os MCs foram interpretados com base na análise interativa (Laville & Dione, 1999) com ênfase na dinâmica de elaboração e apresentação.

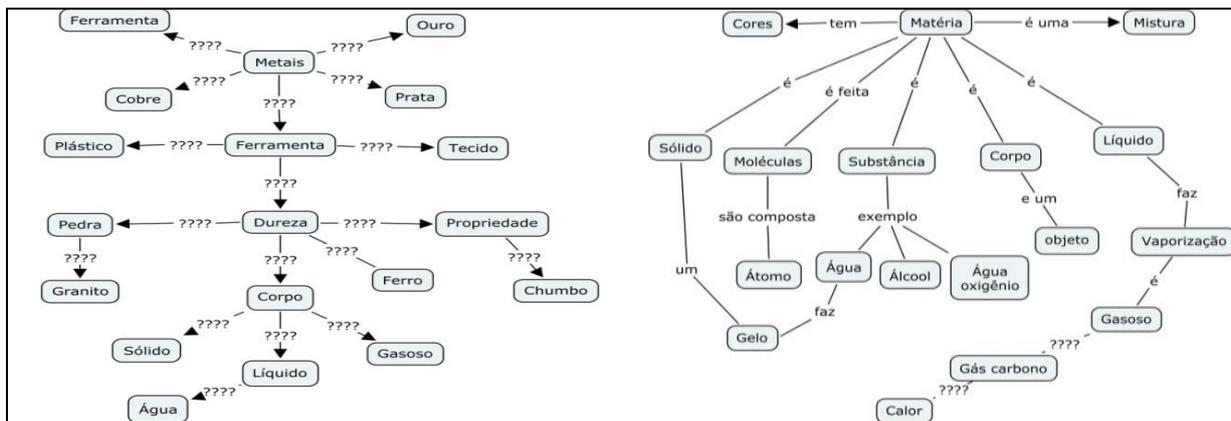


Figura 6 - MC 1 e MC 2 elaborado pelo aluno 1B.

Apesar de não evidenciar diretamente as relações conceituais, devidos ausências de palavras de ligação, o aluno demonstra habilidade para a organização espacial, na seleção de conceitos e no reconhecimento dos sentidos, que pode possuir um conceito ao ser vinculado a outro, por exemplo: *corpo* vinculado a *sólido*, *líquido* e *gasoso*. A negociação dos significados, atribuídos ao MC1, foi conduzida no sentido de responder a questão foco, *Qual a importância dos materiais para a nossa vida?* Nessa perspectiva, o aluno 1B explicou o seu MC e explicitou a sua compreensão ao relatar: (...) *eu escolhi o metal como o material mais importante para fazer coisas para a nossa vida... com ele fazemos várias coisas, a gente chama de ferramentas... quase todas as ferramentas... são de metais... os metais que eu coloquei aqui no mapa é o ouro, a prata e o cobre... há! o ferro e chumbo, também... o metal que mais se usa, porque é um que tem mais dureza, é o ferro... aí eu fiz essa ligação aqui... o metal que faz ferramentas é o ferro porque é o que tem mais dureza... é isso que eu queria dizer... dureza é uma propriedade dos metais... o chumbo é metal e tem essa propriedade... para fazer ferramentas usa só uma parte dos metais... um corpo é uma parte da matéria... todos os metais são matérias e um corpo ou é líquido, igual a água, ou sólido, igual o ferro, o ouro, prata e chumbo...há! o cobre também...a gente faz fio com o cobre... pelo fio passa energia (...).* (aluno1B).

Já no MC2 evidenciamos um esforço do aluno 1B, no sentido de superar as fragilidades estruturais apresentadas no MC1. Expõe uma relação explícita de significados entre dois conceitos, embora as palavras de ligação sejam simples. As linhas indicam relações bidirecionais válidas, como por exemplo, entre *matéria* e *moléculas*, perfazendo uma proposição coerente com o conhecimento científico, a *matéria é feita de moléculas é as moléculas são compostas por átomos*. Evidencia evolução na habilidade de estruturar o mapa, na integralização e reconciliação de conceitos e na maneira de conduzir a negociação de significados gerados pela questão foco, “*o que você aprendeu sobre as propriedades da matéria?*”.

Nesse sentido, o MC2 ofereceu indicadores de aprendizagem, capaz de corroborar com situação de maior amplitude na evolução conceitual, após intervenção, quando o aluno o apresenta da seguinte forma: (...) *aqui encima eu coloquei matéria... porque as propriedades dela que a gente*

tem que saber (...), então...a matéria é de diferentes espécies e ela pode ser formada de substâncias...aí eu coloquei aqui matéria é substância e dei uns exemplos de substâncias que são as simples e as compostas, os exemplos são de compostas (...) água, tem duas substâncias, oxigênio e hidrogênio... o álcool tem três, oxigênio, hidrogênio, carbono... a água oxigenada tem as mesmas substâncias da água, só que o oxigênio é mais (...), o gás oxigênio que a gente respira é uma substância simples...(...) uma porção limitada da matéria chama corpo....aí eu coloquei, matéria é corpo...a menor parte da matéria é o átomo que são compostos por moléculas...aí eu coloquei, matéria é feita de moléculas...então as substâncias são feitas de moléculas...A matéria está na natureza em três estados sólidos, líquidos, e gasosos...aí eu coloquei...matéria é sólida...exemplo o gelo...faz de água...o gelo é a solidificação da água...a matéria é líquida...os líquidos evaporam...aí eu coloquei...faz vaporização e transforma em uma substância gasosa...fiquei em dúvida se o gás carbônico é líquido...nunca vi gás carbônico líquido...sei que os líquidos evapora pela ação do calor... aí coloquei calor aqui embaixo... (...) (Aluno 1B).

Embora apresentando fragilidades quanto às palavras de ligação e algumas falhas na disposição sequencial dos conceitos, importantes tomadas de consciência foram compartilhadas pelo aluno 1B na elucidação do MC2. Isso comprova o potencial idiossincrático do MC e o seu papel no desenvolvimento de atitudes em sala de aula. A explicação das estruturas hierárquicas favoreceu a compreensão sobre o potencial conceitual do aluno e das estratégias facilitadoras na diferenciação e as possíveis reconciliações integradoras.

Observamos que nas interpretações dos seus MCs, os alunos das 8ª séries, apresentaram dificuldades menores, em relação às outras séries, na capacidade de desvendar os caminhos traçados por eles nas relações conceituais. Tiveram, também, menor dificuldade no entendimento das formas de estruturação do MC. As apresentações se constituíram em eventos motivadores de atitudes favoráveis a aprendizagem dos conceitos científicos e ao seu compartilhamento.

Considerações Finais

Consideramos que os estudos apresentados desvelaram elementos constituintes da forma de ensinar e aprender, na dimensão investigativa, conteúdos científicos de diferentes temas das Ciências Naturais. Aprendermos que o ensino, a aprendizagem e a investigação são, comprovadamente, indissociáveis, conforme defende Lemos (2008; 2011). O ato de investigar contribuiu para a formação do juízo de valor, conferido à capacidade dos investigados em significar os conceitos os quais desejávamos ensiná-los. Foi importante produzir evidências de que eles não caminham igualmente no processo de aquisição de conhecimentos e vários são os fatores intervenientes a esse processo no contexto da sala de aula.

Na perspectiva da investigação e do recurso didático (MC) avaliado, durante o processo de ensino, observamos a ocorrência de aprendizagem significativa. Embora, em alguns casos, as observações fossem incompatíveis com os resultados obtidos na avaliação de aprendizagem (AP) e seus indicadores. Os resultados deixaram evidentes que as fragilidades e as potencialidades presentes no processo de raciocínio do aluno tiveram suas origens no ensino centrado na negociação de significados ao se utilizar o MC. A elaboração e apresentação do MC desafiou o aluno a apresentar novos problemas e exigiu um posicionamento frente a sua realização, se constituindo em um meio eficaz de externalização de significados denotativos e conotativos.

As apresentações, realizadas pelos alunos, se constituíram em eventos motivadores de atitudes favoráveis a aprendizagem dos conceitos científicos e ao seu compartilhamento. A vontade dos alunos de superar o que não haviam dado conta nas apresentações anteriores tornou-se um desafio constante. Ficou evidente o potencial do MC em deliberar as representações e conhecimentos prévios dos alunos, além, de explicitar as diferentes formas de apropriação do conhecimento científico tratado em sala de aula, que na maioria das vezes, utilizando-se de avaliações tradicionais não damos conta de precisar. Deste modo, o MC demonstrou a sua

potencialidade didática para revelar e promover a aprendizagem do aluno. Ficou evidenciado o caráter processual recursivo inerente à aprendizagem significativa quanto se usa o MC como recurso didático na construção de conhecimentos científicos das Ciências Naturais.

Embora não possamos afirmar que toda a aprendizagem decorreu do uso do MC, a aprendizagem dos grupos experimentais tornou-se mais evidente, e foi possível de ser compartilhada de forma mais dinâmica. O MC favoreceu conexões não arbitrárias e não literais de ideias com a estrutura cognitiva do aluno, visto que, impõe certos desafios, como: a seleção de conceitos; a organização espacial e a fidelidade ao tema proposto. Para enfrentar esses desafios, a maioria dos alunos foi capaz de resgatar e reorganizar seus conhecimentos prévios, estabelecendo uma linha de raciocínio coerente com a proposta enunciada. Com isso, reiteramos que o MC facilita a aprendizagem significativa e deve ser utilizado como recurso didático no ensino de conceitos científicos das Ciências Naturais. Os estudos realizados contribuíram para convalidar o seu uso em sala de aula do Ensino Fundamental.

Referências

- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento: una perspectiva cognitiva*. Barcelona: Paidós.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., Hanesian, H. (1980). *Psicologia educacional*. 2ª ed Rio de Janeiro: Interamericana.
- Gowin, D. B. & Alvarez, M. C. (2005) *The Art of Educating with V Diagrams* New York: Cambridge University Press.
- Kinchin, I. (2013). Concept mapping and the fundamental problem of moving between knowledge structures. *Journal for Educators, Teachers and Trainers*, Vol. 4 (1), pp. 96 – 106.
- Laville, C. & Dionne, J. (1999). *A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas*. Porto Alegre: Artmed.
- Lemos, E. S. (2008). El aprendizaje significativo y la formación inicial de profesores de Ciencias y Biología. Tesis Doctoral, Universidad de Burgos (UBU). Departamento de Didácticas Específicas, Burgos, España.
- Lemos, E. S. A (2011). Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Relação com o Ensino e com a Pesquisa sobre o Ensino. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 1(3), 47-52.
- Mendonça, C. A. S., Lemos, E. S. & Moreira, M. A.(2010). Mapas Conceituais e o Ensino do tema Água em classe multisseriada de séries iniciais do Ensino Fundamental. *Encuentro Internacional sobre Investigación en Enseñanza en Ciencias*. Burgos, España, 3.
- Meneses Villagrà J. Á. (2001). La evaluación en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. In: *Actas del PIDECE* (pp. 91-125, vol. 3). Porto Alegre: UFRGS.
- Moreira, M. A.; Greca, I. M. & Rodrigues Palmero, M. L. (2002) Modelos Mentales y Modelos Conceptuales en la Enseñanza & Aprendizaje de Las Ciencias. *Revista brasileira de pesquisa em educação em ciências*. 2(3), 36-57.
- Moreira, M. A. (2003) *Aprendizaje significativo: fundamentación teórica y estrategias facilitadoras*. Porto Alegre: UFRGS
- Moreira, M. A. (2006) *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB

- Moreira, M. A & Rosa, P. R. S. (2007). Pesquisa em Ensino: aspectos metodológicos. In: *Actas del PIDEAC*: (pp. 03-55, vol. 9). Porto Alegre: UFRGS.
- Moreira, M. A. & Veit, E. A. (2007). *Fidedignidade e Validade de testes e questionários* (Texto de Apoio- Bases Teóricas e Metodológicas para o ensino superior). Rio Grande de Sul: Instituto de Física, UFRGS.
- Moreira, M. A. (2011). *Metodologias de Pesquisa em Ensino*. São Paulo: Editora da Livraria da Física
- Novak, J. D. & Gowin, D.B. (1999). *Aprender a Aprender*. Lisboa: Plátano
- Novak, J. D. (2000).. *Ensinando ciência para a compreensão: uma visão construtivista* (pp. 22-43). Lisboa: Plátano
- Rodríguez, B. L. & Caballero Sahelices, M. C. (2005). Representaciones mentales de profesores de ciencias sobre el Universo y los elementos que incorporan en su estructura en general y los modelos cosmológicos que lo explican. *Revista brasileira de pesquisa em educação em ciências*, 5(1), 37-53.
- São Paulo - Estado (2007). SARESP. *Boletim da Escola* – nº 005861, DE Guarulhos-Sul: COGSP, São Paulo: SEE.
- São Paulo - Estado (2008). *Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Ciências* (Maria Inês Fini, Coord.). São Paulo: SEE.