

SUZANE BEZERRA DE FRANÇA

**INVESTIGANDO O DESENVOLVIMENTO DA
CONCEPÇÃO DE NANOMUNDO NO ENSINO
FUNDAMENTAL**

**Recife
2005**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO**

**INVESTIGANDO O DESENVOLVIMENTO DA
CONCEPÇÃO DE NANOMUNDO NO ENSINO
FUNDAMENTAL**

Suzane Bezerra de França

Recife, fevereiro de 2005

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
NÍVEL MESTRADO**

**INVESTIGANDO O DESENVOLVIMENTO DA
CONCEPÇÃO DE NANOMUNDO NO ENSINO
FUNDAMENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências - Nível de mestrado, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte de requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências.

Mestranda: Suzane Bezerra de França

Orientadora: Helaine Sivini Ferreira, Dra.

Co-orientadora: Edênia Maria Ribeiro do Amaral, Dra.

Recife, fevereiro de 2005.

INVESTIGANDO O DESENVOLVIMENTO DA CONCEPÇÃO DE NANOMUNDO NO ENSINO FUNDAMENTAL

Suzane Bezerra de França

Banca Examinadora:

Presidente: _____

Profa. Dra. Helaine Ferreira Sivini

1º Examinador: _____

Profa. Dra. Aline Elesbão do Nascimento

2º Examinador: _____

Profa. Dra. Heloísa Flora Brasil Nóbrega Bastos

3º Examinador: _____

Profa. Dra. Edênia Maria Ribeiro Amaral

Dissertação aprovada no dia 25 de fevereiro de 2005, no Departamento de Educação da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Ficha catalográfica
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central da UFRPE

F814i França, Suzane Bezerra de
Investigando o desenvolvimento da concepção de
nanomundo no ensino fundamental / Suzane Bezerra de
França – 2005.
110 f. : il.

Orientador: Helaine Sivini Ferreira
Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departa-
mento de Educação.
Inclui referências e apêndice.

CDD 372

1. Nanociência
2. Aprendizagem significativa
3. Mapas conceituais
4. Temas contemporâneos
5. Construtivismo
6. Ensino-aprendizagem
7. Nanotecnologia
- I. Ferreira, Helaine Sivini
- II. Título

DEDICATÓRIA

À melhor mãe do mundo...
Sebastiana Bezerra de França
(in memória)

AGRADECIMENTOS

A Deus, porque está no começo e no fim de tudo...

Ao meu pai, Severino Luiz de França, pelo incentivo constante à vida acadêmica.

Aos meus irmãos: Simone, Sílvio e Júnior, porque crescemos juntos e porque compõem uma torcida organizada na arquibancada de minha vida.

A Profa. Dra. Helaine Sivini Ferreira, orientadora desta dissertação, por ter sido uma parceira na construção deste trabalho, com quem compartilhei tantos momentos de aprendizagem, não só científicos, mas humanos.

A Profa. Dra. Edênia Ribeiro do Amaral, co-orientadora, deste trabalho, por ter aceitado o convite para participar desta construção e pelas discussões.

A Elcida de Lima Araújo, Profa. Dra. da UFRPE, pela confiança.

Aline Elesbão do Nascimento, Profa. Dra. da Universidade Católica de Pernambuco, pela grande colaboração na intervenção pedagógica e por aceitar o convite para compor a banca examinadora deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, e em especial a Coordenadora, Profa. Dra. Heloísa Flora Brasil Nóbrega Bastos, pelas valiosas contribuições no desenvolvimento deste trabalho e por ser sempre acessível, por quem tenho sincera admiração.

Ao colégio Souza Leão, na pessoa da Senhora Dulce Souza Leão, por ter disponibilizado, espaço para o desenvolvimento da intervenção pedagógica.

Aos alunos pesquisados, sem os quais seria impossível a realização deste trabalho, assim como a professora de Ciências Isabel Cristina Borges, também colega de turma do mestrado, por facilitar o andamento da intervenção, e pelas discussões.

Aos funcionários do Departamento de Educação da Universidade Rural: Josemar, Célia Jerri, Jane, bem como ao serviço de cópias: Vivian, Elaine, Shirley.

Aos colegas de turma do mestrado, especialmente a Gizella, Priscila, Acássia, Isabel, Maria da conceição, Geni e Nélio, pela amizade e porque aprendemos juntos.

Ao amigo Marcos Alexandre, pela amizade e troca de experiências, tão valiosas para a concretização deste trabalho.

Aos amigos, Wellington, Sheila, Karla, Eduardo e Almecy, pela amizade.

Ao amigo-irmão Ricardo Neves, pelo companheirismo.

Aos amigos do Laboratório da Maternidade e Unidade de saúde Professor Barros Lima, na pessoa da gerente Marlene Andrade, pela compreensão.

Finalmente, gostaria de expressar minha gratidão, a todas essas pessoas aqui citadas, assim como, a tantas outras, que de igual modo contribuíram de alguma forma, em outros momentos de vida. A todos, muito obrigada e que Deus continue os abençoando sempre.

RESUMO

Neste trabalho estudou-se o desenvolvimento da concepção de nanomundo junto a alunos da 8ª série do Ensino Fundamental. Como esse tema ainda não faz parte dos currículos escolares, e devido ao seu caráter bastante abstrato, estruturou-se um conjunto de atividades diversas para serem desenvolvidas com os alunos em quatro encontros com o intuito de fornecer informações sobre a temática, e permitir que os alunos chegassem às suas próprias conclusões sobre o nanomundo, ao invés de se limitarem a respostas prontas. Durante a realização desses encontros, foram aplicados alguns instrumentos pedagógicos, como os mapas conceituais, por exemplo, que tiveram como objetivo coletar dados sobre o processo de construção dos alunos, mas que também auxiliaram os mesmos a organizar suas idéias. Estes instrumentos, bem como, uma lista com os pontos que seriam relevantes para discussão, foram utilizados na formalização de um protocolo, a partir do qual foram realizadas as análises dos processos de construção de cada um desses alunos em cada etapa. Após a aplicação do protocolo de análise observou-se que, as concepções prévias dos alunos sobre o tema eram bastante limitadas, mas que a intervenção foi significativa visto que, no final, a maioria dos alunos não apenas tinha uma idéia do que seria o nanomundo, mas relacionavam a esta concepção inúmeros outros conceitos pertinentes como os de microscopia eletrônica, escala, ampliação, aplicações e benefícios da nanotecnologia na cura de doenças.

ABSTRACT

In this work, the development of the nanoworld's conception was studied among pupils primary school. Considering that this issue is not included in the scholar resumes, and also that it has a very abstract character, a set of distinct activities was structured and applied to the pupils in four meetings. The purpose of these activities was to provide information about the subject, allowing the pupils to reach their own conclusions about the nanoworld instead of limiting themselves to ready answers. During the accomplishment of these meetings, some pedagogical instruments, such as conceptual maps, for example, were applied with the purpose to collect data about the construction process of the pupils and to assist them to organize their own ideas. These instruments, as well as a list with the relevant topics to be discussed, were used to formalize a protocol, which was useful to the analyses of the construction process of each pupil in each stage. After the application of the analyses` protocol, it was observed that the previous conceptions of the pupils about the subject were very limited. However, the intervention was significant because, in the end of the activities, the majority of the pupils had only not had a clear idea about the nanoworld's conception, but also they could related to it many other pertinent concepts as electronic microscopy, scales, magnification, applications and benefits of the nanotechnology in the cure of illnesses.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS	xii
INTRODUÇÃO.....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 Nanociência.....	16
2.1.1 Aspectos históricos da nanociência.....	16
2.1.2 Considerações sobre a nanociência.....	18
2.1.3 Aplicações tecnológicas da nanociência.....	20
2.1.4 Iniciativas para a inserção da nanociência no âmbito educacional.....	22
2.2. Ensino de Ciências.....	24
2.2.1 Algumas considerações sobre o ensino de ciências no Brasil.....	24
2.2.2 A Inserção de temas contemporâneos – desafios para o ensino de ciências.....	27
2.2.3 O construtivismo no ensino de ciências.....	30
2.3 Teoria da aprendizagem significativa.....	34
2.3.1 Os mapas conceituais.....	39
2.3.2 Aplicação dos mapas conceituais.....	40
2.3.3 Mapas conceituais como instrumento de avaliação.....	42
3. METODOLOGIA.....	45
3.1 Local.....	45
3.2 Caracterização do grupo estudado.....	45
3.3 Atividades.....	46

3.3.1 Metodologia da intervenção.....	46
3.4 Instrumentos utilizados na intervenção.....	51
3.5 Análise dos dados.....	52
3.5.1 Considerações sobre os pontos a serem analisados no protocolo.....	53
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	55
5. CONCLUSÕES.....	76
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
APÊNDICES.....	83
A. Artigo: A Inserção de Temas Contemporâneos No Ensino Fundamental: a Nanociência.....	84
B. Questionário (checagem inicial).....	109
C. Normas para publicação do artigo.....	110

LISTA DE FIGURAS

Figura	1	-	Alunos	manipulando	47
lupas.....					
Figura	2	-	Alunos	observando	47
lâmina.....					
Figura	3	-	Alunos	assistindo	48
palestra na UNICAP.....					
Figura	4	-	Apresentação	das imagens	49
no laboratório de informática.....					
Figura	5	-	Entrevista	individual	50
com os pesquisados.....					
Figura	6	-	Fluxograma	que resume	51
os instrumentos utilizados e seus objetivos.....					
Figura	07	-	Mapa	conceitual	57
I elaborado pelo aluno A1.....					
Figura	08	-	Mapa	conceitual	59
II elaborado pelo aluno A1.....					
Figura	09	-	Mapa	conceitual	61
I elaborado pelo aluno A2.....					
Figura	10	-	Mapa	conceitual	64
II elaborado pelo aluno A2.....					
Figura	11	-	Mapa	conceitual	66
I elaborado pelo aluno A3.....					
Figura	12	-	Mapa	conceitual	68
II elaborado pelo aluno A3.....					
Figura	13	-	Mapa	conceitual	69
I elaborado pelo aluno A4.....					
Figura	14	-	Mapa	conceitual	72
II elaborado pelo aluno A4.....					

LISTA DE TABELAS

Tabela I - Pontuação para mapas conceituais.....	44
Tabela II – Legenda dos alunos selecionados para a discussão dos resultados.....	46
.....	
Tabela III - Protocolo de análise do processo de construção dos alunos.....	53
.....	

1. INTRODUÇÃO

No novo século que se inicia, a educação em ciências surge como uma preocupação fundamental em todos os países do mundo. O ensino e aprendizagem das ciências são cada vez mais valorizados como fator essencial para o progresso da tecnologia e da economia, para a construção de sociedades democráticas e principalmente para a formação de especialistas altamente qualificados (BRASIL, 1998).

Contudo, a compreensão da ciência e da tecnologia tal como se apresenta hoje, inclusive em seu aspecto de patrimônio cultural da sociedade moderna, exige que os indivíduos detenham conhecimentos interdisciplinares que não poderão ser construídos apenas sob a influência do ensino formal praticado nas escolas (BASTOS, 2004).

No que diz respeito à nanociência e nanotecnologia, a mídia vem trazendo um grande número de informações, que ainda não são exploradas nos processos de educação científica na escola. Fala-se, por exemplo, de fármacos de dimensões diminutas que são inteligentes e liberam os medicamentos de forma gradual no organismo, de vidros auto-limpantes contendo uma camada hidrofóbica em sua superfície que impede a deposição da água e da sujeira e, ainda, em uma língua eletrônica que está sendo utilizada para selecionar as melhores safras de café e de uva.

As questões são: será que os alunos já ouviram falar nessas pesquisas? Será que compreendem os conceitos científicos envolvidos no desenvolvimento desses produtos? Têm alguma idéia da dimensão da escala nanométrica? No sentido de contribuir para o esclarecimento dessas questões optou-se pela abordagem do tema nanociência para a realização deste trabalho de pesquisa.

Em se tratando de uma temática relativamente recente, a nanociência ocupa pouco ou nenhum espaço nas aulas da educação científica, no nível fundamental. Porém, com a evolução dos microscópios de tunelamento que permitem a manipulação

atômica e o desenvolvimento de produtos, que vão de cosméticos a “chips” de computadores em escala nanométrica, é praticamente impossível admitir que os alunos permaneçam alheios a essas descobertas. Assim, consideramos que é papel da escola e, conseqüentemente do professor, proporcionar oportunidades para a discussão desses assuntos cada vez mais presentes no cotidiano dos alunos.

Para Bonzanini e Bastos (2004) a maneira como esses temas atuais são tratados em aula, ou seja, a didática utilizada pelo professor, faz toda diferença e pode provocar o interesse ou a recusa por parte dos alunos em aprender tais temas e os seus conceitos científicos correlatos.

Neste trabalho optou-se por uma abordagem lúdica, na qual a nanociência foi tratada por meio da concepção nanomundo e recorreu-se à Teoria da Aprendizagem Significativa Ausubel, et al. (1980) como o referencial teórico mais adequado para acompanhar o desenvolvimento cognitivo dos alunos durante seus processos de construção.

Para Ausubel, a aprendizagem significativa ocorre sempre que há interação entre o novo conhecimento e conceitos inclusivos presentes na estrutura cognitiva do indivíduo, motivo pelo qual se fez necessário identificar, inicialmente, se os alunos já traziam consigo alguns conceitos relacionados ao nanomundo, a partir dos quais o novo conhecimento poderia vir a ser construído (MOREIRA, 1999a).

Diante do desafio de como construir junto aos alunos do Ensino Fundamental a concepção de nanomundo, partiu-se da premissa de que a utilização conjunta de organizadores prévios e de uma visita ao Laboratório de Biologia Celular e de Ultraestrutura da UNICAP para promover o contato com o microscópio eletrônico de varredura (MEV), poderiam vir a constituir uma estratégia adequada para iniciar a construção desta concepção.

Diante do exposto, e procurando responder ao problema de pesquisa levantado, tem-se que os objetivos desta pesquisa foram:

Objetivo geral:

Investigar o desenvolvimento da concepção de nanomundo junto a alunos do Ensino Fundamental.

Objetivos específicos:

1. Identificar as concepções prévias e os conceitos dos alunos, que poderiam ser utilizados como subsunçores no processo de construção da concepção de nanomundo;
2. Identificar quais os conceitos utilizados e as relações que os alunos estabelecem entre eles na construção da concepção de nanomundo.

Para tanto esta dissertação foi estruturada em seis capítulos. No capítulo 1 apresenta-se a fundamentação teórica, que abrange o tema específico desta pesquisa, algumas considerações sobre o ensino de ciências no Brasil e a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Nos capítulos 3 e 4 encontram-se a descrição da metodologia utilizada, os resultados e a discussão, respectivamente. No capítulo 5 têm-se as conclusões, e por fim, no capítulo 6, as referências bibliográficas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 NANOCIÊNCIA

Esta seção tem por objetivo apresentar o tema específico deste trabalho, que é a nanociência. Inicia-se com os aspectos históricos da nanociência, algumas considerações iniciais sobre a nanociência, seguida de aplicações tecnológicas da nanociência, e, posteriormente, de algumas iniciativas para a inserção da nanociência no âmbito educacional.

2.1.1 Aspectos Históricos da Nanociência

Através dos últimos anos, um pequeno mundo, mas com grande potencial, vem rapidamente se insinuando. Esse mundo é chamado de nano e está relacionado com todos os ramos da ciência e engenharia, com grandes implicações éticas, econômicas, na vida diária e até na concepção da humanidade sobre o seu lugar no universo. Os visionários vêem a nanociência como uma solução para todos os nossos problemas. Porém, os mais alarmistas vêem nessa ciência o próximo passo para guerras químicas e biológicas, e em casos extremos, uma oportunidade para as pessoas criarem as espécies que irão substituir a humanidade no futuro (RATNER e RATNER, 2002).

Algumas ONGs, têm questionado como a nanotecnologia poderá afetar a saúde. Teme-se que essas partículas possam passar para a cadeia alimentar, e ainda se sabe pouco sobre sua ação no organismo. No entanto, as pessoas se preocupam muito com a escala nano, porque nano é uma palavra diferente. O fato é que, a maneira como a sociedade recebe essas e outras informações, depende muito do nível de cultura científica que ela tem. No caso da nanotecnologia, a sociedade tem que conhecer os riscos, mas também os benefícios e os avanços tecnológicos envolvidos na questão (TOMA, 2004).

Embora a nanociência seja, atualmente, tratada como um tema de última geração, ela não é tão recente assim. Acredita-se que os primeiros nanotecnologistas foram

os chineses que, há 2000 anos atrás, confeccionavam tinta nanquim a partir de partículas nanométricas de grafite suspensas em água (CHAVES e SHELLARD, 2005).

Um outro exemplo, que ilustra como o homem fazia uso de objetos nessa escala, embora sem reconhecer a natureza submicroscópica de sua estrutura, é o dos mestres vidreiros, que ainda na época medieval manipulavam partículas de ouro de dimensões nanométricas a fim de obter diferentes cores para confeccionar vitrais e vasos decorativos (RATNER e RATNER, 2002).

Contudo, foi apenas em 1959 que o físico Richard Feynman proferiu a palestra "Há mais espaços lá embaixo", na Reunião Anual da American Physical Society, marcando definitivamente o surgimento da nanotecnologia. Feynman anunciou ser possível condensar, na cabeça de um alfinete, as páginas dos 24 volumes da Enciclopédia Britânica e afirmou que muitas descobertas ainda seriam feitas, como a fabricação de materiais em escala atômica e molecular (VOGT, 2003).

As aspirações de Feynman só começaram a encontrar condições para se tornar realidade na década de 80, com o surgimento dos microscópios de tunelamento que permitiram grandes avanços na manufatura molecular (TOMA, 2004).

Atualmente têm-se os microscópios de varredura por sonda (SPM - Scanning Probe Microscope) e de força atômica (AFM – Atomic Force Microscope) que constituem uma variação do microscópio de tunelamento e permitem manipular a matéria na escala atômica (CHAVES e SHELLARD, 2005).

2.1.2 Considerações iniciais sobre a nanociência

A nanociência e a nanotecnologia referem-se ao estudo de novas propriedades e ao desenvolvimento de aplicações tecnológicas, objetos e dispositivos que tenham ao menos uma de suas dimensões físicas menores que - ou da ordem - de algumas dezenas de nanômetros (TOMA, 2004).

Nano vem do grego anão e é um prefixo usado para designar um bilionésimo de metro e assim, um nanômetro (1nm) corresponde a um bilionésimo do metro. Para efeito de comparação: um fio de cabelo tem aproximadamente 50.000 nanômetros, uma bactéria tem cerca de 100 nanômetros de diâmetro, e o menor dispositivo já fabricado e comercializado pelo homem tem cerca de 130 nanômetros. O menor objeto, que pode ser visto pelo olho humano, sem o auxílio de instrumentos, tem cerca de 10.000 nanômetros. Ou seja, a escala nanométrica é absolutamente minúscula (SILVA, 2003).

A nanociência é, portanto, o estudo dos princípios fundamentais das moléculas e estruturas que têm grosseiramente uma dimensão entre 0,1 e 100 nanômetros. Essas estruturas são conhecidas, de modo até pouco criativo, como nanoestruturas. Já a nanotecnologia é a aplicação dessas nanoestruturas em dispositivos. Contudo, mais importante que essas definições é a compreensão de que a nanoescala não é apenas pequena, mas, também possui características muito especiais (RATNER e RATNER, 2002).

Esse novo paradigma traz consigo desafios como as questões de espaço, tempo, matéria e energia, uma vez que, na escala nanométrica, há possibilidade de se encontrar elétrons se movimentando sem perder energia e com capacidade de cruzar barreiras intransponíveis. O alumínio, por exemplo, é inócuo, útil e prático na forma como se conhece, entretanto, na forma nanométrica, em pó, ele é auto-explosivo, ou seja, entra em ignição espontânea (TOMA, 2004).

Diante do exposto, cabe então registrar a definição da Fundação Nacional de Ciência num documento assinado por Rocco (2001 *apud* Ratner e Ratner, 2002 p. 7) no qual:

“Um nanômetro (bilionésima parte de um metro) é um ponto mágico na escala dimensional. Nanoestruturas são confluências entre os menores dispositivos já fabricados pelo homem e as maiores moléculas dos seres vivos. A ciência e a engenharia de nanoescala se referem ao entendimento fundamental e ao resultado dos avanços tecnológicos alcançados pela exploração de novas propriedades físicas, químicas e biológicas dos sistemas que são intermediários em tamanho, entre os átomos isolados e moléculas e os materiais sólidos, nos quais as propriedades de transição entre os dois limites podem ser controladas”

Nanotecnologia e nanociência é um empreendimento interdisciplinar que envolve as áreas de física, química, ciências dos materiais e biologia. Quando se trata de dimensões nanométricas, as técnicas e ferramentas dessas áreas tornam-se indistinguíveis, e a interação entre elas fica mais evidente. Através de novos computadores, torna-se possível explicar métodos da química quântica, propriedades de átomos aglomerados cada vez mais complexos e até mesmo antever precisamente as propriedades de objetos ainda não produzidos com essas dimensões. Também é nessa escala que fenômenos básicos da biologia se manifestam e que o DNA torna-se manipulável (CHAVES e SHELLARD, 2005).

A manipulação da matéria na escala atômica representa uma grande revolução tecnológica, talvez a maior de todas, até hoje. Vislumbra-se que seu impacto supere o conjunto daqueles associados ao aparecimento da microeletrônica, das telecomunicações, dos plásticos e das vacinas. Os avanços decorrentes da nanotecnologia alteram grandemente as formas de produzir uma diversidade de produtos como pneus, computadores, tecidos e fármacos. Não se trata apenas do surgimento de novos produtos, mas também de outros, que já fazem parte do cotidiano das pessoas, os quais poderão ser produzidos minimizando os custos, maximizando as qualidades e explorando novas propriedades (CHAVES e SHELLARD, 2005).

Entre as vantagens decorrentes da disseminação da nanotecnologia, destacam-se: a economia de energia devido à produção mais eficiente e mais bem controlada; os benefícios ambientais visto que os novos artefatos deverão ter maior grau de reciclagem e durabilidade; e benefícios para o consumidor, uma vez que os novos produtos deverão ser mais duráveis e de maior confiabilidade (CHAVES e SHELLARD, 2005).

2.1.3 Aplicações tecnológicas da nanociência

A área de nanotecnologia e de nanociência promete aplicações diversas na vida cotidiana. Um exemplo é o desenvolvimento de novos fármacos, nos quais o princípio ativo é reduzido a dimensões nanométricas. Com isso, ganha-se em superfície específica, conseguindo-se o mesmo efeito terapêutico, com doses bem menores. Nesse caso, os tratamentos quimioterápicos têm os efeitos colaterais diminuídos (VOGT, 2003).

São inúmeras as possibilidades de aplicações nanotecnológicas na área médica. No Brasil há um grupo de pesquisadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que estão pesquisando uma maneira de melhorar a ação dos antiinflamatórios no organismo, uma vez que os existentes atualmente são bastante agressivos para a mucosa gástrica, por causa das altas doses que precisam ser ministradas (SILVA, 2003).

Na área ambiental, uma das mais importantes aplicações refere-se aos nanoímãs, ímãs que medem apenas alguns nanômetros e podem manter-se em suspensão em um fluído. Esses ímãs podem, eventualmente, vir a ser modificados quimicamente para se tornarem hidrofóbicos, podendo, nesse caso, ser utilizados em ambientes aquáticos poluídos pelo petróleo (VOGT, 2003).

Na biologia estão as maiores maravilhas nanotecnológicas, pois a natureza, através dos organismos vivos, oferece excelentes protótipos, como os fios tecidos pelas aranhas, que possuem flexibilidade e resistência, cobiçadas há muitos anos pela indústria (SILVA, 2003).

No ano passado, foi lançado no mercado europeu um vidro auto-limpante, capaz de limpar a sujeira que cai sobre ele. Trata-se de um vidro comum, no qual foi aplicada uma película de material ativo, com espessura de 40 nanômetros, correspondente a 400 camadas de átomos sobrepostos. Esse material reage com a água, eliminando a sujeira (TOMA, 2004).

Outro exemplo, no qual essa tecnologia está presente é no desenvolvimento da língua eletrônica, que é formada por um sensor, que permite detectar com precisão e rapidez e em concentrações baixas, os padrões básicos do paladar (doce, salgado, azedo e amargo), de maneira que os seres humanos não poderiam. Esse equipamento tem grande importância para a indústria alimentícia, porque permite avaliar o sabor de bebidas como café, vinho, leite, entre outros, além de servir para avaliar a qualidade da água mineral (SILVA, 2003).

Recentemente a revista *Veja* trouxe uma matéria que fazia alusão aos cientistas das empresas francesas L'Oréal e Anna Pegova que lançaram no mercado brasileiro um creme contra as rugas fabricado com nanopartículas que levam as substâncias ativas para as camadas mais profundas da pele, aumentando sua durabilidade e efeito.

Assim, observa-se que a nanociência e a nanotecnologia trazem inúmeros benefícios para a humanidade, embora também existam alguns riscos implícitos, conforme comentado anteriormente, o que não significa que essa tecnologia deva ser rejeitada pela sociedade. Essa sociedade, porém, deve buscar desenvolver uma cultura científica para poder interpretar de maneira coerente as informações que recebe (TOMA, 2004).

2.1.4 Iniciativas para a inserção da nanociência no âmbito educacional

De acordo com o exposto até então, observa-se que esse novo campo do conhecimento não se desenvolve de maneira isolada, como uma disciplina única, mas, na forma de uma supradisciplina, que utiliza conhecimentos construídos nas diversas áreas, como a biologia, a química, a física, as ciências dos materiais, as ciências da computação e tantas outras. Assim, a nanociência pode vir a promover, na escola, um excelente diálogo entre as disciplinas escolares, possibilitando aos alunos uma visão que ultrapasse a visão cartesiana que configura o atual modelo de ensino (SILVA, 2004).

Contudo, de acordo com Cylon Silva, em entrevista a *Ciência Hoje*, a inserção desse tema requer uma formação mais sofisticada dos alunos, visto que para a compreensão da nanociência são necessárias ferramentas mentais e conceituais com alto nível de abstração, que possibilitem, aos mesmos, transitar entre estas duas realidades, a macro e a nano, nas quais imperam modelos, conceitos e propriedades distintas (SILVA, 2003).

No ensino de ciências tradicional já se espera dos alunos uma grande capacidade de abstração para compreensão de conceitos, teorias e princípios. Porém, percebe-se que inclusive por parte dos professores, há dificuldades para explicar os fenômenos que ocorrem a partir de processos que são invisíveis ao olho nu, fato que resulta no estudo inadequado de muitos fenômenos celulares e moleculares (ZUANON e DINIZ, 2003).

Como então inserir um tema que exige ainda maior capacidade de abstração por parte de professores e alunos? A seguir têm-se exemplos de algumas iniciativas adotadas neste sentido.

No final dos anos 90, os Estados Unidos começaram a se preocupar com a formação de recursos humanos para atuar na área nanociência e nanotecnologia e para tanto criaram mascotes como o “nanokid”, que começou a ser utilizado ainda na educação infantil. Uma iniciativa semelhante foi adotada na Universidade de Queensland (2003), na Austrália, em que o pesquisador Dr.

Bronwyn Cribb criou um projeto que permitia alunos dos primeiros ciclos do ensino fundamental observarem formigas no microscópio eletrônico de varredura através de videoconferências.

Através desses exemplos, verifica-se que há uma preocupação, tanto dos Estados Unidos, como da Austrália, em atingir tanto a educação infantil como o ensino fundamental o que vem sendo feito por meio de atividades lúdicas, cujo principal objetivo é familiarizar os alunos com aspectos dessa nova realidade.

Uma outra iniciativa mais recente para a inserção da nanociência na educação científica fundamental foi a do governo alemão, que em 2004, investiu num projeto chamado de “NanoTruck”. Trata-se de um caminhão, equipado com modernos instrumentos, que é usado para visitar instituições, escolas e feiras, nas quais são apresentados experimentos e exposições relacionadas a nanociência (WEISER e KRANZ, 2004).

Nesse caso, tem-se uma proposta que aborda questões mais sofisticadas relacionadas a nanociência e nanotecnologia e que o faz com maior rigor científico, mas nem por isso de modo menos interessante. Assim, o que se observa é que existem várias possibilidades para inserir a temática no âmbito educacional, adequando a abordagem ao nível de ensino pretendido.

No Brasil, a primeira iniciativa oficial na área foi lançada pelo CNPq, em 2002, com a criação do RENAMI (Rede de Nanotecnologia Molecular e Interfaces), cujo objetivo foi o de agregar pesquisadores com interesses em comum, estimulando o intercâmbio de idéias e colaborações. Como se vê, trata-se de uma iniciativa direcionada prioritariamente para a montagem de laboratórios e redes de pesquisa, visando mais o desenvolvimento tecnológico propriamente dito, do que a formação inicial de recursos humanos (TOMA, 2004).

Com relação a iniciativas no âmbito educacional, tem-se a proposta da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, que introduziu na grade curricular uma disciplina de nanotecnologia, voltada ao ensino dessa nova técnica, para estudantes dos cursos de licenciatura.

Essa iniciativa tem como objetivo repassar esse conhecimento, através dos licenciandos, para os estudantes do ensino fundamental e médio. Em entrevista dada ao Jornal do Comercio, o professor da disciplina e coordenador do Laboratório de Nanodispositivos Fotônicos, Dr. Petrus Santa Cruz, afirmou ser necessário o quanto antes, estimular o alunado do ensino básico a estudar sobre o assunto, para que futuramente se possa contar com um bom banco de recursos humanos no setor. A meta para o próximo ano é firmar parceria com a Secretaria Estadual de Educação e Cultura, para que o conteúdo e a metodologia aprendidos por 30 alunos do curso de licenciatura em Química, sejam repassados para as escolas públicas.

Assim, conforme já mencionado anteriormente, este trabalho de pesquisa visa contribuir para a inserção do tema no ensino fundamental, mediante a aplicação de uma intervenção de caráter lúdico, que tem por objetivo investigar a construção da concepção de nanomundo com alunos de 8º série.

2.2. ENSINO DE CIÊNCIAS

Esta seção pretende apresentar algumas considerações sobre o ensino de ciências no Brasil, abordar a inserção de temas contemporâneos, que constituem, atualmente, um dos desafios para o ensino de ciências nesse novo século, bem como discutir os benefícios trazidos para a área pelo referencial metodológico construtivista.

2.2.1 Algumas considerações sobre o ensino de ciências no Brasil

A rápida evolução da ciência e da tecnologia demanda urgentes e profundas inovações tanto nas metodologias quanto nos conteúdos ensinados, em todos os níveis. Esse problema tem sido objeto de atenção mundial, pois numa sociedade cada vez mais inserida em um ambiente tecnológico se exige que todas as pessoas recebam formação científica que lhes proporcione discernimento dos riscos e benefícios envolvidos nas inovações tecnológicas, bem como preparo mínimo para usufruir os produtos da tecnologia (CHAVES e SHELLARD, 2005).

Neste sentido, o Ministério da Educação Brasileiro lançou em 1998 os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN, elaborados a partir de extensas pesquisas realizadas em todo o país e que, estabelecem diretrizes a partir das quais práticas docentes e currículos podem vir a ser modificados, buscando atender às demandas mencionadas acima. Porém, o que vem se observando é que sua implementação tem encontrado inúmeras dificuldades e por isso até então, não se puderam contabilizar mudanças significativas, como demonstrou o resultado do Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA) aplicado em 2003, com relação ao ensino de ciências.

Na última avaliação, o Brasil apareceu na 42^o posição, dentre os 43 países que participaram. Esse programa tem como principal finalidade avaliar o desempenho de estudantes de 15 anos de idade, verificando sua capacidade de usar conhecimentos científicos, reconhecer perguntas relacionadas à ciência e responder a questões relacionadas às pesquisas científicas (IVANISSEVICH, 2003).

Os dados do PISA demonstraram que, apesar das recomendações contidas nos PCN, a ênfase do ensino de ciências na educação básica continua voltada para o acúmulo de informações, para apresentação de simbologias das ciências e para o desenvolvimento de habilidades operacionais, o que resulta numa dificuldade por parte dos estudantes para contextualizar os conhecimentos ensinados na escola, conforme se pode observar também nos estudos realizados por Bizzo (1998), Bastos (2004) e Zuanon e Diniz (2004).

Diante da realidade que se apresenta da educação básica em ciências, surge então a seguinte pergunta: É possível modificar tal realidade? Com relação à possibilidade basta tomar o exemplo da Coreia do Sul, que não têm analfabetos, e cujo ensino fundamental, na área de ciências e matemática, é considerado um dos melhores do mundo atualmente. Na década de 60, Brasil e Coreia tinham a mesma renda per capita e aproximadamente o mesmo nível de analfabetismo. Contudo, desde então a Coreia investiu bastante na educação fundamental, transformou sua economia, revolucionou suas perspectivas sociais e se tornou um exemplo ao provar que a educação é base de toda mudança (CHAVES e SHELLARD, 2005).

Obviamente sabe-se que os contextos do Brasil e da Coréia do Sul são bem diferentes, a começar pelo tamanho do Brasil, o número de habitantes e principalmente devido à heterogenia sócio-cultural que constitui o Brasil. Essas questões dificultam, por exemplo, a adoção de programas únicos de alfabetização, ou a elaboração de livros didáticos únicos a serem adotados pelas escolas do país inteiro, visto que essas iniciativas não respeitariam as diversidades de cada região e de seus habitantes (BRASIL, 1998). Contudo, ao comparar o Brasil com a Coréia não se pretende importar o modelo coreano, mas extrair deste, lições que possam contribuir para viabilizar as melhorias necessárias ao ensino de ciências.

Diante do exposto, observa-se que os grandes desafios para o ensino de ciências no Brasil, neste novo século que se inicia, continuam sendo aqueles explicitados nos PCN em 1998 e que envolvem questões como: a reestruturação dos currículos por eixos temáticos, a adoção de posturas interdisciplinares e a contextualização dos conteúdos, além da abordagem de temas transversais, que façam parte do cotidiano dos alunos e que visem atender às novas demandas da sociedade (BRASIL, 1998).

Com relação aos temas transversais, têm-se aqueles que tratam especificamente dos avanços científicos e tecnológicos recentes, como, por exemplo, os transgênicos, o mapeamento do genoma humano, a clonagem, a nanociência, os semicondutores entre tantos outros. Esses temas, conforme mencionado anteriormente, são fundamentais para preparar os indivíduos para atuarem de maneira cidadã em sociedades cada vez mais inseridas em ambientes tecnológicos.

2.2.2 A inserção de temas contemporâneos - desafio para o ensino de ciências

No início deste século têm-se observado um agravamento dos problemas sócio-ambientais e uma rápida evolução de avanços tecnológicos, aspectos que configuram novos desafios para o ensino de ciências.

As questões sócio-ambientais, conforme aponta Gadotti (2000) são oriundas dos paradigmas clássicos da civilização, os quais se fundamentam numa visão

industrialista predatória, antropocêntrica e desenvolvimentista, na qual as necessidades humanas são relegadas em detrimento do capitalismo.

Como consequência surgem vários problemas, tais como: a fome, o desmatamento, a poluição dos oceanos e mananciais de água potável, o desemprego, a poluição dos solos por meio do uso de agrotóxicos na agricultura, a destinação inadequada de resíduos tanto industriais quanto domésticos.

Esses problemas demonstram que os paradigmas clássicos são insuficientes para atender às demandas de nossa sociedade, bem como das futuras gerações. Assim, faz-se necessário o surgimento de um novo paradigma, que tenha como premissa uma visão sustentável do planeta Terra, norteado pela construção de saberes e valores que priorizem a sustentabilidade do planeta, de todas as formas de vida, bem como das relações humanas (GADOTTI, 2000).

O outro desafio para o ensino de ciências se refere à rapidez dos avanços científico-tecnológicos, que impõem exigências cada vez maiores para os jovens que ingressarão no mercado de trabalho, através das tecnologias que permeiam todas as áreas do conhecimento. Como exemplo tem-se a medicina, com novos equipamentos tecnológicos utilizados para diagnósticos médicos cada vez mais sofisticados, como a ressonância magnética e a tomografia computadorizada; ou a geografia com GPS (Global Positioning System) - Sistema de Posicionamento Global, que permite a localização espacial precisa de pessoas e objetos.

Contudo, a inserção destes temas ligados a Ciência e Tecnologia nos currículos escolares a fim de permearem a vida cotidiana dos alunos, não pode ser justificada apenas devido às necessidades do mercado de trabalho, mas pelo próprio exercício da cidadania, permitindo que os alunos participem da tomada de decisões e adoção de posturas críticas frente às novas realidades (BRASIL, 1998).

Entretanto, o que tem se observando é a inclusão destes temas atuais de maneira muito lenta tanto, nos currículos escolares, como nos materiais didáticos de modo geral (DELICZOICOV et al., 2002).

A introdução desses temas nos currículos escolares apresenta alguns obstáculos visto que os professores precisam, num primeiro momento, conhecer e ter domínio sobre esses novos temas além de, eventualmente, ter que relegar para atividades extraclasse alguns dos tópicos tradicionais para então poder conduzir em sala estudos sobre esses assuntos (temas atuais), geralmente ausentes dos livros didáticos.

Uma outra dificuldade é que muitas vezes esses temas, em sua essência, não podem ser contemplados à luz de uma única disciplina, sendo necessária uma abordagem interdisciplinar. Neste caso, a ação não pode ser pontual (um único professor) deve haver uma equipe de professores planejando as atividades e atuando conjuntamente na construção do novo conhecimento (BASTOS, 2004). Contudo, a extensa carga horária e rigidez do planejamento escolar muitas vezes inviabilizam a proposta.

Terrazan (1992) e Angotti e Auth (2001) ao discutirem a introdução de conteúdos contemporâneos no ensino médio e fundamental, acabaram observando um outro obstáculo que está relacionado à questão dos pré-requisitos, que são freqüentemente apontados pelos próprios professores como impedimento para a entrada de novos conteúdos ou inversão das seqüências didáticas tradicionais de ensino.

Apesar das dificuldades, é importante ressaltar, que há um maior interesse e disposição dos alunos no estudo desses tópicos, o que os torna particularmente atraentes, funcionando como elementos facilitadores ou motivadores dos processos de ensino-aprendizagem. Além disso, trata-se de uma perspectiva de ensino diferenciada e inovadora, a partir da qual os conceitos tradicionais de física, química, matemática e biologia podem ser construídos de maneira contextualizada (BRASIL, 1998).

Diante do exposto, percebe-se que, a cada dia, a interação entre ciência e tecnologia se fortalece, e como tal precisa estar cada vez mais presente na vida das pessoas. Conviver com produtos científico-tecnológicos é irremediável. Mais do que em qualquer época, é necessário ter conhecimentos, para interpretar e avaliar

informações, a fim de participar de decisões políticas ou de posicionar-se frente a divulgações científicas na mídia (BRASIL, 1998).

Convém ressaltar ainda, que se o ensino de ciências visar a transmissão de conhecimentos, o aluno, provavelmente reproduzirá o que aprendeu; se visar promover a utilização do conhecimento, o aluno poderá ser um bom técnico, porém, quando se pretende formar indivíduos críticos, é necessário ir além e prepará-lo para a criação de novas explicações científicas (CARRAHER et al., 1985).

É evidente que a postura pedagógica do ensino de ciência, precisa ser revista, uma vez que a postura atual não vem propiciando atitudes reflexivas diante de fatos e acontecimentos, que remetem a questões éticas e sociais da atualidade, nem prioriza o sujeito como protagonista de seu próprio conhecimento.

Nesse sentido, entende-se que, uma prática pedagógica, que se propõem a inserir no contexto escolar temas atuais, requer a utilização de metodologias diferenciadas, somadas a diferentes recursos didáticos e que tome como referencial os pressupostos que constituem uma postura construtivista diante do conhecimento.

Para Bonzanini e Bastos (2004) que estudaram a inserção de uma temática contemporânea (Genoma Humano) no ensino médio, a maneira como esses temas atuais são tratados em aula, ou seja, a didática utilizada pelo professor, faz toda diferença e pode provocar o interesse ou a recusa por parte dos alunos em aprender tais temas e os seus conceitos científicos correlatos. Para tanto, os professores precisam desenvolver estratégias e recursos com o intuito de instigar e surpreender os alunos. Nessa perspectiva, deve-se dispor de diversos instrumentos para que as aulas sejam mais interessantes e se tenha uma maior participação dos alunos nas discussões levantadas, procurando não somente expor o ponto de vista científico como verdade absoluta.

2.2.3 O construtivismo no ensino de ciências

O termo construtivismo possui vários significados, sendo comumente utilizado para se referir às posturas, que diferem das tradicionais, com relação ao processo de ensino-aprendizagem (SILVA et al., 2002).

De acordo com Moraes (2000), o construtivismo é algo de difícil caracterização, uma vez que está implícita em seu conceito, a contínua construção. Por isso, considera que o construtivismo é um conjunto de idéias a respeito do processo de ensino-aprendizagem no qual o conhecimento se dá na interação do sujeito com a realidade.

Para Moreira (1999a) o construtivismo é uma posição filosófica cognitivista, porque se ocupa em compreender como o sujeito conhece, e interpretacionista porque o objeto e a realidade são interpretados pelo próprio sujeito do conhecimento.

O construtivismo é uma postura compartilhada por diferentes teóricos da educação, como: Piaget, com a teoria do desenvolvimento cognitivo, Vygotsky com a teoria da mediação, Ausubel com a aprendizagem significativa, Kelly com a psicologia do construto pessoal, entre outros. Embora essas teorias tenham suas peculiaridades, todas convergem no sentido de que o processo de ensino-aprendizagem se dá pelo envolvimento ativo do aprendiz na construção do conhecimento e que as idéias prévias desempenham importante papel nesse processo (CARRETERO, 2002).

O construtivismo trouxe benefícios para o ensino de ciências dessa época, conforme mostrado a seguir:

O primeiro benefício está relacionado com o processo de ensino-aprendizagem. Esse deve priorizar o sujeito, que é protagonista de seu próprio conhecimento. Nesse sentido, é necessário conhecer o desenvolvimento cognitivo do sujeito, experiências, idade e o contexto social-cultural a qual pertence. Dessa forma, o ensino de ciências passou a levar em consideração as muitas concepções construídas pelos alunos ao longo da vida social e não apenas no contexto escolar,

mas, sobretudo, individualmente, pois é o sujeito quem constrói seus significados, a partir de suas experiências (MIRAS, 1996).

O segundo benefício se refere à construção do objeto do conhecimento, que deixa de ser, uma “verdade absoluta”, tornando-se uma interpretação de mundo do sujeito ou grupo de pessoas, conferindo, assim, um valor criativo ao sujeito do conhecimento e, portanto, contribuindo para que o ensino de ciências se desenvolva sob a perspectiva de uma construção humana. A compreensão de que o objeto do conhecimento passa pela interpretação, aponta para o fato de que a observação é influenciada por expectativas, teorias e motivação e que nos experimentos os alunos só percebem aquilo que estão preparados para detectarem (BASTOS, 2002).

E o terceiro, é que as idéias prévias desempenham papel importante no processo de ensino aprendizagem, ou seja, as idéias dos estudantes, muitas das quais oriundas do senso comum, com relação aos fenômenos observados, devem ser consideradas. Esse novo enfoque possibilita um olhar individualizado do sujeito, enquanto pessoa humana, pois as pessoas experimentam ciências através da vida cotidiana, e por meio delas, constróem concepções, que podem vir a representar obstáculos para a aprendizagem de conceitos cientificamente válidos. A importância dada a essas concepções favorece uma aprendizagem diferente daquelas em que essas idéias não são consideradas, uma aprendizagem significativa (AUSUBEL et al., 1980).

Nesse sentido, a partir da década de 70 começou a surgir na literatura uma série de estudos, que discutiam especificamente as idéias prévias, em relação aos conteúdos científicos estudados na escola (MORTIMER, 2004). Esses estudos buscavam compreender melhor a estrutura das idéias prévias dos estudantes, bem como suas implicações no processo de ensino-aprendizagem.

As idéias prévias possuem dois aspectos importantes: o aspecto implícito e a resistência à mudança. Por serem implícitas, as idéias ficam tão internalizadas que nem sempre o professor consegue fazer com que os estudantes as socializem, seja através de discussão, ou mesmo através da linguagem escrita, dificultando assim seu reconhecimento. Com relação à resistência à mudança, pesquisas

demonstraram que os alunos, após toda uma vida escolar, continuam tendo concepções muito distantes daquelas aceitas cientificamente. Tal fato reforça a sobrevida que as idéias prévias possuem (CARRETERO, 2002).

Pesquisas sob o enfoque construtivista, na área de ensino de ciências, demonstram similaridades entre o processo de produção de conhecimentos da comunidade científica e aqueles construídos individualmente pelos estudantes na sala de aula (BASTOS, 2002).

O processo de produção de conhecimentos na comunidade científica envolve reformulação ou substituição de hipóteses e teorias vigentes, que ocorre por meio de rupturas e mudanças. Fazendo uma analogia com o construtivismo no ensino de ciências, pode-se entender que a aprendizagem de novos conteúdos requer mudanças conceituais por parte dos alunos, similares àquelas observadas nas revoluções científicas, ou seja, o indivíduo abandonaria concepções inadequadas do ponto de vista científico e as substituiria pelas cientificamente corretas (BASTOS, 2002).

Durante muito tempo acreditou-se que a interação entre conhecimentos prévios e os novos conhecimentos desencadeava um processo caracterizado como mudança conceitual. A idéia central das pesquisas em mudança conceitual é de provocar mudanças nos conceitos trazidos pelos estudantes, os tornando compatíveis com os conceitos científicos (VILLANI e CABRAL, 2004).

Assim, a mudança conceitual pode ser definida como um processo em que ocorre a modificação de um esquema anterior de conhecimento. Essa perspectiva não concebe a possibilidade dos estudantes conviverem com vários esquemas conceituais, adequados a contextos específicos (DRIVER et al., 1999).

Contudo, Villani e Cabral (2004) ressignificaram o sentido da mudança conceitual, que passou, então, a ser considerada como uma experiência de aprendizagem, na qual o aluno atua tanto para modificar suas idéias, de natureza científica ou não, como, para fazer uma nova leitura do conhecimento científico, a fim de compreendê-lo. Mortimer (2000), tecendo crítica à questão da mudança conceitual, diz que a

construção de conhecimentos deveria explicar as idéias prévias dos estudantes e não levá-los a abandoná-las ou a atribuir menor valor a essas idéias e que o processo de ensino-aprendizagem deveria delimitar o contexto, no qual cada uma das idéias pudesse ser válida.

Na pesquisa em ensino de ciências, a década de setenta foi a das concepções alternativas; a de oitenta da mudança conceitual e a dos anos noventa das representações da estrutura cognitiva, o que evidencia a evolução das pesquisas nessa área (MOREIRA, 2004).

As pesquisas sobre concepções alternativas promoveram o reconhecimento de que os alunos chegam à sala de aula com uma “ciência alternativa”. Posteriormente, passou-se a voltar à atenção para a mudança conceitual e a maneira de fazer os alunos abandonarem suas concepções alternativas em favor das concepções científicas, pois se acreditava que a mudança conceitual seria a substituição de uma concepção por outra. Hoje, as pesquisas caminham mais no sentido das representações da estrutura cognitiva, e na compreensão da estrutura cognitiva dos alunos podem existir representações distintas, cada uma aplicada a contextos específicos (MOREIRA, 2004).

Um dos problemas apontados em meio ao surgimento do construtivismo decorre da interpretação dada a essas teorias. O construtivismo exige uma ação reflexiva por parte do professor, a fim de detectar discrepâncias entre discurso e prática, pois ser construtivista, de acordo com Moraes (2000, p 128) “*é assumir um paradigma. É assumir atitudes construtivistas. É considerar-se permanentemente incompleto inacabado e em constante construção*”. O que configura um desafio para nós educadores.

Além de eleger como referencial teórico-metodológico o construtivismo, é necessário especificar qual das teorias da aprendizagem, que estão arroladas sob o paradigma construtivista, tomou-se como eixo norteador. Assim, escolheu-se para fundamentar este trabalho a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, por entender-se que essa teoria seja a que melhor subsidiaria os objetivos e a metodologia desta pesquisa.

2.3 Teoria da aprendizagem significativa

Nesta seção, é apresentada a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e os mapas conceituais de Novak, uma vez que esses constituem o referencial teórico-metodológico norteador deste trabalho (AUSUBEL et al., 1980).

David Paul Ausubel é um construtivista cognitivista. Construtivista porque entende que o conhecimento se dá pela construção ativa do sujeito da aprendizagem e cognitivista porque se ocupa em conhecer a mente do aprendiz no processo de ensino-aprendizagem. Para Ausubel, aprendizagem é a organização e a interação do material na estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999a).

As idéias defendidas por Ausubel foram iniciadas nos anos 60, encontram-se entre as primeiras propostas psicoeducativas que tentam explicar o processo de ensino-aprendizagem, numa perspectiva distanciada do modelo de educação tradicional. Outra característica relevante das idéias de Ausubel refere-se à reflexão específica sobre o processo de ensino-aprendizagem escolar, em vez de tentar somente generalizar e transferir à aprendizagem escolar conceitos ou princípios explicativos extraídos de outros contextos de aprendizagem (PELIZZARI et al., 2002).

A essência da teoria Ausubeliana é que *“o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe”* (MOREIRA, 1999a p. 152), ou seja, o ensino-aprendizagem deve se desenvolver a partir da identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes, considerando-os como condição para que ocorra aprendizagem. De acordo com sua teoria, a aprendizagem ocorre, quando se estabelecem relações significativas entre o novo conhecimento e a estrutura cognitiva, através de conceitos relevantes e inclusivos, que estejam claros e disponíveis, de modo a promover a ancoragem do novo conhecimento (MOREIRA, 1999a).

Para Moraes (2000), com a aprendizagem significativa de Ausubel advém uma maior atenção em conhecer as estruturas cognitivas dos alunos, uma vez que só faz sentido o ensino-aprendizagem que as considere. Na medida em que o professor promove a articulação entre as concepções prévias dos alunos e o conhecimento a

ser construído, ao novo saber é atribuído um significado pelo próprio aprendiz. A respeito da relevância dada a essas concepções, e em particular no ensino das ciências é pertinente fazer alusão a (SANSÃO et al., 2004 p. 2):

“A aprendizagem das ciências não se resume a escrever produtos do conhecimento num cérebro em branco; pelo contrário, é um processo onde o que já se sabe é tão ou mais importante do que aquilo que é descoberto ou ‘transmitido’ de novo, traduzindo-se numa construção cognitiva ativa. Com base nas concepções da sua vivência cotidiana, o aluno participa na reconstrução do seu próprio saber através de desestruturações, desequilíbrios e reestruturações sucessivas do seu conhecimento”.

Para Ausubel, a aprendizagem significativa pode acontecer de duas maneiras: por recepção, cujo conhecimento é apresentado em sua forma final para o aprendiz, ou por descoberta, na qual o conhecimento deve ser descoberto pelo aprendiz. Tanto por descoberta quanto por recepção, a aprendizagem pode não ser significativa se a nova informação não se ligar a conceitos subsunçores relevantes existentes na estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999b).

A aprendizagem significativa pode ser de três tipos: representacional, que os símbolos passam a significar aquilo que seus referentes significam; conceitual, em que ocorre a aprendizagem das abstrações e atributos essenciais do objeto, representam regularidades em eventos e objetos; e proposicional, a aprendizagem que implica em aprender o significado do que está além da soma dos significados das palavras ou conceitos que compõem a proposição (MOREIRA, 1999b).

Em relação à sua natureza, a aprendizagem significativa pode ser de três tipos:

- 1 Subordinada, na qual a informação nova é assimilada pelo subsunçor passando a alterá-lo;
- 2 Superordenada, em que a informação nova é ampla demais para ser assimilada por qualquer subsunçor existente, sendo mais abrangente que este e então passa a assimilá-lo;
- 3 Combinatória, a informação nova não é suficientemente ampla para absorver os subsunçores, mas em contrapartida é muito abrangente para ser absorvida por estes. Assim passa a se associar de forma mais independente aos conceitos originais (MOREIRA, 1999b).

A aprendizagem subordinada é um processo em que a nova informação é aprendida por subordinação, em relação à estrutura cognitiva existente e que o subsunçor também é modificado. A repetição desse processo leva à diferenciação progressiva, do conceito subsunçor (MOREIRA e MASINI, 1982).

A diferenciação progressiva de um conteúdo se dá a partir da apresentação de conceitos, idéias e proposições gerais, apresentados no início do processo de ensino–aprendizagem, que vão progressivamente sendo diferenciados à medida que conceitos mais específicos e particulares são aprendidos. Ausubel acredita que é mais simples compreender detalhes menores de algo geral previamente aprendido e que na nossa cognição os conteúdos são organizados de maneira hierárquica, na qual as idéias mais gerais estão no alto (MOREIRA, 1999b).

Na aprendizagem superordenada ou na combinatória, as novas aprendizagens podem ser reconhecidas como sendo relacionadas com elementos existentes na estrutura cognitiva. Esta relação é definida por Ausubel como reconciliação integrativa. Reconciliação integrativa no processo de ensino-aprendizagem consiste no estabelecimento de relações entre idéias, conceitos e proposições, através das similaridades, diferenças e da reconciliação de discrepâncias reais ou aparentes (MOREIRA e MANSINI, 1982).

Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa constituem dois processos pelos quais ocorre a aprendizagem significativa. Ambos estão relacionados, pois toda aprendizagem por diferenciação progressiva resultará em reconciliação integrativa. Ausubel atribui a esses processos um caráter instrucional, através da introdução de organizadores prévios adequados (MOREIRA e MANSINI, 1982).

Ausubel propõe o uso de organizadores prévios, que são materiais introdutórios apresentados antes do conteúdo a ser trabalhado. Esses organizadores facilitam a aprendizagem na medida em que funcionam como "pontes cognitivas", promovendo a ancoragem do novo conhecimento com a estrutura cognitiva. Organizadores prévios são úteis para revitalizar significados obliterados, para buscar na estrutura cognitiva dos alunos, significados que existem, mas que não estão sendo utilizados (MOREIRA, 1997).

Condições para aprendizagem significativa:

O material a ser aprendido deve ser de possível relação e incorporação à estrutura cognitiva do aprendiz de maneira não arbitrária e não literal. O material a ser aprendido tem que ser lógica e psicologicamente significativo. O significado lógico depende somente da natureza do conteúdo, e o significado psicológico é uma experiência que cada indivíduo tem. Cada aprendiz faz uma filtragem dos conteúdos que têm significado ou não para si próprio (PELIZZARI et al., 2002).

O aprendiz deve manifestar disposição para relacionar, de maneira substantiva e não arbitrária, o novo material potencialmente significativo à sua estrutura cognitiva, uma vez que o novo só adquire significado na medida em que se estabelecem relações com o conhecimento prévio (PELIZZARI et al., 2002).

Assimilação obliteradora

Em continuação ao processo de aprendizagem significativa chega-se à assimilação obliteradora, na qual as novas informações tornam-se progressivamente menos dissociáveis dos subsunçores.

Proposta por Ausubel et al. (1980), a teoria da assimilação ou ancoragem é um processo que ocorre quando idéias conceitos ou proposições, potencialmente significativos, são assimilados por uma idéia, conceito ou proposição mais geral. O subsunçor e a nova informação ao se relacionarem, por interação, permanecem interligados como participantes do novo conhecimento construído.

Para Martinez-Mut e Garfella (1998) a assimilação é um ponto fundamental na teoria de Ausubel. Representa um incremento, uma elaboração quantitativa e qualitativa da estrutura cognitiva existente, tanto em nível de conteúdo, como de organização.

2.3.1 Os mapas conceituais

Os mapas conceituais foram idealizados por Joseph D. Novak, professor da Universidade de Cornell, nos Estados Unidos, na década de 70. Fundamentam-se na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, na qual a idéia central é que os estudantes ao iniciarem o processo de ensino-aprendizagem trazem consigo vários significados (concepção, conceito, exemplos) dos conteúdos que serão tratados (LIMA, 2004).

Para Novak e Gowin (1999), conceito é uma regularidade percebida pelas pessoas, cotidianamente, em acontecimentos e objetos, e que é designada por meio de um rótulo. Porém, é papel da escola promover aos alunos o acesso a novos e variados conhecimentos, válidos cientificamente.

Mapas conceituais são diagramas ou esquemas, que têm o objetivo de representar relações significativas entre conceitos. Constituem um princípio facilitador para o processo de ensino-aprendizagem, bem fundamentado nos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, da teoria de Ausubel (MOREIRA, 1999a).

Algumas diretrizes que podem orientar a estruturação dos mapas conceituais, baseadas nos trabalhos de Sansão et al. (2002) e Almeida et al. (2003):

- 1 Representar os conceitos por substantivos;
- 2 Evidenciar uma estrutura de hierarquização, na qual os conceitos mais gerais ocupam a parte superior do mapa, seguidos pelos mais específicos;
- 3 Estabelecer relações entre conceitos pela inclusão de linhas ou setas;
- 4 Estabelecer relações utilizando palavras de ligação, que são um número mínimo de palavras, designadas proposições;
- 5 Introduzir, quando necessário, ligações laterais entre os conceitos.

2.3.2 Aplicação dos mapas conceituais

Os mapas conceituais apresentam importantes aplicações no processo de ensino-aprendizagem, tais como: identificação dos conhecimentos prévios dos alunos, para extrair significados de textos, negociar significados e avaliação de aprendizagem (MARTINEZ-MUT e GARFELLA, 1998).

Uma das vantagens de utilizar os mapas conceituais como instrumento, decorre da possibilidade de negociar significados entre as pessoas que os elaboram (professores e alunos), pois compartilhar significados deve ser o objetivo do processo de ensino-aprendizagem, através do diálogo, estabelecido entre o conhecimento construído pela comunidade científica e trazido pelo professor e os significados que os estudantes sempre trazem para essa negociação. Muitos desses significados que os alunos trazem são oriundos da vida cotidiana, ou mesmo de experiências pessoais (MARTINEZ-MUT e GARFELLA, 1998).

Os mapas conceituais devem ser entendidos como possibilidades de representação de uma estrutura conceitual e não como uma forma única, pois as pessoas fazem interpretações de maneira muito particular. Assim, *“diferente de textos e outros materiais educativos, os mapas conceituais não são auto-explicativos. Eles não foram projetados com essa finalidade. Requerem explicação por parte de quem os faz”* (MOREIRA, 1997 p. 20). Portanto, quando se pretende entender as articulações estabelecidas entre os conceitos, faz-se necessário recorrer a um instrumento auxiliar (como questionários, entrevistas ou debates), a fim de se obter justificativas.

Os mapas de conceitos têm servido como ferramenta educacional em diversos campos do conhecimento e para alunos de todas as idades, refletindo a forma como eles organizam seu conhecimento. Rios (1999) entende, que ao término do ensino fundamental o aluno deve ser capaz de construir mapas conceituais a partir de textos, observações ou experimentação.

É conveniente ressaltar que, os mapas conceituais apresentam um caráter pessoal, ou seja, representam a organização da estrutura cognitiva, que é diferente para cada

aluno e muitas vezes, diferente para o mesmo aluno, em diversos momentos de sua aprendizagem.

Nesse sentido, Sansão et al. (2002), no estudo desenvolvido com alunos secundaristas, intitulado “mapa de conceitos e aprendizagem de alunos”, estruturou as atividades pedagógicas de modo que os alunos elaborassem, individualmente, os mapas conceituais antes e depois da intervenção didática. Além disso, os alunos tiveram oportunidade de construir mapas conceituais em grupos e compará-los com os mapas conceituais já construídos e, a partir daí elaborarem um novo mapa. Para a construção dos mapas pelos alunos, foram distribuídos com os mesmo 25 cartões, 10 em branco e 15 com palavras já escritas (palavras de ligações e exemplos extraídos do livro-texto). As instruções dadas aos alunos solicitavam que eles deveriam selecionar de 8 a 10 cartões escritos e que deveriam utilizar os cartões em branco para incluírem outros conceitos que achassem apropriados. Posteriormente, eles deveriam ordená-los hierarquicamente. Ao analisar os dados, supõem que, se os alunos não tivessem recebido os cartões escritos poderiam ter uma representação mais limitada e uma estruturação mais desorganizada.

Sansão et al. (2002) verificaram que com relação aos mapas, construídos em grupo, a pouca discussão, troca de idéias e informações, entre os alunos, comprometeu os resultados, visto que esses mapas foram menos elaborados que aqueles outros construídos individualmente na etapa final.

Igualmente a Sansão et al. (2002), Almeida et al. (2003), em seu trabalho com estudantes universitários do curso de física, também estruturaram a intervenção didática de modo a promover a elaboração dos mapas conceituais em diferentes momentos, tal como a seguir:

No primeiro dia foi apresentada a teoria que fundamenta os mapas conceituais e, em seguida, os alunos construíram, individualmente, os mapas sobre o experimento do efeito fotoelétrico. Os primeiros mapas conceituais tiveram a finalidade de representar a compreensão dos alunos sobre esse conceito, pois esse assunto já havia sido trabalhado no semestre anterior. No segundo dia, os alunos construíram

novamente um mapa conceitual sobre o efeito fotoelétrico, porém nessa ocasião observou-se como os alunos organizavam os conceitos. Para tanto, disponibilizou-se, para os alunos, texto didático e foi apresentada a simulação do experimento do efeito fotoelétrico. Ao final, os alunos apresentaram os mapas conceituais para o grupo, culminando com a discussão sobre o tema trabalhado e sua aplicação no ensino.

2.3.3 Mapas conceituais como instrumento de avaliação

Conforme já comentado anteriormente, os mapas conceituais podem ser utilizados para os mais diversos fins. Entretanto, é conveniente salientar que nesta pesquisa serão utilizados como instrumento de avaliação de aprendizagem.

Para Amoretti (2001), a avaliação dos mapas depende do conteúdo estudado e do tipo de mapa escolhido. Por esta razão, os mapas conceituais, enquanto ferramenta de avaliação, são altamente adaptáveis às necessidades e ao contexto de cada educador.

O aluno não é julgado pelo professor. Não existe um mapa certo ou errado. Não há um tamanho padrão para o mapa, nem um número exato de relações entre conceitos a serem estabelecidas. O aluno está completamente livre para organizar o seu conhecimento, modificar o seu mapa quantas vezes forem necessárias, até achar que ele reflita, de maneira aproximada, sua maneira de ver o mundo. Isso não significa, no entanto, que o mapa não possa ser avaliado pelos parâmetros convencionais (AMORETTI, 2001).

Outro aspecto relevante na implementação dos mapas conceituais como instrumento de avaliação, decorre da possibilidade de lançar mão da auto-avaliação. Essa pode ser observada no momento em que o aluno expressa o conhecimento que tem e reflete sobre o seu crescimento e a reestruturação deste, ou no momento em que, através da comparação das alterações evidenciadas, ao longo do processo de ensino-aprendizagem, o aluno percebe sua evolução. Além disso, por ocasião da auto-avaliação o educador ainda conta com um fator de valor afetivo de fundamental importância na aprendizagem, que é o desenvolvimento da auto-estima.

Quando os mapas conceituais são empregados como instrumento de avaliação, existem vários critérios a serem adotados para sua análise. No entanto, neste estudo, considera-se aqueles indicados por Sansão et al. (2002) e Almeida et al. (2003). De acordo com esses pesquisadores, alguns dos pontos que devem ser analisados são:

- 1 O número de conceitos/palavras de ligação escolhidos pelos alunos;
- 2 O número de conceitos por eles introduzidos;
- 3 O conceito considerado mais geral;
- 4 As relações (ou falta delas) entre conceitos;
- 5 As palavras de ligação atribuídas (ou não);
- 6 A hierarquização;
- 7 O cruzamento (ou não) de linhas;
- 8 Exemplos

Assim, como Sansão et al. (2002), Almeida et al. (2003) enfocaram a utilização dos mapas conceituais como instrumento avaliativo e discutiram a análise quantitativa desse instrumento, ou seja, os critérios para se atribuir notas, pois é comum pensar em notas, quando se trata dos instrumentos tradicionais de avaliação, como questionários, e testes. Porém, quando se trata de um novo instrumento, surgem dificuldades, especialmente porque os mapas conceituais possuem um caráter individual de representação conceitual.

A fim de fornecer parâmetros para subsidiar uma análise quantitativa dos mapas conceituais, com base nas experiências obtidas durante vários anos de estudo e nos pressupostos defendidos por Novak. Almeida et al. (2003) propõem os seguintes critérios apresentados na tabela I:

Tabela I - Pontuação para mapas conceituais

Critérios classificatórios	Pontuação de acordo com cada critério classificatório
Proposições (ligações entre dois conceitos): ligação válida	1
Hierarquia: cada nível válido	5
Ligações transversais: cada ligação válida	10
Exemplos: cada exemplo válido	1

Neste trabalho, os mapas conceituais foram enfocados como instrumento de avaliação, embora seja possível desconsiderar sua importância enquanto recurso didático no processo de aprendizagem dos alunos. Assim, considerou-se como pontos relevantes para avaliação dos mapas conceituais construídos pelos alunos os seguintes aspectos: subsunçores, conceito de partida, presença de setas, novos conceitos introduzidos, ligações transversais, bifurcações, exemplos, palavras de ligação. Tendo como referencial os trabalhos de Sansão et al. (2002), Almeida et al. (2003), assim como a pontuação atribuída, na tabela I, optou-se por uma análise qualitativa dos mapas conceituais.

3. METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho é de natureza predominantemente qualitativa, porém eventualmente recorre-se a dados quantitativos, uma vez, que esses, algumas vezes, são úteis para subsidiar aspectos qualitativos da pesquisa. Para Trivinos (1996), a pesquisa qualitativa é aquela que se preocupa em conhecer uma realidade, captar seus significados e compreendê-los. Neste trabalho, houve intervenção pedagógica, assim esta pesquisa, ainda de acordo com Trivinos (1996) é do tipo etnográfica, caracterizada pelo fato do sujeito da pesquisa e o pesquisador compartilharem a mesma realidade.

A escolha do tema se deu através da leitura de uma entrevista publicada na revista *Ciência Hoje* (2003), feita com o pesquisador Cylon Gonçalves Silva, na qual ele expõe a necessidade de formar indivíduos capazes de lidar com essa nova realidade, que é a nanociência, o quanto antes (SILVA, 2003).

3.1 LOCAL

A pesquisa foi desenvolvida no Colégio Souza Leão, uma escola da rede particular, localizada no bairro de Candeias, município de Jaboatão dos Guararapes, região metropolitana do Recife.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO GRUPO ESTUDADO

Para desenvolver a pesquisa foram convidados alunos de duas turmas de 8ª série do turno da tarde, em horário extraclasse. Entretanto, apenas sete alunos participaram da intervenção até o final. Foram selecionados os dados de 4 alunos, por serem considerados representativos do grupo, para compor a discussão deste trabalho. A Tabela II apresenta a legenda dos alunos selecionados para a discussão dos resultados.

Tabela II – Legenda dos alunos selecionados para discussão dos resultados

ALUNOS	IDADE	SEXO
A1	14	Feminino
A2	13	Masculino
A3	13	Feminino
A4	14	Feminino

3.3 – ATIVIDADES

Os encontros aconteceram no período da manhã, das 9:00h às 12:00h, semanalmente, nas sextas-feiras. Antes do desenvolvimento das atividades, a pesquisadora se apresentou em ambas as turmas, a fim de expor a proposta de trabalho. Também, nessa ocasião foram entregues convites contendo a programação das atividades, bem como, solicitando autorização dos pais e/ou responsáveis, para a efetiva participação dos alunos, uma vez que, dentre as atividades estava prevista uma visita à UNICAP.

3.3.1 Metodologia da Intervenção

A intervenção pedagógica foi estruturada em quatro encontros, com duração de três horas cada, conforme descrição a seguir:

Primeiro encontro

O primeiro encontro teve dois objetivos: o primeiro foi identificar as idéias prévias dos alunos a respeito do nanomundo, visto que, conforme exposto anteriormente, Ausubel propõe que se conheça o que cada um traz consigo para posteriormente desenvolver a aprendizagem. Para isso, aplicou-se um pequeno questionário (Apêndice B), verificando os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito do tema.

O segundo objetivo foi trabalhar os conceitos identificados. Os conceitos em questão representam o que, na teoria de Ausubel, são designados como subsunçores, ou

seja, são conceitos que funcionam como pontos de ancoragem para o novo conhecimento.

Inicialmente os alunos foram convidados a manipular lupas (Figura 1) e a preparar lâminas para observação no microscópio óptico (Figura 2). Essa experimentação foi realizada no laboratório de ciências da escola.



Figura 1 – Alunos manipulando lupas. lâmina.



Figura 2 - Alunos observando

Após esse momento, os alunos foram para o laboratório de informática, onde foi aplicada a dinâmica, na qual eles teriam que descobrir o que representavam as imagens, obtidas por microscópio eletrônico de varredura (MEV), exibidas na TV. Essas imagens foram compiladas do site www.uq.edu.au/nanoword.

Em seguida, eles assistiram a um vídeo on-line, no site www.globo.com, intitulado “Espaço Aberto”, com duração de 22:38 (vinte e dois minutos e trinta e oito segundos) contendo informações sobre o tema.

Em cada momento, buscou-se ressaltar os subsunçores, procurando chamar a atenção, de forma a estabelecer vínculo entre os subsunçores dos alunos e a concepção de nanomundo (científica).

No encerramento desse primeiro encontro foi solicitada a construção de um mapa conceitual a respeito do nanomundo. Os alunos foram instruídos a construir um fluxograma, numa folha em branco, livremente, contendo suas idéias, a respeito do assunto.

Segundo encontro

O objetivo do segundo encontro foi propiciar aos alunos a oportunidade de vivenciar uma sessão de microscopia eletrônica de varredura, desde a inserção das amostras no microscópio até a aquisição das imagens em diversas ampliações. Essa atividade foi realizada no Laboratório de Biologia Celular e ultraestrutura da Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP.

Antes da sessão de Microscopia Eletrônica de Varredura, a Profa. Dra. Aline Elesbão do Nascimento ministrou uma palestra sobre o equipamento, explicando o princípio de funcionamento do microscópio eletrônico e do microscópio óptico (Figura 3), com duração de 01h30min.



Figura 3 - Alunos assistindo palestra na UNICAP.

No MEV foram observados dois tipos de amostra, uma biológica (fungo) observando estruturas celulares e uma química (pó), demonstrando aos alunos que ao microscópio também podem ser observados outros tipos de estruturas, não apenas as vivas. No final desse encontro, foi solicitada aos alunos a construção de um texto.

Cabe ainda ressaltar que, embora saiba-se que o MEV não seja o instrumento mais adequado para a visualização de estruturas em escala atômica, acreditou-se que ao proporcionar tal experiência para os alunos, somada às dinâmicas de imagens

utilizadas, contendo escalas e ampliações variadas, estas constituem elementos potenciais para os alunos desenvolverem uma concepção de nanomundo.

Terceiro encontro

O terceiro encontro foi realizado no Colégio Souza Leão, no laboratório de informática (Figura 4), no qual os alunos tiveram a oportunidade de participar de uma nova dinâmica com imagens obtidas por microscópio eletrônico de varredura (MEV) extraídas do site www.uq.edu.au/nanoworld. Nessa dinâmica, as imagens, constituíam seqüências através das quais os alunos podiam observar a escala e a ampliação dos objetos nas referidas imagens (macro-micro), indo desde o macroscópico para o microscópico até o nanométrico.



Figura 4 - Apresentação das imagens no laboratório de informática. Durante essas atividades ressaltaram-se pontos relevantes sobre o nanomundo, tais como: questões éticas, aplicações nas diversas áreas do conhecimento e perspectivas futuras.

Quarto encontro

O objetivo deste encontro foi avaliar a evolução da concepção de nanomundo após a intervenção. Para tanto, antes da solicitação de um novo mapa os alunos foram entrevistados individualmente (Figura 5). Durante a entrevista os alunos tiveram a oportunidade de rever não apenas o seu primeiro mapa e o texto produzido após a

visita à UNICAP, mas também os mapas de outros alunos que participaram da intervenção.



Figura 5 - Entrevista individual com os pesquisados.

A pesquisadora destacou os avanços observados bem como os eventuais erros conceituais existentes. Após essa primeira conversa, foi solicitada, então, a produção de um novo mapa conceitual. Num segundo momento, após a elaboração do mapa os alunos foram novamente entrevistados. A pesquisadora aproveitou a oportunidade para legitimar algumas das relações estabelecidas e identificar, segundo a perspectiva dos alunos, a metodologia aplicada bem como a temática em questão.

3.4 INSTRUMENTOS UTILIZADOS NA INTERVENÇÃO

Ao longo desta intervenção utilizaram-se diversos instrumentos, que tiveram por objetivo avaliar e acompanhar o processo de construção da concepção de nanomundo pelos alunos. Um resumo desses instrumentos, bem como seus respectivos objetivos, podem ser encontrados no fluxograma da Figura 6.

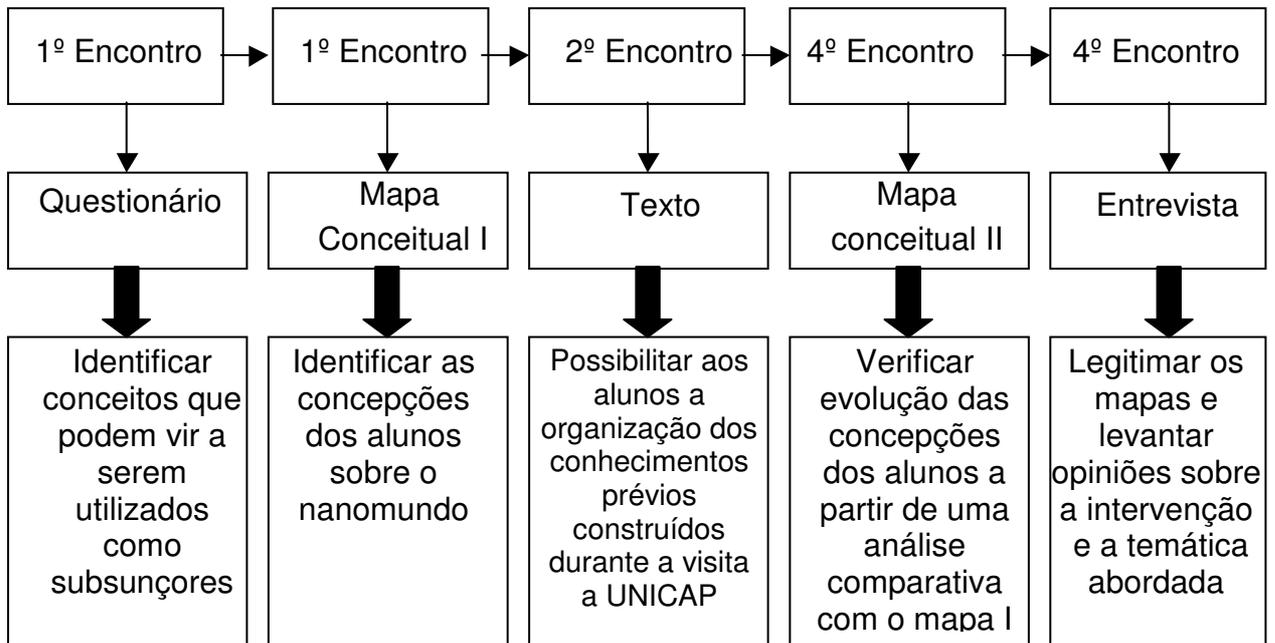


Figura 6 - Fluxograma que resume os instrumentos utilizados e seus objetivos.

Os mapas conceituais foram utilizados como instrumento de avaliação, enquanto o questionário e o texto aplicados no primeiro e segundo encontros, respectivamente, foram utilizados com intuito de extrair informações, que pudessem ser utilizadas pelo professor tanto para planejar as atividades subseqüentes como para acompanhar o desenvolvimento do aluno.

Com relação às entrevistas realizadas no quarto encontro, essas tiveram como objetivo esclarecer dúvidas que surgiram durante a análise do mapa e foi também através dela que a pesquisadora levantou, com os alunos, as suas opiniões sobre a relevância da temática abordada, bem como da metodologia aplicada.

3.5 ANÁLISE DOS DADOS

Todos os instrumentos aplicados durante a intervenção foram analisados com intuito de acompanhar o processo de construção da concepção de nanomundo pelos alunos. Para tanto, formalizou-se um protocolo, apresentado na Tabela III, a partir do qual foram realizadas as análises de todas as produções de cada aluno ao longo da

intervenção. É importante salientar que a análise realizada a partir da utilização desse protocolo prioriza o processo de construção do aluno, com um caráter particular, levando em conta que muitas concepções são construídas ao longo da vida social e não apenas no contexto escolar (MIRAS, 1996).

Tabela III - Protocolo de análise do processo de construção dos alunos

INSTRUMENTOS	PONTOS RELEVANTES PARA ANÁLISE
Questionário	<ul style="list-style-type: none"> - Se já ouviu falar em nanomundo - Qual a fonte da informação - Definições ou explicações sobre o nanomundo - Idéias ou imagens associadas a essa concepção
Mapa conceitual I	<ul style="list-style-type: none"> - Subsunçores - Conceito de partida - Novos conceitos introduzidos - Ligações transversais - Bifurcações - Exemplos - Presença de setas - Palavras de ligação
Texto	<ul style="list-style-type: none"> - Presença dos subsunçores definidos através dos questionários - A inclusão de novos conceitos na produção escrita dos alunos
Mapa conceitual II	<ul style="list-style-type: none"> - Subsunçores - Conceito de partida - Presença de setas - Novos conceitos introduzidos - Ligações transversais - Bifurcações - Exemplos - Palavras de ligação - Análise comparativa em relação ao mapa I
Entrevista	<ul style="list-style-type: none"> - Certificação de relações estabelecidas nos mapas conceituais - Posicionamento do aluno frente à metodologia aplicada - Opinião do aluno sobre a temática abordada

3.5.1 Considerações sobre os pontos a serem analisados no protocolo

Diante da metodologia adotada, que numa primeira etapa focou a identificação nas concepções prévias dos alunos sobre conceitos relacionados ao nanomundo relevantes para os mesmos, destaca-se a importância dada a análise desses conceitos (subsunçores) nas produções realizadas nas etapas subsequentes, visto que atuam como pontos de ancoragem entre o novo e o antigo conhecimento, sendo fundamentais no processo de aprendizagem.

Os critérios considerados como relevantes para serem analisados nos mapas conceituais foram escolhidos a partir dos trabalhos de Novak (1999), Sansão et al. (2002) e Almeida et al. (2003). Existem quatro grupos de critérios: os que se relacionam às questões de hierarquia (conceito de partida e as setas direcionais), os que se referem às relações estabelecidas (ligações transversais e bifurcações), o que está relacionado à presença ou não de palavras de ligação e o que está relacionado ou não à presença de exemplos. Além desses critérios, considerou-se a análise dos subsunçores, como já mencionado, e o surgimento de novos conceitos relacionados ao nanomundo. A importância da análise desses critérios deve-se ao fato de que através deles se pode acompanhar o processo de aprendizagem dos alunos com uma grande riqueza de detalhes.

Com relação às entrevistas, procurou-se num primeiro momento, a certificação de algumas das relações estabelecidas pelos alunos nos mapas conceituais. Essa certificação é de grande importância, visto que, muitas vezes, o mapa conceitual por si só é insuficiente para a compreensão de como o aluno estruturou suas idéias, sendo necessário, então, o apoio de um outro instrumento (Moreira, 1997). Num segundo momento, priorizou-se a opinião dos alunos com relação à metodologia aplicada e a temática trabalhada. Esses pontos são também muito importantes, uma vez que, de acordo com Ausubel et al. (1980), para que a aprendizagem seja verdadeiramente significativa é necessário que o conteúdo tenha sentido para o aluno, que ele se identifique com a metodologia e perceba o papel dos vários instrumentos utilizados na intervenção no seu processo de aprendizagem.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentadas e discutidas as produções dos alunos ao longo da intervenção, seguindo o protocolo apresentado na Tabela III, que acompanhou o processo de aprendizagem do aluno na construção da concepção de nanomundo. O primeiro instrumento analisado foi o questionário, que teve como objetivo extrair conceitos relevantes para os alunos, que pudessem vir a ser utilizados como pontes cognitivas na construção do novo conhecimento.

Para a apresentação dos resultados contidos nos mapas conceituais, optou-se por transcrevê-los, respeitando a originalidade, com o intuito de proporcionar uma leitura mais adequada dos mesmos, tal como sugeridos por Sansão et al. (2002).

Aluno A1

Através dessa checagem inicial, o aluno A1 disse nunca ter ouvido falar de nanomundo, mas, em seguida o descreveu como mundo que é visto através do microscópio. Também relacionou a essa concepção palavras como plantas, células e bactérias. A partir dessa análise, os subsunçores identificados para o aluno A1 foram: microscópio; células; organismos vivos e visível/invisível.

O fato de o aluno afirmar que nunca ouviu falar em nanomundo e, mesmo assim, ainda esboçar uma descrição, pode ser compreendido à luz das idéias de Miras (1996), que afirma que, no ensino de ciências, os alunos chegam à sala de aula com concepções construídas na vida social e não apenas no contexto escolar, mas, sobretudo, individualmente, pois é o sujeito quem constrói seus significados, a partir de suas experiências.

A Figura 07 representa o mapa conceitual I, elaborado pelo aluno A1 ao final primeiro encontro. Com relação a esse mapa, foi possível observar, inicialmente, a presença dos quatro subsunçores previamente identificados no questionário (microscópio; células; organismos vivos e visível/invisível). Tal fato pode indicar que esses são, de fato, importantes na estrutura cognitiva do aluno e que provavelmente

serão utilizados, por ele, como pontos de ancoragem (MOREIRA,1999a) para o desenvolvimento da concepção de nanomundo.

No tocante aos subsunçores, é oportuno trazer à tona que a construção do mapa I se deu ao final do primeiro encontro, o qual teve como um dos objetivos ressaltar os subsunçores através dos organizadores prévios recomendados por Ausubel, que neste estudo foram dinâmicas e experimentos. Isso porque organizadores prévios são úteis para evidenciar significados que existam na estrutura cognitiva (MOREIRA, 1997).

O aluno em questão desenvolveu seu mapa a partir de uma idéia mais geral (nanomundo) e utilizou setas direcionais para vincular essa idéia aos outros conceitos. Ao eleger o nanomundo como ponto de partida, sugere-se que o aluno possivelmente encontrava-se numa aprendizagem de natureza superordenada, a qual é caracterizada, pela nova informação ser ampla demais para ser assimilada por qualquer dos subsunçores existentes (MOREIRA, 1999b). Assim, os subsunçores identificados são assimilados pela concepção de nanomundo.

Além dos subsunçores, existem a presença de outros elementos no mapa I desse aluno, que, embora, não estejam explicitados na forma de um conceito, podem ser compreendidos como tal. Assim, quando o aluno menciona ao pesquisador que descobriu o nanomundo, pode-se traduzir esse elemento como um conceito “histórico”. De modo geral, as representações desse aluno foram bastante limitadas, uma vez, que apenas dois pontos novos foram introduzidos no mapa I, e que um deles foi introduzido a partir de uma relação inválida o nanomundo serve para observar uma “coisa” menor que a célula, pois não é o nanomundo que serve para ver coisas menores do que a célula, mas sim os microscópios.

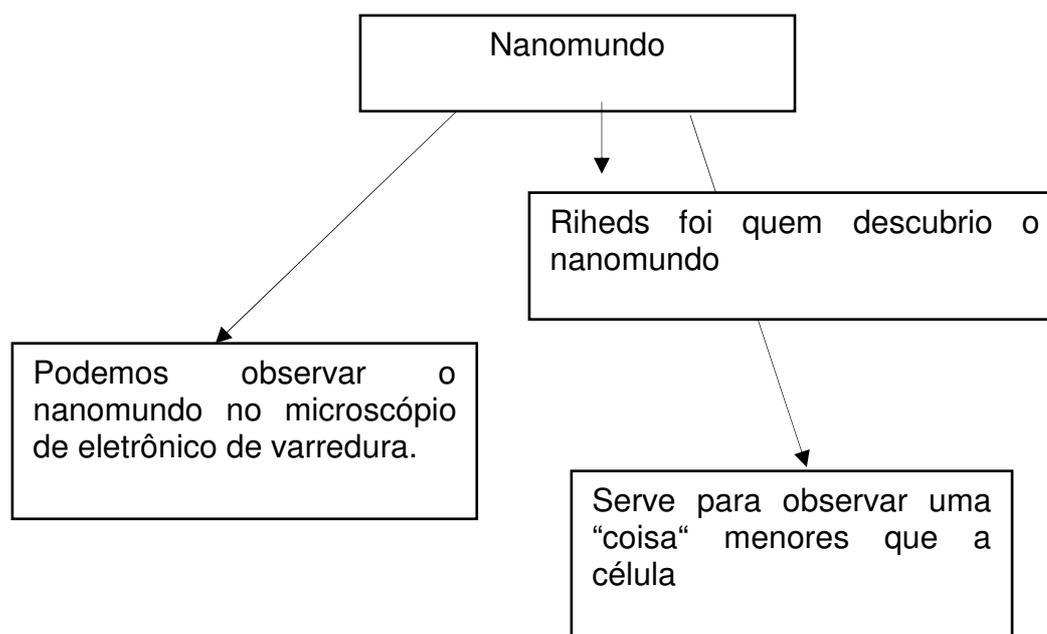


Figura 07 – Mapa conceitual I elaborado pelo aluno A1.

Com relação aos tipos de ligações utilizadas pelo aluno, observou-se a presença de apenas uma bifurcação e nenhuma ligação transversal, o que remete a uma estruturação muito limitada, que se deve, provavelmente, à ausência de informações prévias consistentes sobre o assunto. Tal fato já era esperado, mas optou-se pela realização dos mapas sem oferecer ao aluno nenhuma fonte de apoio, deferente, portanto, de Sansão et al. (2002) e Almeida et al. (2003), em seus respectivos trabalhos com mapas conceituais.

Um aspecto relevante nesta análise é a ausência de palavras de ligação, o que se justifica pelo fato do aluno ainda estar numa fase inicial de estruturação de seus conhecimentos sobre o nanomundo e para tanto recorrer à utilização de sentenças, ao invés de conceitos, como esperado.

O texto foi instrumento utilizado na etapa subsequente da intervenção, na qual foi realizada a visita à UNICAP. A partir de sua análise, observou-se que o aluno manteve apenas um dos subsunçores, que vinham sendo utilizados por ele (microscópio). Entretanto, surgiram novos conceitos, e é interessante observar que todos eles estão intimamente relacionados ao subsunçor presente no mapa. Assim, os novos pontos introduzidos referiram-se às questões como a importância do microscópio, a escala, a ampliação e mundo microscópico, o que ressalta a

importância da visita na construção de conhecimentos relacionados ao instrumento. Registra-se aqui que a observação é influenciada por expectativas, teorias e motivação e que nos experimentos os alunos só percebem aquilo que estão preparados para detectarem, (BASTOS, 2002). Assim, faz-se necessário considerar o papel do encontro anterior para o êxito da visita à UNICAP.

A Figura 08 representa o mapa conceitual II do aluno A1. Com relação a esse mapa observou-se que o aluno manteve três dos quatro subsunçores detectados inicialmente (microscópio, visível/invisível e organismos vivos), o conceito de partida e a utilização das setas direcionais.

Ao comparar as representações desse aluno com as explicitadas por ele no mapa I, observou-se que elas se expandiram significativamente. Surgiram novos elementos: histórico, importância e tipos de microscópio, princípio de funcionamento, preparação da amostra, micromundo, ampliação, microscópio eletrônico, alguns dos quais já estavam presentes no texto. É importante explicitar, aqui, o significado de conceito de Novak e Gowin (1999), que é uma regularidade percebida pelas pessoas, na medida em que, se mantém contato em acontecimentos e objetos, e que é designada por meio de um rótulo, porém, é papel da escola promover aos alunos o acesso a novos e variados conhecimentos, válidos cientificamente.

Nesse mapa, verifica-se a presença de relações mais complexas. Observou-se, por exemplo, um número maior de bifurcações entre os conceitos, embora ainda não haja nenhuma ligação transversal entre eles. Esse é um indício de que o aluno vem acumulando quantidade significativa de informações sobre o nanomundo, e que começou a organizá-las, estabelecendo uma rede hierárquica entre elas. O estabelecimento de relações mais complexas também indica que esses novos conceitos não constituem informações soltas, mas estão vinculadas entre si e com as concepções prévias do aluno. Neste caso, o aluno começou a introduzir palavras de ligação e gradualmente foi reduzindo a utilização de sentenças, partindo para explicitar suas idéias por meio de conceitos. As ligações estabelecidas têm um valor especial, pois, demonstram uma aprendizagem do tipo proposicional, a mais complexa segundo os tipos de aprendizagem estabelecidos por Ausubel (MOREIRA, 1999b).

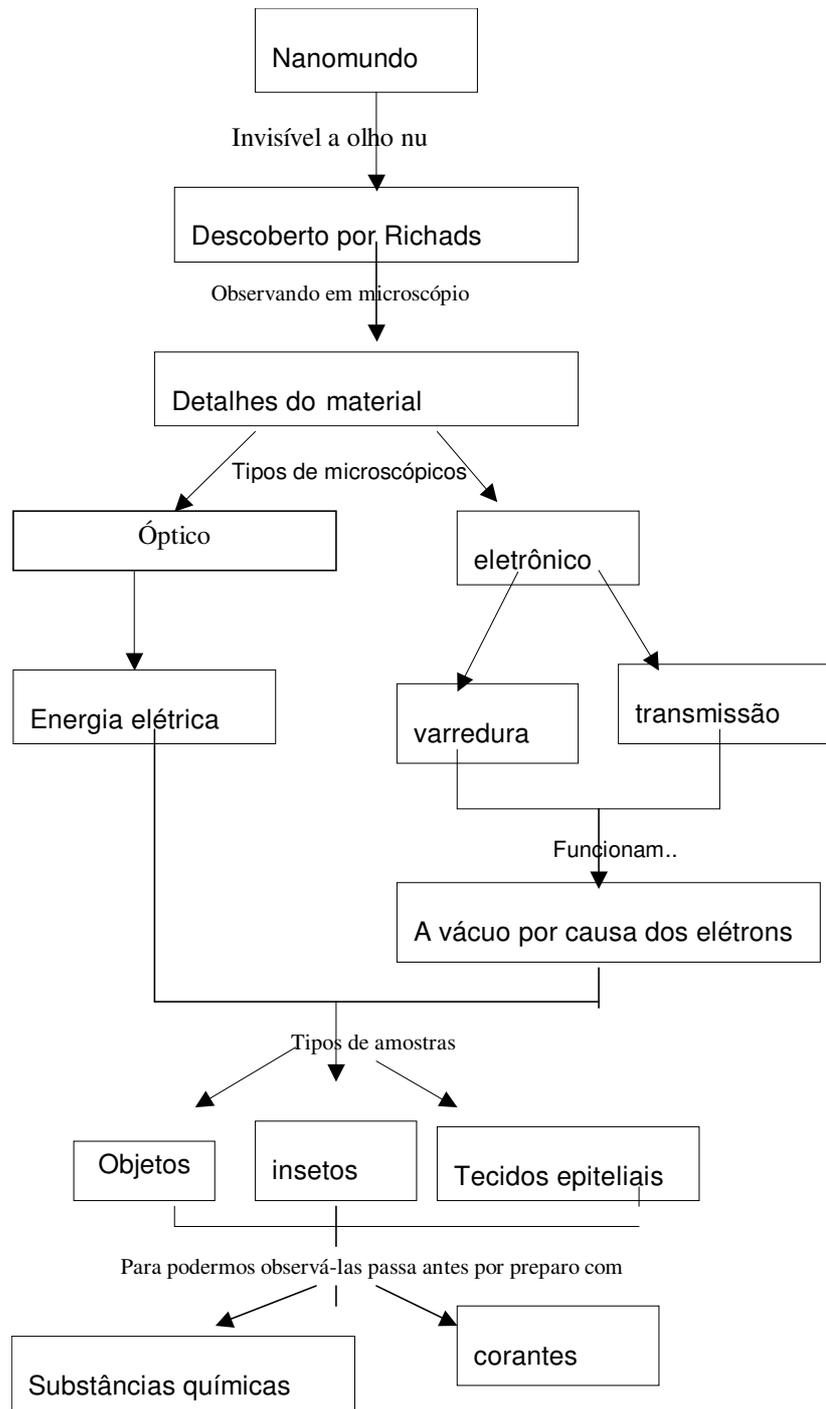


Figura 8 – Mapa conceitual II elaborado pelo aluno A1.

Por fim, tem-se a análise da entrevista realizada com o aluno A1. Não houve nenhuma certificação sobre as relações estabelecidas nos mapas que merecesse comentário. A opinião do aluno sobre a metodologia utilizada ressaltou a validade dos mapas conceituais enquanto instrumento, pelo fato deles ressaltarem o conhecimento que o aluno já detém. O aluno também comentou a respeito da visita

à UNICAP como sendo de grande importância e interesse. Com relação à temática abordada, o aluno comenta que aprendeu muito sobre o nanomundo e que isso poderá ter grande importância no futuro, caso ele deseje ingressar no ramo das Ciências. A opinião desse aluno sobre a intervenção didática aplicada e a temática abordada foi receptiva, dado de grande importância no processo de ensino-aprendizagem, uma vez que, como sugerido por Bonzanini e Bastos (2004), a maneira como os temas atuais são abordados, faz toda diferença, podendo provocar o interesse ou a recusa por parte dos alunos.

Aluno A2

Através da checagem inicial (questionário), o aluno A2 disse já ter tido acesso a informações sobre o nanomundo no site da Rede Globo (www.globo.com) e o descreveu, como um mundo invisível ao olho nu, na forma de partículas minúsculas. Tal como o aluno A1, o aluno A2 também relacionou a esta concepção palavras como células e bactérias, porém, ainda mencionou a relação de partículas minúsculas com o nanomundo. A partir dessa análise, os subsunçores identificados para esse aluno foram: células; organismos vivos, visível/invisível e partículas minúsculas. Ao relatar o veículo de informação prévia, vem à tona à questão das informações científico-tecnológicas apresentadas pela mídia, tornando-se cada vez mais necessário à introdução dos temas contemporâneos na escola, a fim de contribuir para o aluno posicionar-se frente a divulgações científicas na mídia (BRASIL, 1998).

No que diz respeito à hierarquia, observou-se que o ponto de partida para a construção do mapa conceitual também foi o conceito de nanomundo, demonstrando que este aluno também elegeu o nanomundo como idéia mais abrangente, características que pressupõem uma aprendizagem significativa superordenada (MOREIRA, 1999b) Entretanto, neste caso, o aluno A2 não utilizou as setas direcionais.

A Figura 9 representa o mapa conceitual I do aluno A2. Com relação a este mapa pôde-se observar que apenas um dos subsunçores identificados previamente está explicitado no mapa (visível e invisível). É importante destacar que apenas os conceitos explicitados nos questionários vêm sendo considerados como

subsunçores, mas para o aluno A2 observou-se que na checagem inicial, no momento em que ele definiu o nanomundo, a idéia do microscópio, como um instrumento necessário a sua visualização, estava implícita. Este elemento (microscópio) surgiu de modo explícito no mapa I, entretanto, neste caso optou-se por não considerá-lo como um conceito novo, mas uma idéia que acompanhava o aluno desde a checagem inicial. Assim, excluindo o conceito microscópio, os novos conceitos introduzidos no mapa foram: histórico e benefícios.

Por este aluno não explicitar o conceito de microscópio, no questionário, convém considerar o que destaca Carretero (2002) quando se refere ao aspecto implícito das idéias prévias, que ficam tão internalizadas, que nem sempre o professor consegue fazer com que os estudantes as socializem, seja através de discussão, ou mesmo através da linguagem escrita, dificultando assim seu reconhecimento. Pondera-se Ainda, que a limitação do questionário possa ter contribuído para que o aluno não tenha se expressado.

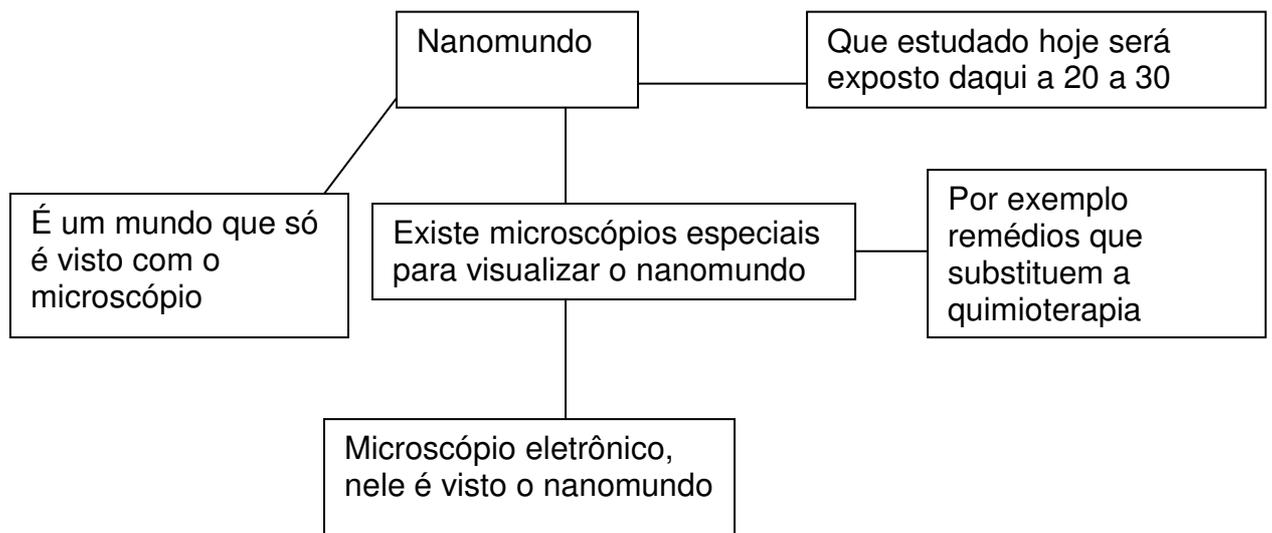


Figura 9 – Mapa conceitual I elaborado pelo aluno A2.

Com relação aos tipos de ligações utilizadas pelo aluno após análise do mapa I, observou-se a presença de uma bifurcação e nenhuma ligação transversal entre os conceitos, apesar de, visualmente, ter-se a impressão de que o aluno estabeleceu um número maior de relações, em relação ao mapa I do aluno A1. Entretanto, o que aconteceu é que o aluno explicitou um conceito, como por exemplo, nanomundo, e em seguida estabeleceu uma relação entre esse conceito e a representação que o aluno tem deste. Ou seja, é como se o aluno achasse que só o conceito fosse

insuficiente para representar o que ele queria dizer. A partir desses aspectos, acredita-se que no momento da elaboração desse mapa, a aprendizagem desse aluno é compatível com as características da aprendizagem representacional (MOREIRA, 1999b), situação também observada nas relações estabelecidas entre microscópios especiais e microscópios eletrônicos.

A dificuldade desse aluno em expressar e recorrer à utilização de sentenças indica que, provavelmente, no momento da elaboração desse mapa o aluno encontrava-se numa aprendizagem representacional, na qual não se verifica a abstração dos atributos essenciais do objeto (MOREIRA, 1999b). Nesse caso, também há ausência de palavras de ligação.

A partir da análise do texto observou-se que o aluno A2 manteve dois conceitos que já vinham sendo utilizados por ele (visível e invisível e microscópio) e que, mais uma vez, os novos conceitos introduzidos relacionaram-se preferencialmente ao microscópio, sua importância, princípio de funcionamento e formação da imagem, entre outros.

Assim, através dos aspectos que o aluno procurou explicitar no texto, pode-se observar não só como o contato com a instituição de nível superior e suas instalações foi significativo, mas também como a temática nanomundo e suas peculiaridades podem despertar os alunos para conceitos diversos de física óptica (luz, dispersão, microscópios), num exemplo claro de contextualização, convergindo para o que é proposto nos PCN, ao tratar da potencialidade de se abordar conceitos tradicionais do ensino de ciências, a partir de temas contemporâneos.

A Figura 10 representa o mapa conceitual II do aluno A2. Com relação a esse mapa, observou-se que os subsunçores presentes foram visível/invisível e microscópio. Observou-se ainda a presença de duas bifurcações e nenhuma ligação transversal entre os conceitos. O aluno reduziu a utilização de sentenças extensas, priorizando os conceitos e expressões mais sucintas e passou a recorrer a palavras de ligação, sugerindo que na ocasião da elaboração do mapa II, este aluno evoluiu para uma aprendizagem significativa do tipo conceitual e/ou proposicional (MOREIRA, 1999b).

Os novos conceitos introduzidos foram bem semelhantes aos presentes no texto e referiram-se, na sua maioria, ao microscópio. Entretanto, o que ficou bastante evidente nesse mapa II foi uma evolução no caráter e na clareza das relações estabelecidas pelo aluno entre esses conceitos. Enquanto no mapa I, alguns dos elementos presentes simplesmente explicitavam idéias, implícitas num conceito de nível hierárquico superior, neste mapa, os elementos subordinados representam especificidades do conceito hierarquicamente superior. Quando o aluno se referiu ao microscópio, por exemplo, como instrumento que permite a visualização do nanomundo, em seguida ele explicitou dois tipos de microscópios (varredura e transmissão), que podem ser utilizados para tal, bem como muitas de suas peculiaridades. Esses aspectos configuram os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (MOREIRA e MANSINI, 1982).

No mapa I, ao mencionar microscópio ele dizia que o instrumento era utilizado para visualizar o nanomundo e em seguida, no que poderia ser um conceito subordinado, ele quase se repetia ao dizer que no microscópio eletrônico o nanomundo poderia ser visto. Contudo, é importante destacar que a evolução na clareza das relações não foi observada para o mapa II de maneira homogênea. Essa clareza foi observada apenas para os conceitos relacionados ao microscópio, ressaltando a importância da visita à UNICAP e da elaboração do texto, instrumento utilizado com o objetivo de facilitar a sistematização dos conhecimentos dos alunos. No momento em que o aluno tentou ampliar o número de elementos sobre os benefícios da nanotecnologia no desenvolvimento de fármacos mais efetivos no combate ao câncer, ele acabou por inserir elementos, que não são propriamente conceitos (novas idéias), mas que explicitam ou complementam as idéias implícitas num conceito hierarquicamente superior. Assim, a ramificação à direita do mapa possui vários elementos que não constituem relações realmente válidas entre conceitos, mas um conjunto de elementos através dos quais o aluno evidencia, ainda, estar organizando as informações adquiridas.

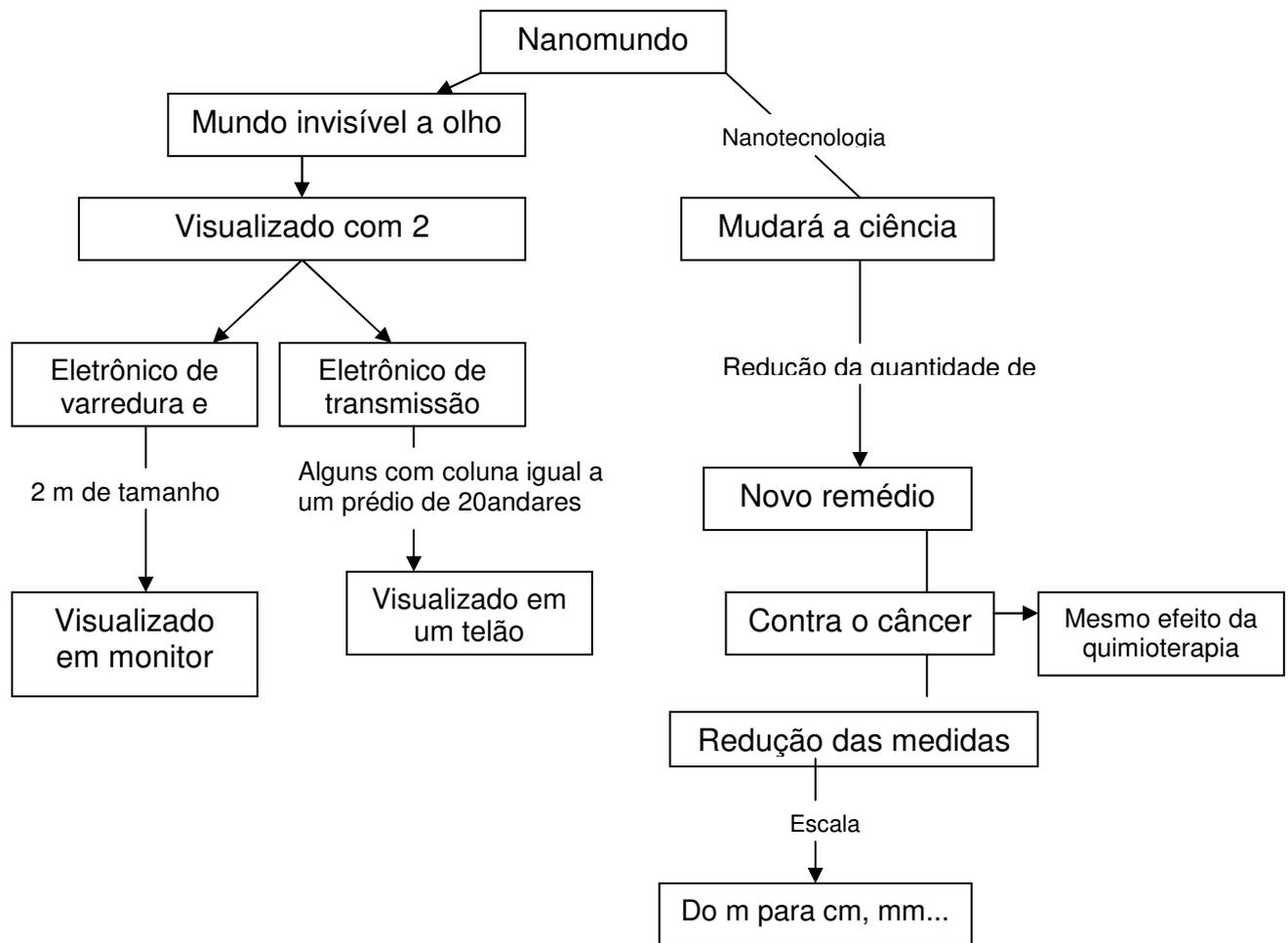


Figura 10 – Mapa conceitual II elaborado pelo aluno A2.

Por fim, com relação à entrevista realizada com o aluno A2, houve algumas certificações sobre as relações estabelecidas nos mapas. A opinião do aluno sobre a metodologia utilizada ressaltou a validade dos mapas conceituais, enquanto instrumento, para organizar as idéias, bem como a dificuldade em elaborá-lo. O aluno também comentou a respeito da visita à UNICAP como sendo de muito interesse. Com relação à temática abordada, o aluno comentou que já sabia da existência de coisas muito pequenas como as bactérias, mas desconhecia que através da nanotecnologia estivessem sendo desenvolvidos medicamentos, para o tratamento do câncer, tão elaborados como os microcomputadores.

Aluno A3

Na checagem inicial, o aluno A3 afirmou nunca ter ouvido falar no nanomundo, mas o definiu como sendo um mundo visível apenas no microscópio. Semelhante ao que foi observado no caso dos alunos A1 e A2, o aluno A3 relacionou o nanomundo a células e tecidos. Assim, a partir das informações coletadas através do questionário, consideraram-se os seguintes subsunçores: microscópio, visível/invisível, células e organismos vivos.

A Figura 11 representa o mapa conceitual do aluno A3. Através da análise deste, pode-se observar que o aluno manteve dois dos subsunçores previamente identificados: visível/invisível e microscópio. Como já observado para os alunos A1 e A2, o aluno A3 também utilizou o conceito de nanomundo como ponto de partida para elaboração de seu mapa, mas não recorreu ao uso de setas direcionais.

Com relação aos conceitos novos introduzidos no mapa conceitual desse aluno, pode-se verificar a inclusão dos seguintes elementos: microscópio eletrônico de varredura, benefícios para o tratamento do câncer. Esses novos conceitos foram semelhantes aos introduzidos pelo A2 no seu mapa e constituem um reflexo dos organizadores prévios utilizados pela pesquisadora, ainda no primeiro encontro, antes da elaboração do mapa, com o intuito de evidenciar os subsunçores dos alunos, conforme proposto por Ausubel et al. (1980).

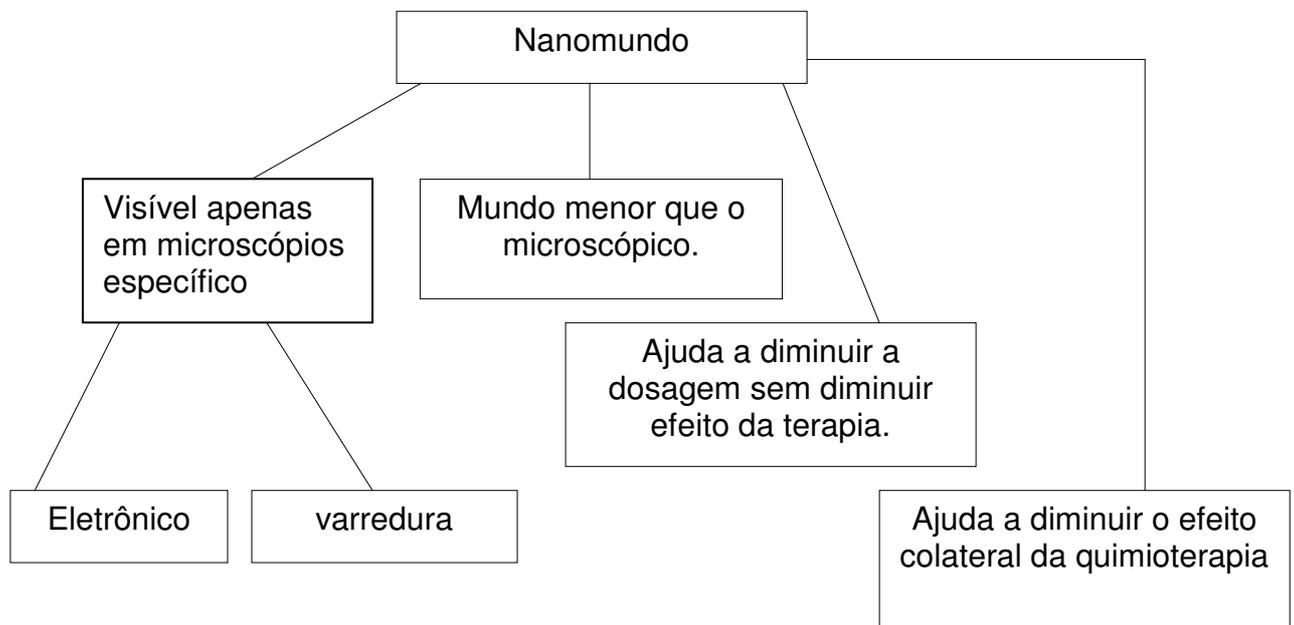


Figura 11 - Mapa conceitual I elaborado pelo aluno A3.

A estruturação do mapa I revela que o aluno A3 ainda está organizando suas idéias, visto que as relações estabelecidas entre seus conceitos foram bastante rudimentares. A única bifurcação identificada é inválida uma vez que o aluno não explicitou os microscópios de transmissão e varredura como tipos específicos de microscópios eletrônicos, que poderiam ser então utilizados para a visualização do nanomundo. Ao se referir aos benefícios advindos da nanociência, no combate ao câncer, o aluno A3 apresentou as mesmas inconsistências observadas no mapa II do aluno A2, ou seja, a utilização de vários elementos que não são propriamente conceitos, mas que explicitam ou completam um conceito mais geral. Neste caso, também, não houve a utilização de nenhuma ligação transversal, nem a utilização de palavras de ligação.

No texto do aluno A3, tal como observado para os alunos A1 e A2, observou-se que a maioria dos conceitos introduzidos estava diretamente relacionada ao microscópio, o que traduz a relevância da visita feita a UNICAP. Entretanto, é necessário considerar que embora a visita tenha sido significativa, o grau de articulação observado para estes conceitos, também, pode resultar do fato dos alunos já terem trabalhado diversos organizadores prévios no primeiro encontro.

O mapa conceitual II, do aluno A3, está representado na Figura 12. Observou-se uma evolução considerável nas representações conceituais, especialmente quando comparado, com o mapa I desse aluno, representado na Figura 11. De modo geral, pode-se dizer que o aluno A3 manteve o mesmo ponto de partida para a construção do mapa II, utilizou os mesmos subsunçores e recorreu à inclusão de setas direcionais para o estabelecimento das relações entre os conceitos. Percebeu-se, ainda, uma considerável ampliação nas redes de relações entre os conceitos presentes no mapa, o que pôde ser confirmado pelo surgimento de 3 bifurcações válidas.

Ao ser questionado sobre a metodologia adotada, o aluno A3 ressaltou a importância dos mapas conceituais como instrumento de auto-avaliação através do qual ele pôde acompanhar a sua evolução durante todo o processo. Também

comentou a respeito da vista à UNICAP, como algo relevante. Com relação à temática abordada, o aluno afirmou que passou a pensar mais nas estruturas que não podem ser vistas a olho nu, como a pele, por exemplo, ou as moléculas presentes no ar.

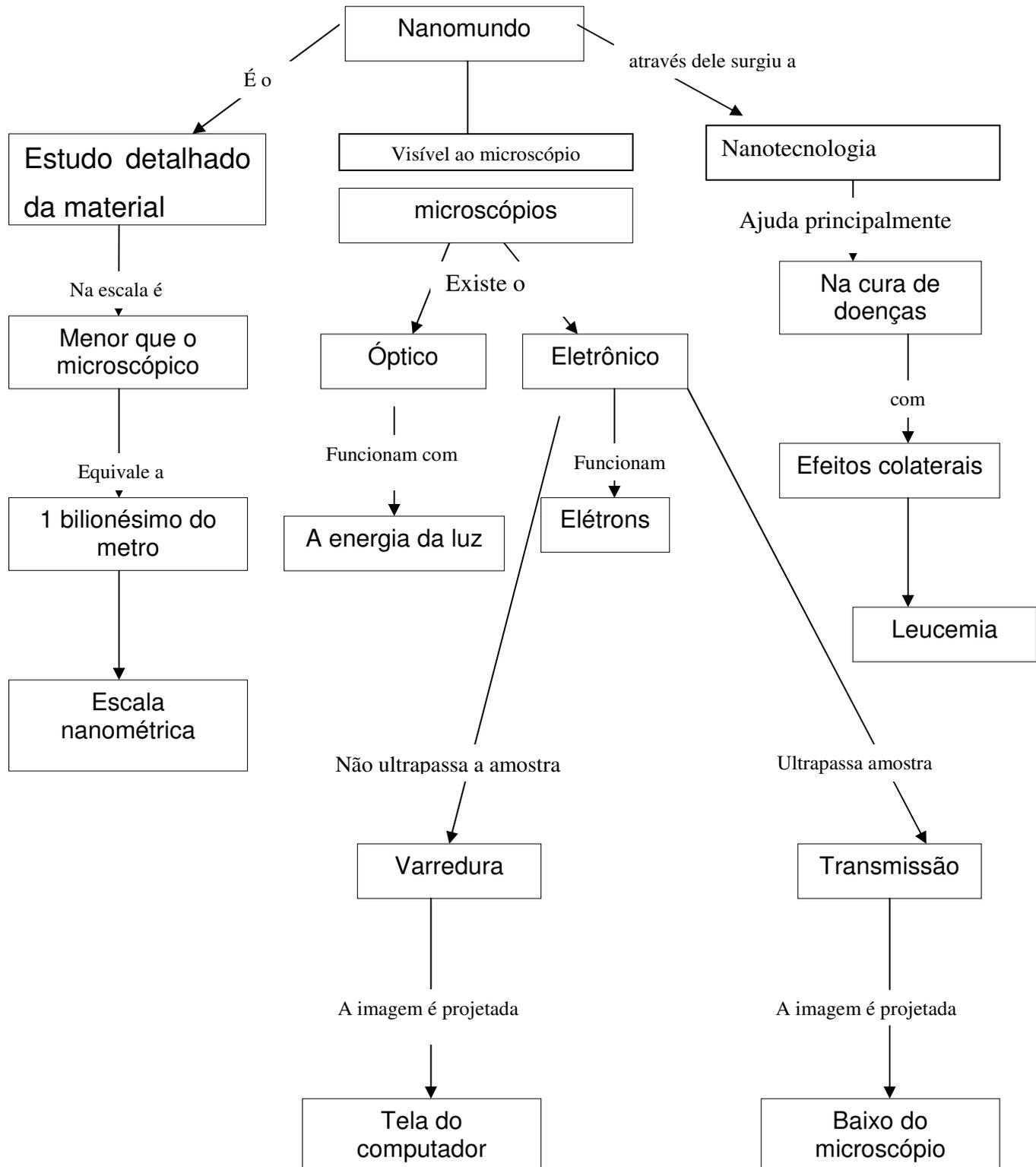


Figura 12 – Mapa conceitual II elaborado pelo aluno A3.

Aluno A4

Através da checagem inicial o aluno A4 declarou não ter tido informação alguma sobre o nanomundo, mas que, no seu entendimento, ele diz respeito a um mundo que pode ser visto ao microscópio, e que tal idéia o remete a coisas como bactérias e células. Assim, os subsunçores identificados foram: microscópio, visível/invisível, células e organismos vivos.

No que diz respeito à hierarquia observou-se que o ponto de partida para a construção do mapa conceitual foi o conceito de nanomundo e que o aluno não utilizou setas direcionais.

A Figura 13 representa o mapa conceitual do aluno A4. Com relação a este mapa pode-se observar a permanência de dois dos quatro subsunçores identificados inicialmente (visível/invisível e organismos vivos). O novo conceito introduzido refere-se aos benefícios da nanotecnologia nos procedimentos cirúrgicos. Este mapa demonstrou que o aluno explicitou uma representação bastante simplificada da concepção de nanomundo, tanto em termos de quantidade de informações, como das relações estabelecidas, uma vez que não se observou o estabelecimento de nenhuma bifurcação ou ligação transversal entre os conceitos.

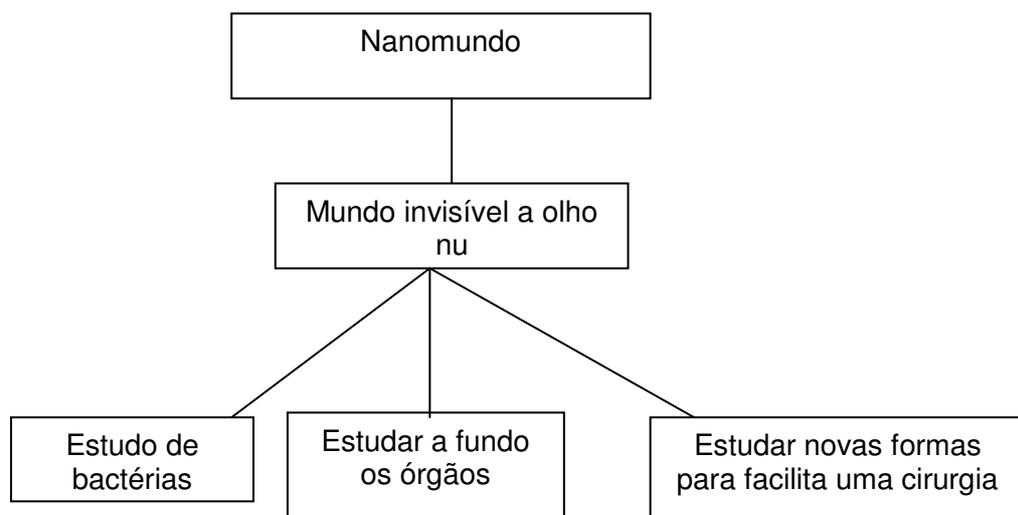


Figura 13 – Mapa conceitual I elaborado pelo aluno A4.

A partir da análise do texto, observou-se que o aluno A4 manteve dois dos subsunçores identificados na checagem inicial (microscópio e visível/invisível). Com relação aos novos conceitos introduzidos, observou-se que mais uma vez, estes se relacionaram preferencialmente com o microscópio, explicitando o princípio de funcionamento deste instrumento, a preparação das amostras e os tipos de amostra que podem ser observadas. É importante ressaltar que o aluno A4 demonstrou ter percebido que o microscópio pode ser utilizado para analisar espécimes vivos e espécimes não vivos, o que se contrapõe as suas concepções iniciais nas quais, apenas células e bactérias eram vistas no microscópio.

Esta é uma ampliação significativa na estrutura cognitiva do aluno uma vez que a maioria das pessoas tem dificuldade em perceber as estruturas da matéria, os átomos, as moléculas, enfim um enorme mundo de possibilidades, que existe além de células, tecidos e bactérias.

A Figura 14 representa o mapa II construído pelo aluno A4. Com relação a este mapa observou-se que o aluno manteve apenas um dos subsunçores identificados na checagem inicial. Iniciou sua construção a partir do conceito de nanomundo, recorreu ao uso de setas direcionais e palavras de ligação para relacionar os conceitos entre si, estabelecendo uma postura com relação à elaboração do segundo mapa, que não difere muito da adotada pelos outros alunos que participaram da intervenção.

Entretanto, ao se analisar os novos conceitos introduzidos pelo aluno A4, observa-se que houve uma ampliação significativa da sua estrutura cognitiva, não apenas pela quantidade de novos pontos, mas principalmente pelo caráter destes. Como já observado para os alunos A1, A2 e A3, este aluno também incluiu muitas informações sobre o microscópio eletrônico, o que é perfeitamente compreensível em virtude da visita realizada na UNICAP, e pelo fato do microscópio ser um instrumento concreto (que pôde ser visto, experimentado, tocado). No entanto, alguns dos novos pontos introduzidos referem-se à escala nanométrica, e ao fato desta escala vir após a escala microscópica. O A3 também se referiu à questão da escala, entretanto o fez de modo menos sofisticado. Um outro aspecto extremamente relevante neste mapa foi o fato do aluno explicitar uma relação entre

o nanomundo e o estudo detalhado da matéria revelando ter percebido que o nanomundo não se limita a células e tecidos. Aliás, estes elementos (inicialmente observados da checagem inicial e, presentes no mapa I deste aluno) foram desconsiderados, tanto no texto, como no mapa II. O aluno, ainda, fragmentou o nanomundo em nanociência (estudo) e nanotecnologia (tecnologia), demonstrando ter uma visão que desconsidera as relações recíprocas entre as duas: ciência e tecnologia.

Por fim, com relação à entrevista realizada com o aluno A4 pode-se dizer que não houve certificações relevantes que merecessem comentário. A opinião do aluno sobre a metodologia adotada reflete as dificuldades que o mesmo encontrou na realização dos mapas, assim ele preferiu a elaboração de textos, embora, as dificuldades que ele encontrou na elaboração do mapa não tenham comprometido, em absoluto, sua construção. Quando questionado a respeito do nanomundo, o aluno comentou que em casa, fala sobre o que aprendeu na escola, mas que ninguém ouviu falar sobre isso. Assim, é provável que exista um forte intercâmbio entre as idéias, o que o aluno vivencia em casa e os temas que estuda na escola, fato que só contribui para enriquecer suas concepções sobre os mais variados assuntos.

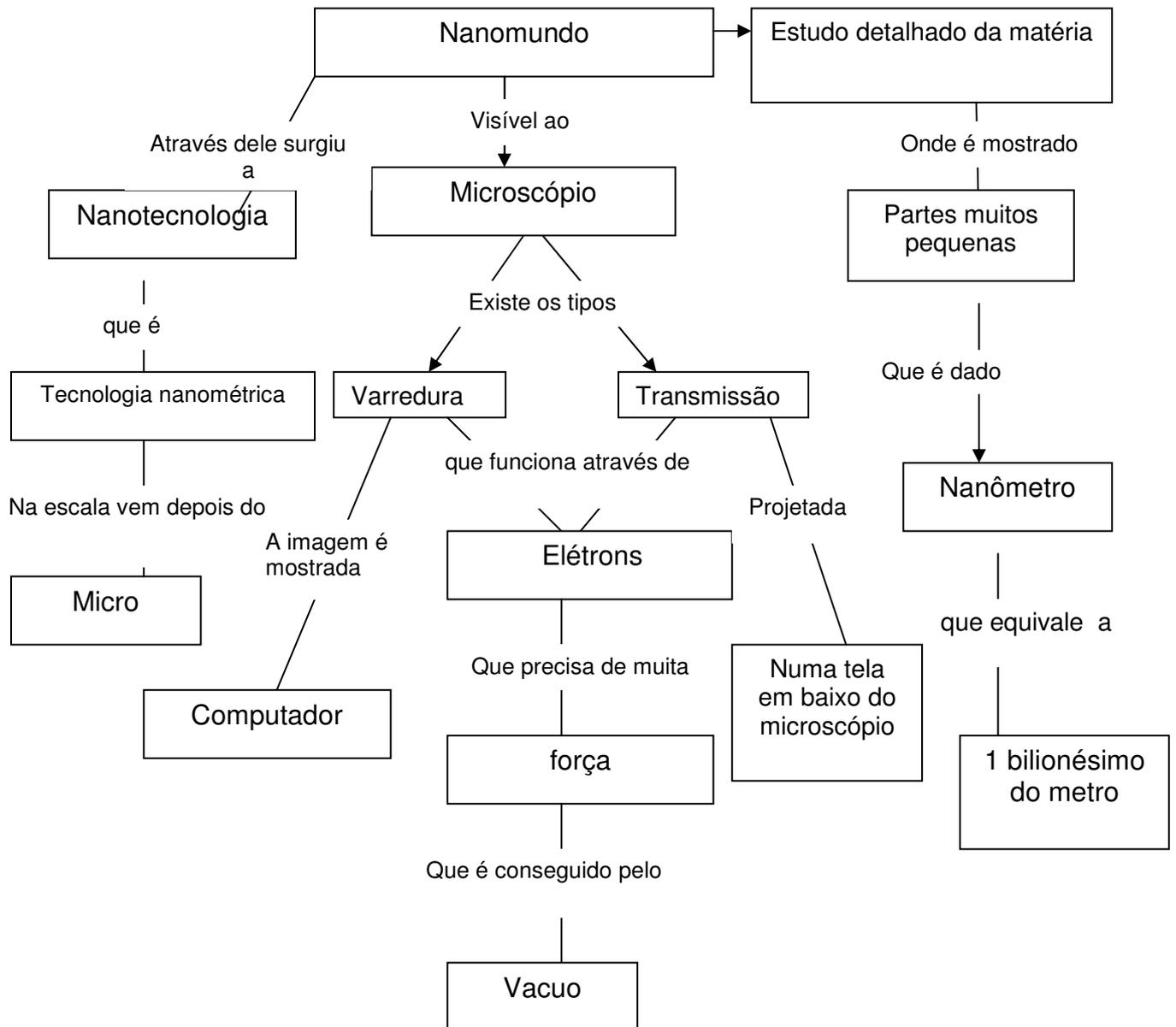


Figura 14 – Mapa conceitual II elaborado pelo aluno A4.

Considerações

Após a aplicação da intervenção e discussão dos dados coletados para os alunos A1, A2, A3 e A4, foi possível tecer as seguintes considerações sobre esta pesquisa, cujo objetivo foi investigar o processo de construção da concepção de nanomundo por alunos de 8^o série do ensino fundamental.

Uma vez que a intervenção metodológica foi fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, procurou-se inicialmente identificar alguns conceitos (subsunçores) que estivessem fortemente relacionados às idéias prévias dos alunos sobre o nanomundo, mesmo quando eles diziam não ter idéia alguma sobre o tema em questão. Assim, os subsunçores elegidos nesta checagem inicial foram: visível e invisível, células, bactérias, microscópio. É interessante observar que os alunos têm noção de que o nanomundo é algo que não se pode ver sem o auxílio de microscópio e o relacionam prioritariamente com células e organismos vivos.

Após a checagem inicial trabalharam-se alguns organizadores prévios (textos, vídeos, dinâmicas) com o intuito de evidenciar os subsunçores na estrutura dos alunos, uma vez que estes podem auxiliar o processo de aprendizagem ao funcionar como pontes cognitivas entre o conhecimento que o aluno já tem e o novo conhecimento. Ao final desta etapa, solicitou-se a elaboração do primeiro mapa conceitual, que foi considerado como ponto de partida para a análise do processo de construção de uma concepção de nanomundo.

Nesses mapas os alunos sempre explicitaram alguns dos subsunçores identificados, mas usualmente agregaram a eles outros elementos. Os novos pontos que foram introduzidos nos mapas nem sempre podem ser considerados como conceitos, visto que muitas vezes constituem explicações ou exemplos para conceitos que estão em níveis hierárquico superiores. Com relação à estruturação dos mapas, observou-se que há uma certa hierarquia e que todos os alunos analisados partiram do conceito de nanomundo para a construção de seus mapas. A presença de setas direcionais é variável, bem como a presença de ligações do tipo bifurcação. Não se observou a presença de palavras de ligação ou ligações transversais entre os conceitos.

É importante perceber que, embora as representações dos alunos através desses mapas conceituais sejam ainda muito incipientes, já demonstram que eles têm uma maior afinidade com questões relativas ao microscópio, enquanto instrumento de análise, e com as questões relacionadas às aplicações da nanotecnologia.

Os textos produzidos pelos alunos, após a visita à UNICAP, refletiram a importância da mesma e evidenciaram, sem exceção, muitos dos detalhes discutidos durante o encontro. Nesse caso, observou-se uma ampliação significativa na estrutura dos alunos com relação ao microscópio eletrônico e suas peculiaridades. Os alunos estabeleceram relações entre os tipos de microscópio, princípios de funcionamento, preparação de amostras, obtenção de imagens, entre outros. Foi também nesse encontro, mais especificamente durante a palestra da Professora Aline Elesbão do Nascimento, que se observou o surgimento de questionamentos sobre a luz, os elétrons e sua natureza, questões que ressaltam como a introdução de temáticas contemporâneas, como a nanociência, pode ser utilizada para contextualizar conteúdos específicos do ensino básico nas mais diversas áreas.

Dando seqüência às considerações sobre o processo de construção da concepção de nanomundo pelos alunos, observou-se que os mapas elaborados após a visita e o terceiro encontro foram extremamente significativos. Houve uma sofisticação notável nas estruturas dos alunos, que não apenas introduziram novos conceitos, mas estabeleceram relações válidas e mais complexas entre eles. Nesse caso, ainda, observou-se a presença de subsunçores, o que destaca sua importância ao longo do processo de construção. Os alunos mantiveram como ponto de partida o conceito de nanomundo, contudo, recorreram tanto à utilização das setas direcionais como de palavras de ligação. Também reduziram a utilização de sentenças, passando a explicitar suas idéias através de expressões mais simples e em muitos casos utilizando apenas uma palavra (conceito).

Ainda com relação ao processo de construção dos alunos, é importante destacar a utilização do protocolo, que foi delineado com o intuito de facilitar a análise do processo de construção dos alunos, individualmente e a cada etapa, uma vez que determina que instrumento foi utilizado em cada encontro, com que objetivo e que pontos seriam relevantes para serem analisados nos dados coletados.

A opinião dos alunos sobre a metodologia aplicada foi unânime em pontuar a visita à UNICAP como extremamente interessante. Também se observou que, embora os alunos tenham tido dificuldades para elaborar os mapas, eles aprovaram o instrumento, visto que, segundo eles, os mapas além de auxiliarem no processo de “arrumar” as idéias, consideram os conhecimentos que o aluno já possui. Sobre a temática nanociência, os alunos comentaram já terem uma idéia sobre “essas coisas muito pequenas”, mas que desconheciam a maioria das questões pontuadas nos encontros. Também mencionaram que a aprendizagem de assuntos como este pode vir a ser de grande importância para eles, caso, no futuro, desejem ingressar no ramo das ciências.

5. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que, embora a temática em questão não faça parte da vida cotidiana dos alunos do ensino fundamental, e que sua abordagem exija alguns requisitos, que a maioria dos alunos ainda não tem a aplicação da metodologia proposta neste trabalho, por ter um caráter lúdico, demonstrou ser favorável para que esses alunos pensassem na existência de um mundo invisível ao olho humano;

Observou-se que os alunos não descartaram as idéias iniciais, sobre elementos que relacionavam a concepção de nanomundo, que prioritariamente, remetiam a espécimes como células e organismos vivos, mas, passaram a considerar outras estruturas;

A atividade experimental realizada no laboratório da UNICAP revelou-se como aspecto motivacional, facilitando sobremaneira a construção de conhecimento pelos alunos;

A introdução do tema contemporâneo nanociência no ensino fundamental despertou os alunos para questões próprias das áreas de física, indicando que esse tema pode ser utilizado para contextualizar conteúdos específicos do ensino de ciências;

Com relação aos mapas conceituais observou-se que, de modo geral, os alunos perceberam sua importância no processo de sistematização dos conhecimentos prévios e daqueles apresentados na intervenção didática.

Diante do exposto, sugere-se que a formação continuada para professores contemple temas contemporâneos como a nanociência;

Recomenda-se também a inserção da nanociência nas séries iniciais do ensino fundamental, adequando a metodologia à realidade que se pretenda trabalhar;

Sugere-se também a abordagem interdisciplinar da nanociência na escola.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. C. P.; SOUZA, A. R. e URENDA, P. A. V. Mapas conceituais: Avaliando a Compreensão dos Alunos Sobre o Efeito Fotoelétrico. **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. 1 CD-ROM. Bauru, SP, 2003.

AMORETTI, M. S. M. Protótipo e estereótipos: aprendizagem de conceitos – Mapas Conceituais: experiência em Educação a Distância. **Informática na Educação: Teoria e Prática**. PGIE-UFRGS: v. 4, n. 2, p. 49-55. Porto Alegre, Dez/2001. Disponível em: <<http://www.Pgie.ufrgs.br/~suzana>> Acesso em: 05/Set/2004.

ANGOTTI, J. A. P. e AUTH, M. A. Ciência e tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. **Ciência e Educação**, Bauru, SP, v. 7 n. 1, p. 15-28, 2001.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J.D. e HANESIA, H. **Psicologia educacional**. Trad. Eva Nick et al. Rio: Interamericana, 1980. 625 p.

BASTOS, F. Construtivismo e ensino de ciências. In: NARDI, R. (org.). **Questões Atuais no Ensino de Ciências**. São Paulo: Escrituras Editora, (Educação para a ciência), p. 9-25. 2002.

BASTOS, H. F. B. N. Disciplinaridade: multi, inter e trans. **Revista Construir Notícias**. n. 14, ano 3, p. 40-41, 2004.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais/ Secretaria de Educação Fundamental**. – Brasília: MEC/ SEF, 1998. 138p.

BIZZO, N. **Ciência: fácil ou difícil?** São Paulo: Ática, 1998. 144p.

BONZANINI, T. K e BASTOS, F. Avanços científicos recentes como temas para o ensino de Biologia na Escola Média. In: NARDI, R., BASTOS, F e DINIZ, R. E. S. **Pesquisas em Ensino de Ciências**. (Série: Educação para a Ciência). São Paulo: Escrituras, p. 79-93, 2004.

CARRAHER, D. W.; CARRAHER, T. N. e SCHLIEMANN, A. D. CAMINHOS E DESCAMINHOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS. **Ciência e Cultura**. 37(6), 9 p. Junho / 1985.

CARRETERO, M. **Construtivismo e Educação**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002. 108 p.

CHAVES, A. e SHELLARD, R. C. Física para o Brasil: Pensando o Futuro. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2005, 248 p.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A.; PERNAMBUCO, M.M. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos**. São Paulo: Ed. Cotez, 2002, p. 339-344.

DRIVER. R.; ASOKO, H.; MORTIMER, E. e SCOTT, P. Conhecimento científico. TRADUÇÃO: Eduardo Mortimer. **Química nova na escola**, seção Pesquisa no Ensino de Química n. 9, 10 p. Maio/1999.

GADOTTI, M. **Pedagogia da terra**. São Paulo: Petrópolis, (série Brasil Cidadão), 3ª ed. 2000. 217 p.

IVANISSEVICH, A. Saber Fragmentado. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, RJ, v. 34 n. 200, p. 21-33, 2003.

LIMA, M. **Reflexões sobre o uso do mapa conceitual na disciplina de história**.

Disponível

e<<http://www.gcunha1.hpg.ig.com.br/artigo/mapaconceitualmarialima.htm>>. Acesso em: 20/ Abr/ 2004.

MARTINEZ-MUT, B e GARFELLA. A Construção humana através da aprendizagem significativa: David Ausubel. In: MINGUET, P. A. **Construção do Conhecimento na Educação**. Porto Alegre: Artmed, p. 127-173, 1998.

MIRAS, M. Um Ponto de Partida para a Aprendizagem de novos Conteúdos: os conhecimentos prévios In: COLL, C.; MARTÍN, E.; MAURI, T.; MIRAS, M.;

ONRUBIA, J.; SOLÉ, I. e ZABALA, A. **O Construtivismo na Sala de Aula**. 6ª ed. São Paulo: Ática, p. 57-77, 1996.

MORAES, R. É possível ser Construtivista no Ensino de Ciências? in: MORAES, R. (org.). **Construtivismo e Ensino de Ciências: Reflexões Epistemológicas e metodológicas**. Porto Alegre: EDIPURS, p. 103-158, 2000.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999a. 195p.

_____. **Aprendizagem Significativa**. Brasília: UNB, 1999b. 130p.

_____. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. In: **Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, Burgos, Espanha, Actas. Burgos: Servicios de Publicaciones de la Universidad de Burgos, p. 17-43, 15-19/ set/ 1997.

_____. Modelos mentais. Investigações em Ensino de Ciências. (**Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias**). Instituto de Física, UFRGS, Porto Alegre, Brasil. v.1, n.3. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N3/moreira.htm>>. Acesso em: 18/Abri/2004.

MOREIRA, M. A. e MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa (A Teoria de David Ausubel)**. São Paulo: Moraes, 1982. 112p.

MORTIMER, E. F. **Construtivismo, Mudança Conceitual e ensino de Ciências para Onde Vamos?** Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N1/2artigo.htm>>. Acesso em: 13/jan/2004.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000. p. 383.

NOVAK, J. D. e GOWIN, D. B. **Aprender a Aprender**. Trad. Carla Valadares, 2ª Ed. Lisboa, Portugal: Plátano Edições Técnicas, 1999, 212p.

PELIZZARI, A; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P; FINCK, N. T. L. e DOROCINSKI, S. I. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Rev. PEC** – Educação, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 37 - 42, jul/2002.

RATNER, M. e RATNER, D. **Nanotechnology, a gentle introduction to the next big idea**. New Jersey: Ed. Prentice Hall, 2002, p.188.

RIOS, J. Conhecimentos dos Meios Social e Cultural. In: Zabala, A. (org) **Como trabalhar conteúdos procedimentais em sala de aula**; trad. Ernani Rosa. – Porto Alegre: editora Artes Médicas Sul Ltda., 1999, 194 p.

SANSÃO, M. O; CASTRO, M. L e PEREIRA, M. P. Mapa de Conceitos e Aprendizagem dos Alunos. **Instituto de Inovação Educacional** – v.15, n. 123. (02/12/2002). Disponível em: <<http://www.iie.min-edu.pt>>. Acesso em: 22/Agosto/2004.

SILVA, D; FERNANDEZ NETO, V. e CARVALHO, A. M. P. Ensino de ciência entre calor e temperatura: uma visão construtivista in: NARDI, R. (org.). **Questões Atuais no Ensino de Ciências**. São Paulo; Escrituras Editora, (Educação para a ciência), p. 61-75. 2002.

SILVA, C. G. in: COSTA, V.R. Rumo ao Nanomundo. **Ciência Hoje**, v. 33, n. 193, p. 06-11, maio/ 2003.

SILVA, C. G. Manipulando a matéria na escala atômica. **Ciência Hoje**, v. 35, n. 206, p. 43-47, SBPC. Julho/ 2004.

TERRAZAN, E. A. A inserção da Física moderna e contemporânea no ensino de Física na escola de 2º grau. **Cadernos Catarinenses de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, p. 27-35, dez/1992.

TOMA, H. E. **O mundo nanométrico: a dimensão do novo século**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004, 102 p.

TRIVINOS, A. **Introdução à pesquisa nas ciências sociais**. São Paulo: Atlas, 1996, 175 p.

Universidade de Queensland. **School kids put fire ants under the microscope**. Disponível em: <<http://www.uq.edu.au/nanoworld>>. Acesso em 12/dez/2003.

VILLANI, A. e CABRAL, T.C.B. **Mudança conceitual, subjetividade e psicanálise. Investigações em ciências**. Porto Alegre, RS, v.2, n 1. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol2/n1/mudanca.htm>> Acesso em: 15/maio/2004.

VOGT, C. Admirável Nano Mundo. **Comciência: Revista eletrônica de jornalismo científico**. Brasil. Disponível em: <<http://www.comciencia.br>> Acesso em 10/out/2003.

ZUANON, A, C, A. E DINIZ, R. E. S. Aulas de biologia e a participação dos alunos: conhecendo como um grupo de estudantes do ensino médio avalia uma experiência. **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. 1 CD-ROM. Bauru, SP, 2003.

WEISER, K. E. e KRANZ, C. Nanotechnology at BASF. **Documento de divulgação**. Disponível em: <<http://www.basf.de>>. Acesso em:18/12/2004.

APÊNDICES

APÊNDICE – A

A INSERÇÃO DE TEMAS CONTEMPORÂNEOS NO ENSINO FUNDAMENTAL: A NANOCIÊNCIA

Suzane Bezerra de França
Helaine Sivini Ferreira
Edênia Maria Ribeiro do Amaral

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências
Rua: Dom Manoel de Medeiros, s/n CEP: 58171-130 Recife-PE
e-mail:hisivini@terra.com.br

RESUMO

Neste trabalho estudou-se o desenvolvimento da concepção de nanomundo junto a alunos da 8ª série do Ensino Fundamental. Como este tema ainda não faz parte dos currículos escolares, e devido ao seu caráter bastante abstrato, estruturou-se um conjunto de atividades diversas para serem aplicadas com os alunos em quatro encontros, com o intuito de fornecer informações sobre a temática e permitir que os alunos chegassem as suas próprias conclusões sobre o nanomundo ao invés de se limitarem a respostas prontas. Durante a realização destes encontros foram aplicados alguns instrumentos pedagógicos, como os mapas conceituais, por exemplo, que tiveram como objetivo coletar dados sobre o processo de construção dos alunos, mas que também auxiliaram os mesmos a organizar suas idéias. Estes instrumentos, bem como, uma lista com os pontos que seriam relevantes para discussão foram utilizados na formalização de um protocolo, a partir do qual foram realizadas as análises dos processos de construção de cada um destes alunos em

cada etapa. Após a aplicação do protocolo de análise observou-se que: as concepções prévias dos alunos sobre o tema eram bastante limitadas, mas que a intervenção foi significativa, visto que no final a maioria dos alunos não apenas tinham uma idéia clara do que seria o nanomundo, mas relacionavam a esta concepção inúmeros outros conceitos pertinentes como os de microscopia eletrônica, escala, ampliação, aplicações e benefícios da nanotecnologia na cura de doenças.

INTRODUÇÃO

Temas contemporâneos ligados a Ciência e Tecnologia devem ser inseridos nos currículos escolares a fim de permearem a vida cotidiana dos alunos. A sua inclusão é uma necessidade do mercado de trabalho, mas também se justifica pelo próprio exercício da cidadania, permitindo que os alunos participem da tomada de decisões e adoção de posturas críticas frente às novas realidades. Entretanto, o que observa é que a inclusão destes temas mais recentes vem ocorrendo de maneira muito lenta tanto, nos currículos escolares, como nos materiais didáticos de modo geral (Deliczoicov, 2002).

A introdução desses temas nos currículos escolares apresenta alguns obstáculos visto que os professores precisam, num primeiro momento, conhecer e ter domínio sobre esses novos temas além de, eventualmente, ter que relegar para atividades extraclasse alguns dos tópicos tradicionais para então poder conduzir em sala estudos sobre esses assuntos (temas atuais), geralmente ausentes dos livros didáticos.

Uma outra dificuldade é que muitas vezes esses temas, em sua essência, não podem ser contemplados à luz de uma única disciplina, sendo necessária uma abordagem interdisciplinar. Neste caso, a ação não pode ser pontual (um único professor) deve haver uma equipe de professores planejando as atividades e atuando conjuntamente na construção do novo conhecimento (BASTOS, 2004). Contudo, a extensa carga horária e rigidez do planejamento escolar muitas vezes inviabilizam a proposta.

Terrazan (1992) e Angotti & Auth (2001) ao discutirem a introdução de conteúdos contemporâneos no ensino médio e fundamental, acabaram observando um outro obstáculo que está relacionado à questão dos pré-requisitos, que são freqüentemente apontados pelos próprios professores como impedimento para a entrada de novos conteúdos ou inversão das seqüências tradicionais de ensino.

Apesar das dificuldades é importante ressaltar que há um maior interesse e disposição dos alunos no estudo desses tópicos, o que os tornam particularmente atraentes como elementos facilitadores ou motivadores dos processos de ensino e aprendizagem. Além disso, trata-se de uma perspectiva de ensino diferenciada e inovadora, a partir da qual os conceitos tradicionais de física, química, matemática e biologia podem ser construídos de maneira contextualizada, conforme proposto nos BRASIL (1998).

Os temas contemporâneos são muitos devido à rapidez com que tem evoluído o desenvolvimento científico e tecnológico; tem-se o advento dos polímeros condutores, dos transgênicos, das pesquisas com as células tronco, dos bioplásticos, entre tantos outros.

Nesta pesquisa sugerimos a abordagem da temática contemporânea, nanociência. Não é fácil definir nanociência, mas a palavra nano, do grego anão, refere-se a uma medida, o nanômetro, que equivale a um bilionésimo de metro. Formalmente, ela pode ser descrita como é a ciência ou tecnologia dos materiais, processos e produtos, cujas dimensões estão na faixa de 0,1 a 100 nanômetros (SILVA, 2003).

A nanociência tem sido tratada pela mídia, pelos empresários e pelo governo, com a mesma atenção que foi dada, nas suas respectivas épocas, as viagens ao espaço e a Internet. No mundo, o Japão e os EUA vêm liderando, em termos dos investimentos governamentais, em nanotecnologia, seguidos da Comunidade Econômica Européia. Além disso, investimentos expressivos vêm sendo feitos pela China, Austrália, Coréia, Israel, entre outros (RATNER e RATNER, 2002).

Doze das maiores universidades ao redor do mundo estão construindo novas faculdades, implementando facilidades e estimulando a criação de grupos de pesquisa na área (RATNER e RATNER, 2002).

No final dos anos 90, países desenvolvidos, como os Estados Unidos começaram a se preocupar com a formação de recursos humanos para atuar na área e criaram mascotes como o “nanokid”, utilizado ainda na educação infantil. Iniciativa semelhante foi adotada na Universidade de Queensland (2003), na Austrália, onde o pesquisador Dr. Bronwyn Cribb criou um projeto que permitia alunos dos primeiros ciclos do ensino fundamental observarem formigas no microscópio eletrônico de varredura através de videoconferências.

Aqui no Brasil, a primeira iniciativa oficial em nanotecnologia e nanociência, foi lançada pelo CNPq em 2002 com a criação do RENAMI (Rede de Nanotecnologia Molecular e Interfaces) cujo objetivo foi o de agregar pesquisadores com interesses em comum, estimulando o intercâmbio de idéias e colaborações (TOMA, 2004).

No âmbito educacional, a Universidade Federal de Pernambuco - UFPE foi a primeira instituição de ensino superior do Brasil a incluir na grade curricular uma disciplina de nanotecnologia, voltada para estudantes dos cursos de licenciatura. Essa iniciativa tem como objetivo repassar esse conhecimento, através dos licenciados, para os estudantes do ensino fundamental e médio. Em entrevista ao Jornal do Comércio, o professor da disciplina e coordenador do Laboratório de Nanodispositivos Fotônicos, Dr. Petrus Santa Cruz, ressaltou a necessidade, de estimular o alunado do ensino básico a estudar o assunto, para que futuramente exista um bom banco de recursos humanos no setor. A meta para o próximo ano é firmar parceria com a Secretaria Estadual de Educação e Cultura, para que o conteúdo e a metodologia aprendidos por 30 alunos do curso de licenciatura em Química, seja repassado para as escolas públicas.

Apesar das iniciativas, ainda insipientes no país, já há muitas pessoas assustadas com as possibilidades da nanotecnologia. Algumas ONGs têm questionado como a nanotecnologia poderá afetar a saúde. Teme-se que essas partículas possam passar para a cadeia alimentar, e ainda se sabe pouco sobre sua ação no organismo. Na verdade, as pessoas se preocupam muito com a escala nano,

porque nano é uma palavra diferente. O fato é que a maneira como a sociedade recebe essas informações depende do nível de cultura científica que ela tem. No caso da nanotecnologia, a sociedade tem que conhecer os riscos, mas também os benefícios e os avanços tecnológicos envolvidos na questão (TOMA, 2004).

Diante do exposto, tem-se que o objetivo deste trabalho foi investigar o desenvolvimento da concepção de nanomundo com alunos da 8ª série do ensino fundamental.

Entretanto, a construção desta concepção é não tarefa fácil, primeiro porque o tema em si é extremamente abstrato, já que trata de produtos e tecnologias que não podem ser vistas ou desenvolvidas sem o auxílio de microscópios eletrônicos, e segundo porque, a nanoescala é muito pequena, difícil de ser imaginada pela maioria das pessoas e por isso requer o desenvolvimento de ferramentas conceituais e mentais distintas das que vêm sendo trabalhadas atualmente nas escolas. Assim, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e os mapas conceituais de Novak (Ausubel *et al.*,1980) (1980), foram escolhidos como os referenciais teóricos mais adequados para fundamentar o desenvolvimento deste trabalho.

TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E MAPAS CONCEITUAIS

David Paul Ausubel foi um construtivista cognitivista. Construtivista porque concebeu que o conhecimento se dava pela construção ativa da aprendizagem pelo sujeito e, cognitivista porque se ocupou em conhecer a mente do aprendiz no processo de ensino-aprendizagem. Para Ausubel, aprendizagem significativa acontecia por meio da interação do conhecimento novo com conceitos relevantes e inclusivos deste que eles estivessem claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo (MOREIRA, 1999).

Este processo de interação pode acontecer de duas maneiras: por recepção, quando o conhecimento é apresentado em sua forma final para o aprendiz, ou por descoberta, na qual o conhecimento é descoberto pelo aprendiz. Tanto por descoberta quanto por recepção, a aprendizagem pode não ser significativa se o

novo não se ligar a conceitos subsunçores relevantes existentes na estrutura cognitiva (MOREIRA (a), 1999).

Para evidenciar esses subsunçores, Ausubel propôs o uso de organizadores prévios, que são materiais introdutórios apresentados antes do conteúdo a ser trabalhado. Esses organizadores facilitam a aprendizagem e são úteis para revitalizar significados obliterados, para buscar na estrutura cognitiva dos alunos, significados que existem, mas que não estão sendo utilizados (MOREIRA, 1997).

Para estimular os alunos a explicitarem suas estruturas e acompanhá-los no processo de construção do conhecimento Joseph D. Novak, professor da Universidade de Cornell, nos Estados Unidos, desenvolveu, na década de 70, os mapas conceituais (LIMA, 2004). Estes mapas são diagramas ou esquemas, que têm como objetivo representar relações significativas entre conceitos e estão bem fundamentados, nos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, da teoria de Ausubel (MOREIRA, 1999)

Os mapas conceituais podem ser utilizados na identificação dos conhecimentos prévios dos alunos, para extrair e negociar significados de textos, e na avaliação de aprendizagem (MARTINEZ-MUT, 1998). Uma das vantagens de utilizar os mapas conceituais decorre da possibilidade de negociar significados entre as pessoas que os elaboram (professores e alunos), pois compartilhar significados deve ser o objetivo do processo de ensino-aprendizagem, através do diálogo, estabelecido entre o conhecimento construído pela comunidade científica e trazido pelo professor e, os significados que os estudantes sempre trazem para essa negociação.

É conveniente ressaltar que, os mapas conceituais apresentam um caráter pessoal, ou seja, representam a organização da estrutura cognitiva, que é diferente para cada aluno e, muitas vezes, diferente para o mesmo aluno, em diversos momentos de sua aprendizagem (SANSÃO *et al.*, 2002). E assim, quando se pretende entender as articulações estabelecidas entre os conceitos, é pertinente recorrer a instrumentos auxiliares, como, por exemplo, questionários, elaboração de textos ou entrevistas.

O interessante com relação ao estudo dos mapas é que aluno não é julgado pelo professor, não existe um mapa certo ou errado. Não há um tamanho padrão para o mapa, nem um número exato de relações entre conceitos a serem estabelecidas. O aluno está completamente livre para organizar o seu conhecimento, modificar o seu mapa quantas vezes forem necessárias até achar que este reflita, de maneira aproximada, é claro, a sua maneira de ver o mundo (AMORETTI, 2001).

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida no Colégio Souza Leão, uma escola da rede particular, localizada no bairro de Candeias, município de Jaboatão dos Guararapes, região metropolitana do Recife-PE, com 7 alunos da 8ª série do ensino fundamental. A intervenção aplicada foi estruturada em quatro encontros com duração de três horas cada, conforme descrição a seguir:

Primeiro Encontro

O primeiro encontro teve dois objetivos: o primeiro foi identificar alguns conceitos-chaves para os alunos com relação ao nanomundo e para isso, aplicou-se um pequeno questionário. O segundo objetivo foi trabalhar os conceitos previamente identificados. Neste caso propôs-se a manipulação de lupas, preparação de lâminas e a observação no microscópio óptico. Os alunos também trabalharam com imagens obtidas por microscópio eletrônico de varredura (MEV), compiladas do site www.uq.edu.au/nanoworld e com um vídeo on-line, extraído do site www.globo.com. No encerramento desse primeiro encontro foi solicitada a construção de um mapa conceitual a respeito do nanomundo. Os alunos foram instruídos a construir um fluxograma, numa folha em branco, livremente, contendo suas idéias, a respeito do assunto.

Segundo Encontro

O objetivo do segundo encontro foi propiciar aos alunos a oportunidade de vivenciar uma sessão de microscopia eletrônica de varredura, desde a inserção das amostras no microscópio até a aquisição das imagens em diversas ampliações. Essa atividade

foi realizada no Laboratório de Biologia Celular e Ultraestrutura (NPCIAMB) da Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP.

Antes da sessão de Microscopia Eletrônica de Varredura, a Profa. Dra. Aline Elesbão do Nascimento, ministrou uma palestra sobre o equipamento, explicando, o princípio de funcionamento do microscópio eletrônico e do microscópio óptico com duração de 01h30min. No final desse encontro, foi solicitada aos alunos a construção de um texto a respeito da visita.

Terceiro Encontro

O terceiro encontro foi realizado no Colégio Souza Leão, no laboratório de informática e os alunos tiveram a oportunidade de participar de uma nova dinâmica com imagens obtidas por microscópio eletrônico de varredura (MEV) Nessa dinâmica, as imagens estavam embaralhadas e os alunos tiveram que, através da observação da escala e da ampliação ordená-las (do macro para o micro ou vice-versa). Durante essas atividades ressaltou-se pontos relevantes sobre o nanomundo, tais como: questões éticas, aplicações nas diversas áreas do conhecimento e perspectivas futuras.

Quarto Encontro

O objetivo deste encontro foi avaliar a evolução da concepção de nanomundo após a intervenção. Para tanto, antes da solicitação de um novo mapa, os alunos foram entrevistados individualmente. Durante a entrevista os alunos tiveram a oportunidade de rever não apenas o seu primeiro mapa e o texto produzido após a visita a UNICAP. Após essa primeira conversa, foi solicitada, então, a produção de um novo mapa conceitual. Num segundo momento, após a elaboração do mapa os alunos foram novamente entrevistados. A pesquisadora aproveitou a oportunidade para legitimar algumas das relações estabelecidas, e identificar a opinião dos alunos sobre a metodologia aplicada, bem como a temática em questão.

Ao longo desta intervenção utilizaram-se diversos instrumentos, que tiveram por objetivo avaliar e acompanhar o processo de construção da concepção de nanomundo pelos alunos. Um resumo desses instrumentos, bem como seus respectivos objetivos, podem ser encontrados no fluxograma da Figura 1.

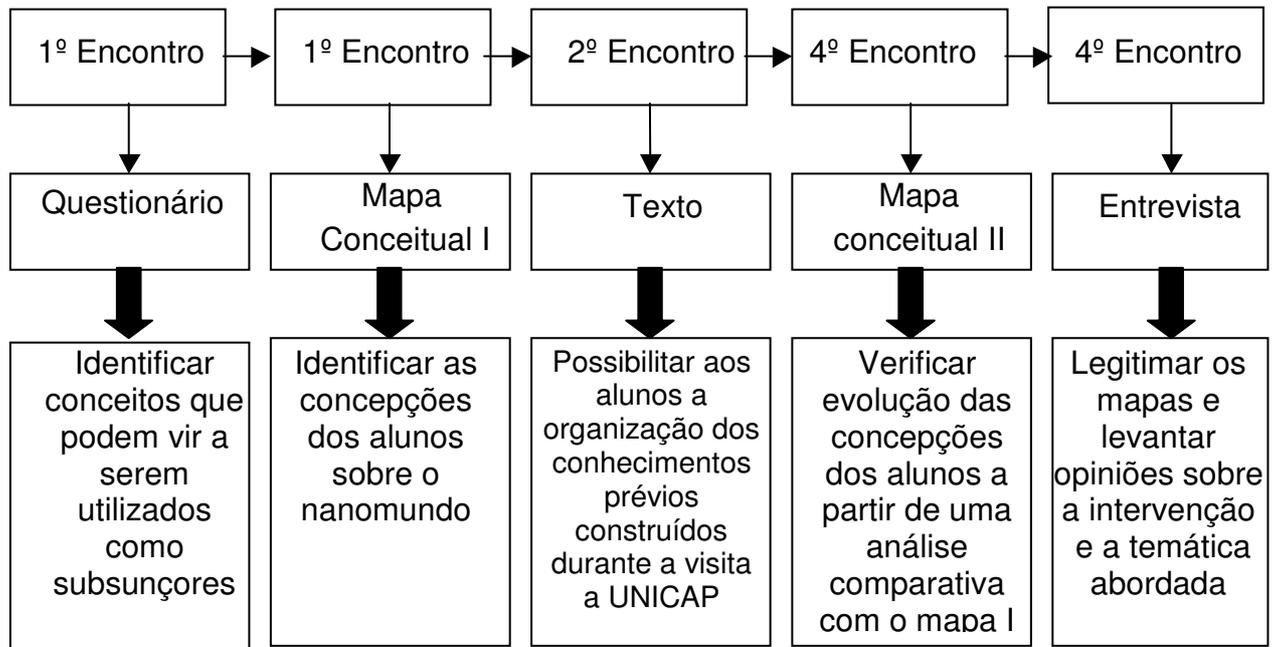


Figura 1 - Fluxograma que resume os instrumentos utilizados e seus objetivos.

Todos os instrumentos aplicados, durante a intervenção, foram analisados com intuito de acompanhar o processo de construção da concepção de nanomundo pelos alunos. Para tanto, se formalizou um protocolo, conforme apresentado na Tabela I, a partir do qual serão realizadas as análises de todas as produções de cada aluno ao longo da intervenção.

Tabela I - Protocolo de análise do processo de construção da concepção de nanomundo.

INSTRUMENTOS	PONTOS RELEVANTES PARA ANÁLISE
Questionário	<ul style="list-style-type: none"> - Se já ouviu falar em nanomundo - Qual a fonte da informação - Definições ou explicações sobre o nanomundo - Idéias ou imagens associadas a essa concepção
	<ul style="list-style-type: none"> - Subsunçores

Mapa conceitual I	<ul style="list-style-type: none"> - Conceito de partida - Novos conceitos introduzidos - Ligações transversais - Bifurcações - Exemplos - Presença de setas - Palavras de ligação
Texto	<ul style="list-style-type: none"> - Presença dos subsunçores - A inclusão de novos conceitos, na produção escrita dos alunos.
Mapa conceitual II	<ul style="list-style-type: none"> - Subsunçores - Conceito de partida - Presença de setas - Novos conceitos introduzidos - Ligações transversais - Bifurcações - Exemplos - Palavras de ligação -Análise comparativa em relação ao mapa I
Entrevista	<ul style="list-style-type: none"> -Certificação de relações estabelecidas nos mapas conceituais -1 Posicionamento do aluno frente à metodologia aplicada - Opinião do aluno sobre a temática abordada

Diante da metodologia adotada, que numa primeira etapa focou não apenas a identificação das concepções prévias dos alunos, mas a identificação de conceitos relacionados ao nanomundo relevantes para os mesmos, destaca-se a importância da análise destes conceitos (subsunçores) nas produções realizadas nas etapas subsequentes, visto que eles atuam como pontos de ancoragem entre o novo e o antigo conhecimento, sendo fundamentais no processo de aprendizagem.

Os critérios elegidos, como relevantes, para serem analisados nos mapas conceituais foram escolhidos a partir dos trabalhos de Novak (1999), Sansão *et al.*

(2002) e Almeida *et al.* (2003). Existem quatro grupos de critérios: os que se relacionam as questões de hierarquia (conceito de partida e as setas direcionais), os que se referem às relações estabelecidas (ligações transversais e bifurcações), o que está relacionado à presença ou não de palavras de ligação e o que está relacionado, ou não, a presença de exemplos. Além destes critérios, considerou-se a análise dos subsunçores, como já mencionado anteriormente, e o surgimento de novos conceitos relacionados ao nanomundo. A importância da análise destes critérios deve-se ao fato de que, através deles, pode-se acompanhar o processo de aprendizagem dos alunos com uma grande riqueza de detalhes.

Com relação às entrevistas procurou-se, num primeiro momento, a certificação de algumas das relações estabelecidas pelos alunos nos mapas conceituais, esta certificação é de grande importância visto que muitas vezes o mapa conceitual por si só é insuficiente para a compreensão de como o aluno estruturou suas idéias, sendo necessário, então, o apoio de um outro instrumento. Num segundo momento, priorizou-se a opinião dos alunos com relação a metodologia aplicada e a temática trabalhada, estes pontos são também muito importantes uma vez que de acordo com Ausubel (1980) para que a aprendizagem seja verdadeiramente significativa é necessário que o conteúdo tenha sentido para o aluno, e que ele o identifique com a metodologia e perceba na qual o papel dos vários instrumentos utilizados na intervenção no seu processo de aprendizagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir têm-se a discussão realizada em cima dos dados coletados ao longo da intervenção com dois dos alunos que participaram da amostra. Estes resultados foram discutidos individualmente para cada aluno (A1 e A2) a fim de que se pudesse acompanhar o processo de construção da concepção de nanomundo por eles.

Aluno A1

O primeiro instrumento analisado foi o questionário, que teve como objetivo extrair conceitos relevantes para os alunos que pudessem vir a ser utilizados como pontes

cognitivas na construção do novo conhecimento. Através desta checagem inicial, o aluno A1 disse nunca ter ouvido falar de nanomundo, mas, posteriormente o descreveu com mundo que é visto através do microscópio, também relacionou a esta concepção palavras como, plantas, células e bactérias. A partir dessa análise os subsunçores identificados para o aluno A1 foram: microscópio; células; organismos vivos e visível/invisível.

A figura 02 representa o mapa conceitual I elaborado pelo aluno A1 ao final do primeiro encontro. Com relação a este mapa, foi possível observar, inicialmente, a presença dos quatro subsunçores previamente identificados no questionário (microscópio; células; organismos vivos e visível/invisível), tal fato pode indicar que, estes são de fato importantes na estrutura cognitiva do aluno e que provavelmente serão utilizados, por este, como pontos de ancoragem para o desenvolvimento da concepção de nanomundo. O aluno em questão desenvolveu seu mapa a partir de uma idéia mais geral (nanomundo) e utilizou setas direcionais para vincular esta idéia aos outros conceitos.

Além dos subsunçores há a presença de outros elementos no mapa I deste aluno, que, embora, não estejam explicitados na forma de um conceito, podem ser compreendidos como tal. Assim, quando o aluno menciona, o pesquisador que descobriu o nanomundo, pode-se traduzir este elemento na forma do conceito, histórico. De modo geral, as representações deste aluno foram bastante limitadas, uma vez, que apenas dois pontos novos foram introduzidos no mapa e que um deles, foi introduzido a partir de uma relação inválida (o nanomundo serve para observar uma “coisa” menor que a célula).

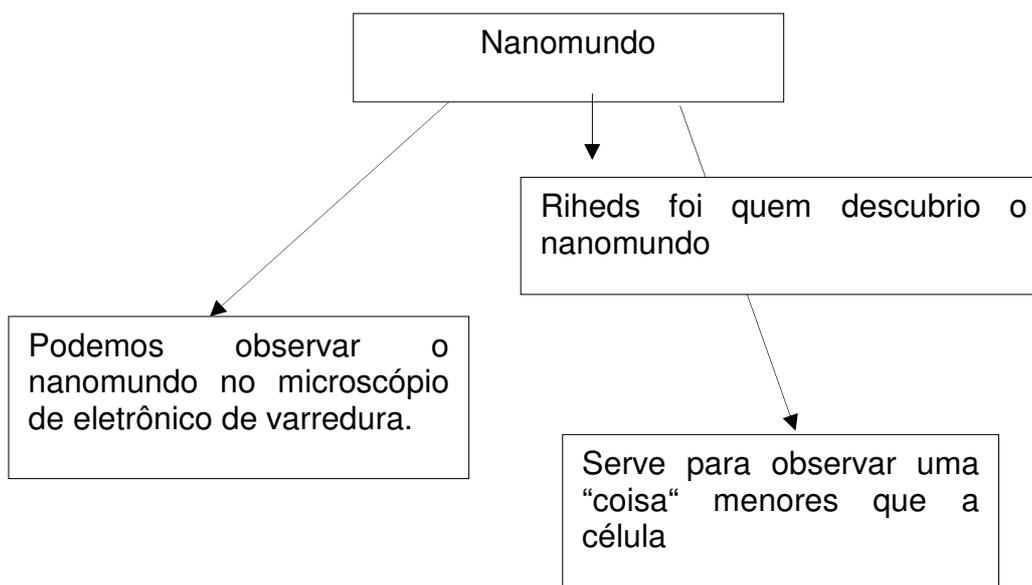


Figura 2 – Mapa conceitual (I) construído pelo A1 no primeiro encontro.

Com relação aos tipos de ligações utilizadas pelo aluno, observou-se a presença de apenas uma bifurcação e nenhuma ligação transversal o que remete a uma estruturação muito limitada, que se deve, provavelmente, a ausência de informações prévias consistentes sobre o assunto. Tal fato já era esperado, mas optou-se pela realização dos mapas sem oferecer ao aluno nenhuma fonte de apoio, como proposto por Sansão *et al.* (2002) e Almeida *et al.* (2003) em seus respectivos trabalhos, com mapas conceituais.

Um aspecto relevante nesta análise é a ausência palavras de ligação, o que se justifica pelo fato do aluno ainda estar numa fase inicial de estruturação de seus conhecimentos sobre o nanomundo, e para tanto recorrer a utilização de sentenças, ao invés de conceitos, como esperado.

O texto foi instrumento utilizado na etapa subsequente da intervenção, na qual foi realizada a visita à UNICAP, a partir de sua análise observou-se que o aluno manteve apenas um dos subsunçores que vinham sendo utilizados por ele (microscópio), entretanto, surgiram novos conceitos e é interessante observar que todos eles estão intimamente relacionados ao subsunçor presente no mapa. Assim, os novos pontos introduzidos referiram-se à questões como a importância do

microscópio, escala, ampliação e mundo microscópico, o que ressalta a importância da visita na construção de conhecimentos relacionados ao instrumento.

A Figura 3 representa o mapa conceitual II do aluno A1. Com relação a este mapa, observou-se que o aluno manteve três dos quatro subsunçores detectados inicialmente (microscópio, visível/invisível e organismos vivos), o conceito de partida e a utilização das setas direcionais.

Ao comparar as representações deste aluno com as explicitadas por ele no mapa I, observou-se que elas se expandiram significativamente. Surgiram novos elementos: histórico, importância e tipos de microscópio, princípio de funcionamento, preparação da amostra, micro mundo, ampliação, microscópio eletrônico, alguns dos quais já estavam presentes no texto.

Neste mapa há a presença de relações mais complexas, verificou-se, por exemplo, um número maior de bifurcações entre os conceitos embora ainda não haja nenhuma ligação transversal entre eles. Este é um indício de que o aluno vem acumulando quantidade significativa de informações sobre o nanomundo e que começou a organizá-las, estabelecendo uma rede hierarquia entre elas. O estabelecimento de relações mais complexas também indica que estes novos conceitos não constituem informações soltas, mas estão vinculadas entre si e com as concepções prévias do aluno.

Neste caso, o aluno começou a introduzir palavras de ligação e gradualmente foi reduzindo a utilização de sentenças e partindo para explicitar suas idéias por meio de conceitos.

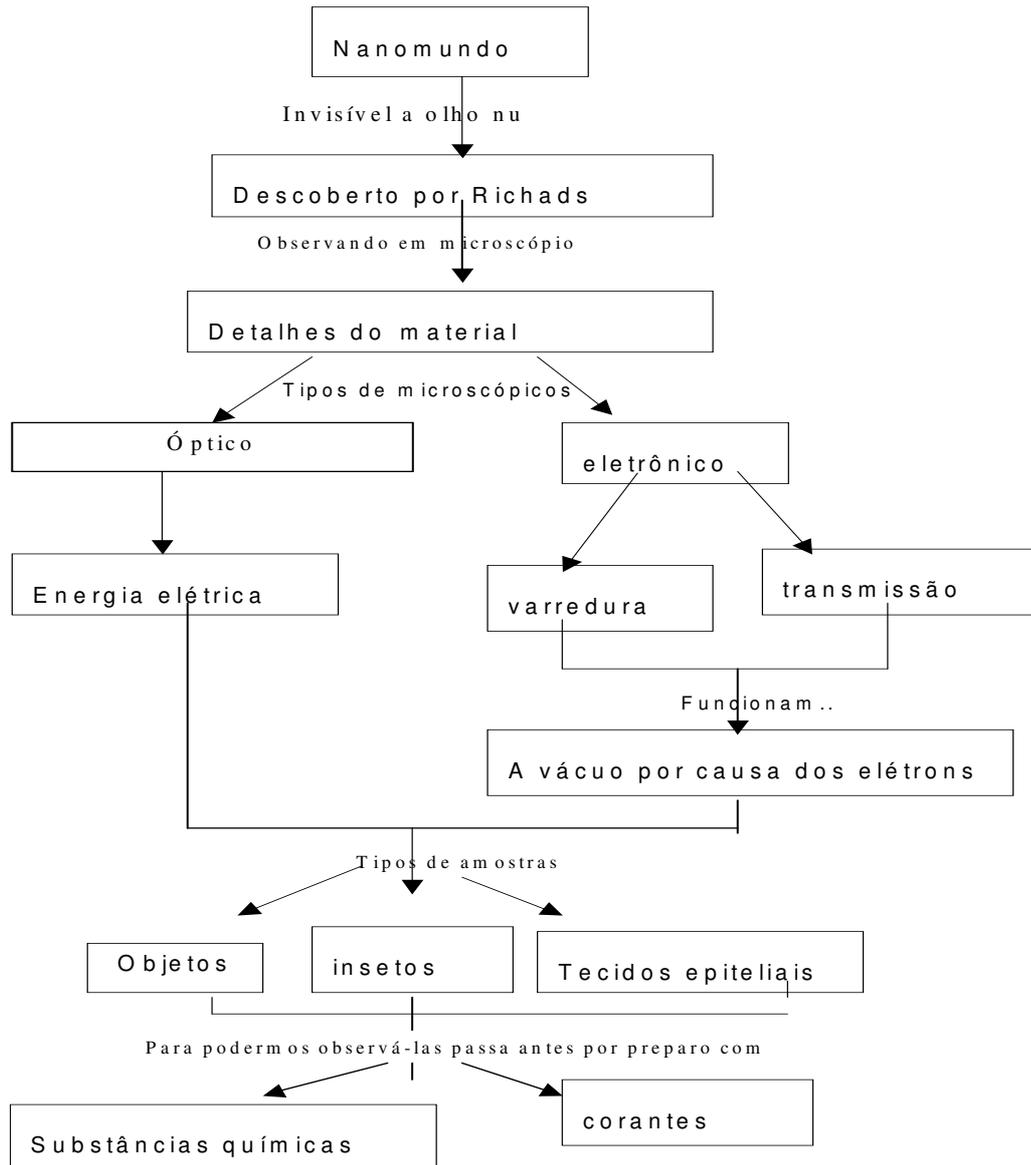


Figura 3 – Mapa conceitual (II) construído pelo A1 no quarto encontro.

Por fim, tem-se a análise da entrevista realizada com o aluno A1, não houve nenhuma certificação sobre as relações estabelecidas nos mapas que merecesse comentário. A opinião do aluno sobre a metodologia utilizada ressaltou a validade dos mapas conceituais enquanto, instrumento, pelo fato deles ressaltarem o conhecimento que o aluno já detém. O aluno também comentou a respeito da visita à UNICAP como sendo de grande importância e interesse. Com relação a temática abordada, o aluno comenta que aprendeu muito sobre o nanomundo e que isso poderá ter grande importância no futuro caso ele deseje ingressar no ramo das Ciências.

Aluno 2

Através da checagem inicial (questionário) o aluno A2, disse já ter tido acesso a informações sobre o nanomundo no site da Rede Globo (www.globo.com) e o descreveu como um mundo invisível ao olho nu, na forma de partículas minúsculas. Tal como o aluno A1, o aluno A2 também relacionou a esta concepção palavras como: células e bactérias, porém ainda mencionou a relação de partículas minúsculas com o nanomundo. A partir dessa análise os subsunçores identificados para este aluno foram: células; organismos vivos, visível/invisível e partículas minúsculas.

No que diz respeito à hierarquia, observou-se que o ponto de partida para a construção do mapa conceitual também foi o conceito de nanomundo. Entretanto, neste caso aluno A2 não se utilizou das setas direcionais.

A Figura 4 representa o mapa conceitual I do A2. Com relação a este mapa pôde-se observar que apenas um dos subsunçores identificados previamente está explicitado no mapa (visível e invisível). É importante destacar que apenas os conceitos explicitados nos questionários vêm sendo considerados como subsunçores, mas para aluno A2 observou-se que na checagem inicial, no momento em que ele definiu o nanomundo, a idéia do microscópio, como um instrumento necessário a sua visualização, estava implícita. Este elemento (microscópio) surgiu de modo explícito no mapa I, entretanto, neste caso optou-se por não considerá-lo como um conceito novo, mas uma idéia que acompanhava o aluno desde a checagem inicial. Assim, excluindo o conceito microscópio, os novos conceitos introduzidos no mapa foram: histórico e benefícios.

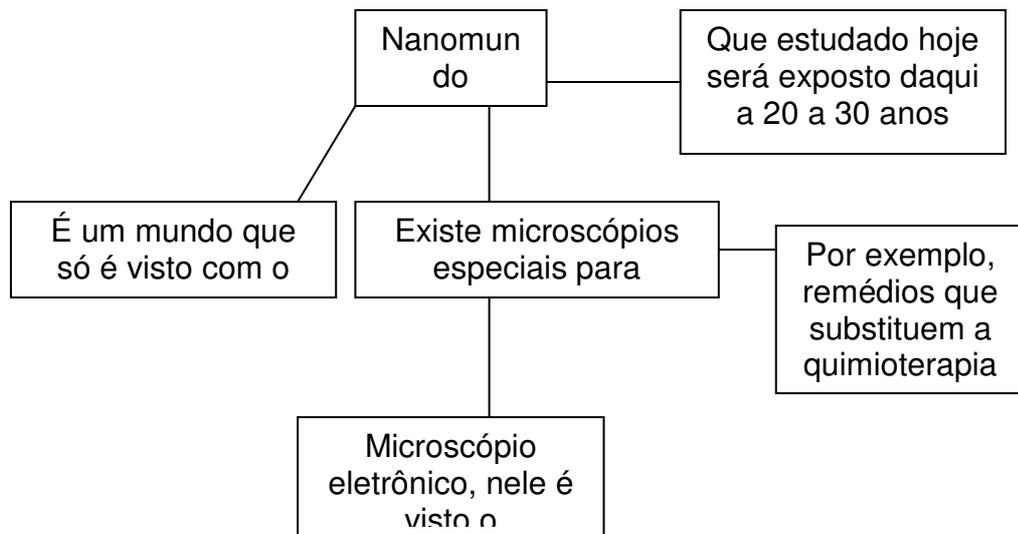


Figura 4 – Mapa conceitual (I) construído pelo A2 no primeiro encontro.

Com relação aos tipos de ligações utilizados pelo aluno, após análise do mapa observou-se a presença de uma bifurcação e nenhuma ligação transversal entre os conceitos, apesar de, visualmente, ter-se a impressão de que o aluno estabeleceu um número maior de relações. Entretanto, o que aconteceu é que o aluno explicitou um conceito, como por exemplo, nanomundo, e em seguida estabeleceu uma relação entre este conceito e um novo elemento, que descreve o que o conceito representava para ele. Ou seja, é como se o aluno achasse que só o conceito, puro e simplesmente, fosse insuficiente para representar o que ele queria dizer. O mesmo vale para as relações estabelecidas entre microscópios especiais e microscópios eletrônicos.

Neste caso, também, há ausência de palavras de ligação e preferência pela utilização de sentenças ao invés de conceitos.

A partir da análise do texto, observou-se que o aluno A2 manteve dois conceitos que já vinham sendo utilizados por ele (visível e invisível e microscópio), e que mais uma vez, os novos conceitos introduzidos relacionaram-se preferencialmente ao microscópio, sua importância, princípio de funcionamento, formação da imagem entre outros. Assim, através dos aspectos que o aluno procurou explicitar no texto pôde-se observar, não só como, o contato com a instituição de nível superior e suas

instalações foi significativo, mas também, como a temática nanomundo e suas peculiaridades podem ser utilizadas para a abordagem indireta de conceitos diversos de física óptica (luz, dispersão, microscópios), num exemplo claro de contextualização.

A Figura 5 representa o mapa conceitual II do aluno A2. Com relação a este mapa observou-se que os subsunçores presentes foram: visível e invisível e microscópio. Observou-se, ainda, a presença de duas bifurcações e nenhuma ligação transversal entre os conceitos. O aluno reduziu a utilização de sentenças extensas, priorizando os conceitos e expressões mais sucintas e passou recorrer à palavras de ligação.

Os novos conceitos introduzidos foram bem semelhantes aos presentes no texto e referiram-se, na sua maioria, ao microscópio. Entretanto, o que ficou bastante evidente neste mapa II foi uma evolução no caráter e na clareza das relações, estabelecidas pelo aluno, entre estes conceitos. Enquanto no primeiro mapa, alguns dos elementos presentes simplesmente explicitavam idéias, implícitas num conceito de nível hierárquico superior, neste mapa, os elementos subordinados representam especificidades do conceito hierarquicamente superior. Quando o aluno se referiu ao microscópio, por exemplo, como instrumento que permite a visualização do nanomundo, em seguida ele explicitou dois tipos de microscópio (varredura e transmissão) que podem ser utilizados para tal, bem como muitas de suas peculiaridades. No mapa I, ao mencionar microscópio, ele dizia, que o instrumento era utilizado para visualizar o nanomundo e em seguida, no que poderia ser um conceito subordinado, ele quase se repetia ao dizer que no microscópio eletrônico o nanomundo poderia ser visto.

Contudo, é importante destacar que, a evolução na clareza das relações não foi observada para o mapa de maneira homogênea, foi observada apenas para os conceitos relacionados ao microscópio, ressaltando a importância da visita a UNICAP e da elaboração do texto. No momento em que o aluno tentou ampliar o número de elementos sobre os benefícios da nanotecnologia no desenvolvimento de fármacos mais efetivos no combate ao câncer, ele acabou por inserir elementos que não são propriamente conceitos (novas idéias), mas que explicitam ou complementam as idéias implícitas num conceito hierarquicamente superior. Assim, a ramificação esquerda do mapa possui vários elementos, que não constituem

relações realmente válidas entre conceitos, mas um conjunto de elementos através dos quais o aluno evidencia ainda estar organizando as informações adquiridas.

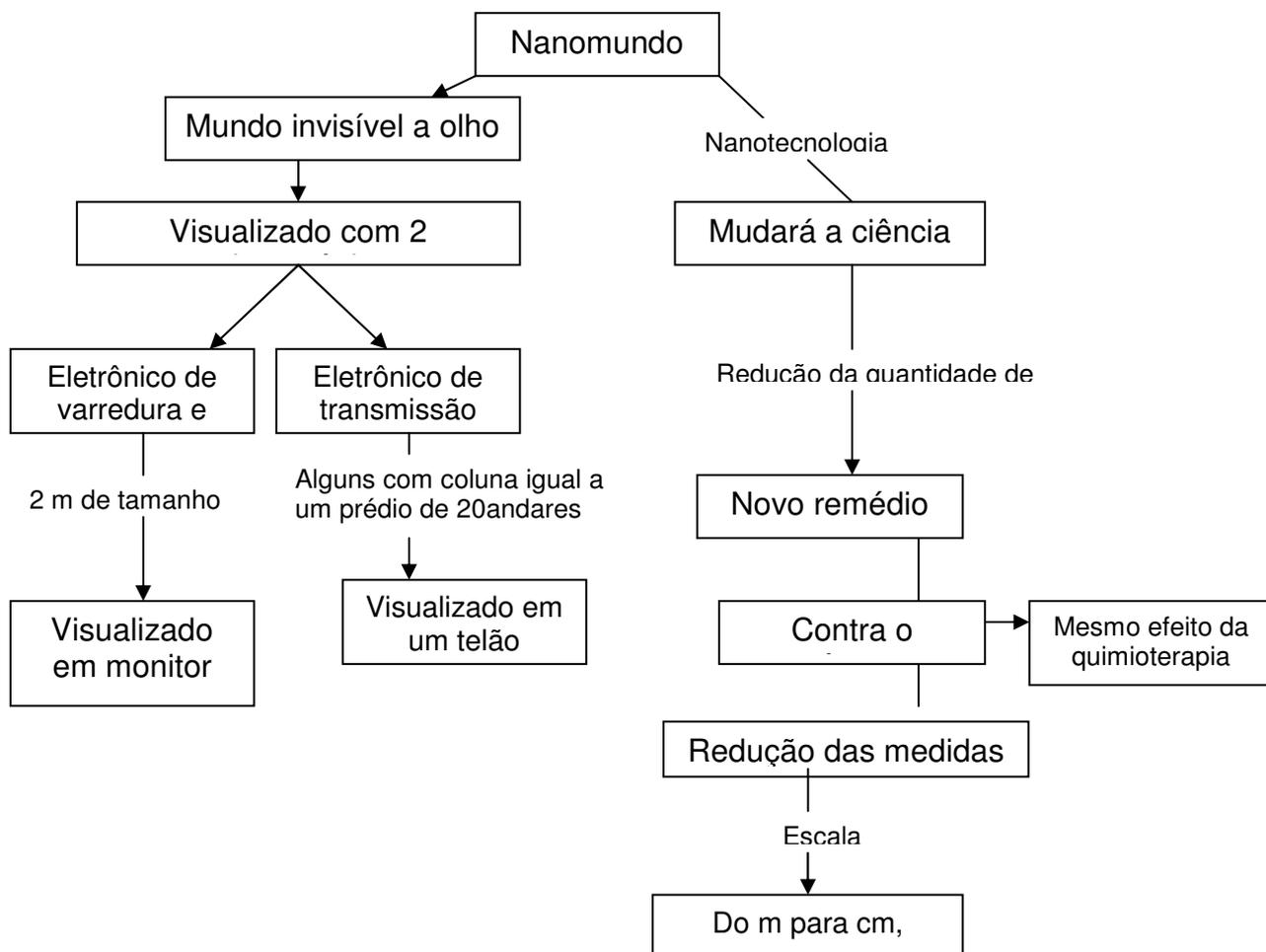


Figura 5 - Mapa conceitual (II) construído pelo aluno A2 no quarto encontro.

Por fim, com relação à entrevista realizada com o aluno A2, houve algumas certificações sobre as relações estabelecidas nos mapas. A opinião do aluno sobre a metodologia utilizada ressaltou a validade dos mapas conceituais, enquanto instrumento, para organizar as idéias, bem como a dificuldade em utilizá-lo. O aluno também comentou a respeito da visita a UNICAP como sendo de grande importância e interesse. Com relação à temática abordada o aluno comentou que já sabia da existência de coisas muito pequenas como as bactérias, mas desconhecia que através da nanotecnologia estivessem sendo desenvolvidos medicamentos, para o tratamento do câncer, tão elaborados como os microcomputadores.

CONCLUSÕES

Após a aplicação da intervenção e discussão dos dados coletados para os alunos A1 e A2, foi possível tecer as seguintes considerações sobre esta pesquisa, cujo objetivo foi investigar o processo de construção da concepção de nanomundo por alunos de 8º série do ensino fundamental.

Uma vez que a intervenção metodológica foi fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel procurou-se inicialmente identificar alguns conceitos (subsunçores) que estivessem fortemente relacionados às idéias prévias dos alunos sobre o nanomundo, mesmo quando eles diziam não ter idéia alguma sobre o tema em questão. Assim, os subsunçores elegidos nesta checagem inicial foram visível e invisível, células, bactérias, microscópio. É interessante observar que os alunos têm noção de que o nanomundo é algo que não se pode ver sem o auxílio de microscópio e o relacionam prioritariamente com células e organismos vivos.

Após a checagem inicial trabalharam-se alguns organizadores prévios (textos, vídeos, dinâmicas) com o intuito de evidenciar os subsunçores na estrutura dos alunos, uma vez que estes podem auxiliar o processo de aprendizagem ao funcionar como pontes cognitivas entre o conhecimento que o aluno já tem e o novo conhecimento. Ao final desta etapa solicitou-se a elaboração do primeiro mapa conceitual, que foi considerado como ponto de partida para a análise do processo de construção do sobre a concepção de nanomundo.

Nestes mapas os alunos sempre explicitaram alguns dos subsunçores identificados, mas usualmente agregaram a eles outros elementos. Os novos pontos que foram introduzidos nos mapas nem sempre podem ser considerados como conceitos, visto que muitas vezes constituem explicações ou exemplos para conceitos que estão em níveis hierárquico superiores. Com relação à estruturação dos mapas observou-se que há uma certa hierarquia e que todos os alunos analisados partiram do conceito de nanomundo para a construção de seus mapas. A presença de setas direcionais é variável, bem como a presença de ligações do tipo bifurcação. Não se observou a presença de palavras de ligação ou ligações transversais entre os conceitos.

É importante perceber que embora as representações dos alunos através destes mapas conceituais sejam ainda muito insipientes, já demonstram que eles têm uma maior afinidade com questões relativas ao microscópio, enquanto instrumento de análise, e com as questões relacionadas às aplicações da nanotecnologia.

Os textos produzidos pelos alunos, após a visita a UNICAP, refletiram a importância da visita e evidenciaram sem exceção muitos dos detalhes discutidos durante o encontro. Neste caso, observou-se uma ampliação significativa na estrutura dos alunos com relação ao microscópio eletrônico e suas peculiaridades. Os alunos estabeleceram relações entre os tipos de microscópio, princípio de funcionamento, preparação de amostras, obtenção de imagens, entre outros. Foi também neste encontro, mais especificamente durante a palestra da Professora Aline Elesbão do Nascimento, que se observou o surgimento de questionamentos sobre a luz, os elétrons e sua natureza, questões que ressaltam como a introdução de temáticas contemporâneas, como a nanociência, pode ser utilizada para contextualizar conteúdos específicos do ensino básico nas mais diversas áreas.

Dando seqüência as considerações sobre o processo de construção da concepção de nanomundo pelos alunos, observou-se que os mapas elaborados após a visita e o terceiro encontro foram extremamente significativos. Houve uma sofisticação notável nas estruturas dos alunos que não apenas introduziram novos conceitos, mas estabeleceram relações válidas e mais complexas entre eles. Neste caso ainda observou-se a presença de subsunçores o que destaca sua importância ao longo do processo de construção. Os alunos mantiveram como ponto de partida o conceito de nanomundo, contudo, recorreram tanto à utilização das setas direcionais como de palavras de ligação. Também reduziram a utilização de sentenças passando a explicitar suas idéias através de expressões mais simples e em muitos casos utilizando apenas uma palavra (conceito).

Assim, pôde-se concluir que embora a temática em questão não faça parte da vida cotidiana dos alunos do ensino fundamental e que sua abordagem exija muitos requisitos que a maioria dos alunos ainda não têm é possível trabalhá-la com sucesso desde que exista uma metodologia bem fundamenta e estruturada para tal.

Ainda com relação ao processo de construção dos alunos é importante destacar a utilização do protocolo que foi delineado com o intuito de facilitar a análise do processo de construção dos alunos individualmente e a cada etapa, uma vez que determina que instrumento foi utilizado em cada encontro, com que objetivo e que pontos seriam relevante para serem analisados nos dados coletados.

A opinião dos alunos sobre a metodologia aplicada foi unânime em pontuar a visita a UNICAP como extremamente interessante. Também se observou que, embora os alunos tenham tido dificuldades para elaborar os mapas, eles aprovaram o instrumento visto que, segundo eles, os mapas além de auxiliarem no processo de “arrumar” as idéias consideram os conhecimentos que o aluno já possui. Sobre a temática nanociência os alunos comentaram já ter terem uma idéia sobre essas coisas muito pequenas, mas que desconheciam a maioria das questões pontuadas nos encontros. Também mencionaram que a aprendizagem que assuntos como este pode vir a ser de grande importância para eles caso, no futuro, eles desejem ingressar no ramo das ciências.

Por fim menciona-se a iniciativa da UFPE que inseriu na grade curricular dos seus cursos de licenciatura uma disciplina sobre nanotecnologia com o intuito de repassar esta técnica para os professores e assim, difundir o tema para o ensino básico e sugere-se que iniciativas semelhantes sejam adotadas por outros centros de formação superior. A introdução da temática na formação inicial e continuada dos professores é, sem dúvida, um primeiro passo para preparar um banco de recursos humanos para atuar no setor daqui a 30 anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORETTI, M. S. M. protótipo e estereótipos: aprendizagem de conceitos – Mapas Conceituais: experiência em Educação a Distância. **Informática na Educação – Teoria e Prática** - PGIE-UFRGS:– v. 4, n. 2, Porto Alegre, Dezembro de 2001. Disponível em: [www. Pgie.ufrgs.br/~suzana](http://www.Pgie.ufrgs.br/~suzana). Acessado em: 05/09/2004.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J.D. e HANESIA, H. **Psicologia educacional**. Trad. Eva Nick et al. Rio, Interamericana, 1980. 625 p.

BASTOS, H. F. B. N. Disciplinaridade: multi, inter e trans. **Revista Construir Notícias**. Nº 14, ano 3, pp. 40-41, 2004.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Ciências Naturais/ Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/ SEF, 1998. 138p.

COSTA, V. R. Rumo ao Nanomundo. **Ciência Hoje**, v. 33, n. 193, p. 06-11, SBPC. maio/2003.

DELIZOICOV, D., ANGOTTI, J. A., PERNAMBUCO, M. M. **Ensino das Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Editora Cortez, 2002, p.340-344.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999. 195p.

_____. **Aprendizagem significativa: um conceito subjacente**. In: **Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**, Burgos, Espanha, Actas.Burgos: Servicis de Publicacines de Ila Universidade de Burgos, p. 17-43, 15-19/ set/ 1997.

MARTINEZ-MUT, B.; Garfella. A Construção humana através da aprendizagem significativa: David Ausubel. In: MINGUET, P. A. **Construção do Conhecimento na Educação**. Porto Alegre: Artmed, p. 127-173, 1998.

RATNER, M. and RATNER, D. **Nanotechnology, a gentle introduction to the next big idea**. New Jersey: Ed. Prentice Hall, 2002, 188p.

SANSÃO, M. O., CASTRO, M. L., PEREIRA, M. P. Mapa de Conceitos e Aprendizagem dos Alunos. **Instituto de Inovação Educacional** – v.15, n. 123. (02/12/2002) disponível em: <http://www.iie.min-edu.pt>. Acesso em: 22/agosto/2004

TOMA, H. E. **O mundo nanométrico: a dimensão do novo século**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004, 102 p.

UNIVERSIDADE DE QUEENSLAND. **School kids put fire ants under the microscope**. Disponível em: <<http://www.uq.edu.au/nanoworld>>. Acesso em 12/dez/2003.

APÊNDICE - B



Colégio Souza Leão

Aluno (a): _____

Turma: _____

1. Você já ouviu falar em nanomundo?

() Não

() Sim,

2. através de que você teve informações sobre o nanomundo?

3. O que você entende por nanomundo?

4. Cite exemplos de coisas que podemos observar ao microscópio:

APÊNDICE - C

CIÊNCIA & EDUCAÇÃO

Normas para Publicação / Rule for Publication

Artigos a serem submetidos à publicação devem ser encaminhados à Seção de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências, aos cuidados do editor, via e-mail. Devem ser resultado de pesquisas originais ou trabalhos de revisão bibliográfica desenvolvidos pelo(s) autor(es) em Ensino de Ciências ou áreas afins. O artigo deve ser entregue acompanhado de uma prova impressa e um disquete (preferencialmente em Word 6.0 e obrigatoriamente salvo em extensão.DOC e .RTF). Pede-se que seja formatado com fonte Times New Roman, tamanho 12, espaçamento 1,5, com extensão média de 12 páginas (incluindo as referências bibliográficas), sem qualquer preocupação com projeto gráfico ou paginação, e as páginas devidamente numeradas. A identificação do(s) autor(es) deve ser feita no início do artigo, incluindo os seus créditos acadêmicos (observar o formato na revista). Gráficos, tabelas, mapas, ilustrações etc. devem ser entregues em arquivos separados, com claras indicações dos locais onde devem ser inseridos. Marcas, logotipos, fotos, desenhos e similares terão que ser fornecidos pelo(s) autor(es) com qualidade para reprodução gráfica (arquivos eletrônicos devem ter no mínimo 240 DPI). A responsabilidade por erros gramaticais é exclusivamente do(s) autor(es), sendo critério determinante para a publicação do material. A bibliografia deve se restringir às obras citadas no corpo do artigo e deverá seguir rigorosamente as normas da ABNT (NBR 6023 – Agosto 2000). O artigo deve ser acompanhado de resumo e abstract (e respectivos unitermos e keywords).

