

FACULDADE DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

**NANOTECNOLOGIA E CITOLOGIA: PERSPECTIVAS PARA O ENSINO
DE BIOLOGIA NO SÉCULO XXI**

CARMEM REGINA DA SILVA PEREIRA

PORTO ALEGRE
2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

CARMEM REGINA DA SILVA PEREIRA

**NANOTECNOLOGIA E CITOLOGIA: PERSPECTIVAS PARA O ENSINO DE
BIOLOGIA NO SÉCULO XXI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação em Ciências e Matemática.

Orientador: Profa. Dra. Regina Maria Rabello Borges

Co-orientador: Profa. Dra. Nara Regina de Souza Basso

PORTO ALEGRE
2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P436n Pereira, Carmem Regina da Silva
Nanotecnologia e Citologia: perspectivas para o ensino de
Biologia no século XXI. / Carmem Regina da Silva Pereira. –
Porto Alegre, 2009.
118 f.

Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e
Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Educação
em Ciências e Matemática, Faculdade de Física, PUCRS.
Orientadora: Prof^a Dr^a Regina Maria Rabello Borges

1. Professores – Formação Profissional. 2. Biologia –
Ensino. 3. Educação – Século XXI. 4. Nanotecnologia. 5.
Citologia. I. Título.

CDD 370.71

Bibliotecária Responsável

Anamaria Ferreira
CRB 10/1494

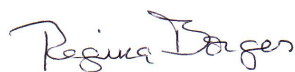
CARMEM REGINA DA SILVA PEREIRA

**NANOTECNOLOGIA E CITOLOGIA: PERSPECTIVAS PARA O ENSINO
DE BIOLOGIA NO SÉCULO XXI**

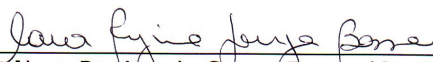
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Educação em Ciências e Matemática.

Aprovada em 25 de março de 2009, pela Banca Examinadora.


BANCA EXAMINADORA:



Dra. Regina Maria Rabello Borges (Orientadora - PUCRS)



Dra. Nara Regina de Souza Basso (Co-Orientadora - PUCRS)



Dra. Solange Binotto Fagan (UNIFRA)



Dr. Maurivan Güntzel Ramos (PUCRS)

Aos meus primeiros mestres, meus pais Élbio e Maria Helena, que em sua incansável luta me proporcionaram uma educação exemplar e um amor incondicional...

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao meu noivo Lorenzo pela dedicação e compreensão reservadas a mim. Por todo amor, amizade e comprometimento todos os dias. Perdoa-me pelos momentos difíceis passados, pela impaciência e intolerância. Obrigada pelo teu incentivo e ensinamentos... TE AMO MUITO!

Aos meus queridos irmãos Regis e Márcia que estão sempre ao meu lado em todas as horas tão dedicados e cuidadosos comigo, me incentivando e auxiliando a superar os obstáculos da vida. Não tenho palavras para expressar o tamanho do meu amor...eu simplesmente... Amo vocês incondicionalmente!

Aos meus sogros Sérgio e Elaine, e sua família, pelo incentivo, força e apoio em muitos momentos durante o mestrado. Pelo carinho, pela alegria de compartilhar momentos felizes em sua casa, pela cumplicidade e amizade. Muito Obrigada!

A minha querida orientadora Professora Dra. Regina Maria Rabello Borges, que em sua simplicidade mostrou-me o quanto devemos acreditar em nossos potenciais. Nas suas palavras o conforto de que tudo daria certo. Eu simplesmente agradeço a Deus por tê-la colocado em meu caminho, sinto-me honrada por contar com sua orientação. Este sonho concretizado é nosso, fica meu muito obrigada por todos os ensinamentos e momentos compartilhados nesses dois anos de luta e força ao seu lado. Sua dedicação e confiança jamais serão esquecidas.

A minha querida amiga e colega Letícia Dellazari, que esteve presente em todos os momentos nestes dois anos. Amiga, tu sabes que em cada olhar deste trabalho tem um pouco de ti. No olhar crítico encontramos juntas a melhor saída, nos obstáculos um novo caminho, e nas palavras de amizade a certeza de poder contar com pessoas especiais. Muito obrigada por tudo! Ficarás para sempre em meu coração...

Aos queridos alunos que participaram da pesquisa, Anelise, Andresa, Chalissa, Cristina, Cristiane, Diana, Fernanda, Gustavo, Heidi, Juliana, Liana, Luiza, Karen F., Karen L., Katiucia, Renata, Reinaldo, Rosana e Thaína, pelo enorme carinho, comprometimento e apoio em todos os encontros. Muito Obrigada!

AGRADECIMENTOS

Aos meus amigos

Àquelas pessoas que fazem meu coração sorrir...

À galera que sempre esteve junto até mesmo quando eu não estava disposta...

Às pessoas que quando olho para trás, sinto muitas saudades...

Às pessoas que me aconselharam quando me senti sozinha, e me ajudaram...

Às pessoas que me deram uma força quando eu não estava muito animada...

Às pessoas que abracei...

Guardo todas em uma caixinha dentro do meu coração...

Autor Desconhecido

Ao meu grande amigo, irmão de coração Adriano, por sua ilimitada amizade, por suas palavras de carinho e incentivo sempre que precisei. Amo-te meu Amigo Querido!

Aos meus cunhados Luciane, Rodrigo e Vicenzo sempre torcendo por mim...Muito Obrigada.. Adoro vocês!

Ao meu avô Mário, meu amigo incondicional, hoje ao lado de todos os anjos do céu... Em sua presença espiritual, sinto-o sempre forte em meu coração, e em meus pensamentos todos os dias. AMO-TE PARA SEMPRE!

Aos meus tios, primos e amigos de Alegrete, Santana do Livramento e Florianópolis. Nos reencontros sempre encontrei uma palavra de força e apoio. Muito Obrigada. Amo vocês!

A minha querida co-orientadora, professora Dra. Nara Regina de Souza Basso, pelo apoio e incentivo ao trabalho. Muito Obrigada!

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, pela oportunidade concedida a mim em realizar o Mestrado e contar nestes dois anos com seus ensinamentos. Muito Obrigada!

À professora Dra. Eva Chagas, pelo apoio e por consentir o desenvolvimento do trabalho com a turma de alunos.

Aos meus grandes amigos, Tanier, Melissa (Mel), Daniela (Dani) e Leandro (Zóio), companheiros para a vida toda. Muita Obrigada por Tudo! Amo muito vocês...

A minha grande amiga e colega Cristiane Stemberg (Cris) com quem compartilhei momentos difíceis, mas também de grandes alegrias durante o mestrado. Você hoje faz parte da minha família, muito obrigada por tudo. Te Adoro Sempre.

Às minhas queridas amigas, as chininhas Charlene (Chá), Clara (Claritz), Vanessa (Vá), Patrícia (Paty), Bianca (Bibão), Letícia (Létri), Andreza (Deza) e Luciana (Lú). Amo Vocês!

A minha querida amiga Gisele (Giselita), que sempre torce por mim, pela amizade e força, minha irmãzinha de coração. Te Amo Muito!

As amigas queridas Cristiane Grings e Márcia Donadel pela força constante durante o mestrado. Muito Obrigada! Adoro vocês...

Aos colegas e amigos do mestrado, especialmente a minha querida Juliana Santos (Jú Metal), grande companheira acadêmica e uma pessoa maravilhosa. Te Adoro Amiga!

A Fátima Cócáro e Cristiane Magnus Pacheco, secretárias do mestrado, e demais funcionários da Faculdade de Física, pelo comprometimento e serviços exemplares prestados sempre que solicitei. Muito Obrigada!

A Clarice de Oliveira Melo, funcionária do Laboratório de Informática da Faculdade de Educação, pelo apoio e auxílio prestados a mim para que tudo corresse bem com o trabalho. Muito Obrigada!

À funcionária do bar do 40, Cinaranei Silva, pelas belas conversas, recheadas de muito bom humor e alegria, sempre bem-vindas.

À CAPES, pelo incentivo financeiro no primeiro ano de mestrado. Muito Obrigada!

“Fale, e eu esquecerei; Ensine-me, e eu poderei lembrar; Envolve-me, e eu aprenderei.”

Benjamin Franklin

“Na minha curiosidade, eu me movi nesse âmbito plenamente. [...] No fundo, o que eu quero fazer é convidá-los a mudar seu modo de ver, seu olhar”.

Humberto Maturana

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo voltado à educação em Ciências no século XXI, com ênfase em atividades que envolvam ensino e aprendizagem de Biologia em contextos relacionados à vivência dos alunos, de modo integrado a assuntos atuais, levando o saber para além da sala de aula e buscando seu reflexo no dia-a-dia. O conteúdo focalizado é a nanotecnologia, tema cada vez mais freqüente nos meios de comunicação, integrado à citologia, em aulas de Biologia no ensino médio. Neste contexto, analisam-se possíveis contribuições de uma Unidade de Aprendizagem, *Nanotecnologia e Citologia*, à formação inicial de professores de Biologia. A pesquisa foi desenvolvida por meio de um estudo de caso, com abordagem essencialmente qualitativa e descritiva, tendo como sujeitos os alunos de uma turma de um curso de graduação em Ciências Biológicas (Licenciatura). Os instrumentos para obter informações constaram de uma questão inicial para verificar as concepções prévias dos alunos; um diário de campo com registro dos encontros; um questionário final, com depoimentos auto-avaliativos sobre o trabalho vivenciado. Todas as informações obtidas foram analisadas segundo a metodologia de *Análise Textual Discursiva*, resultando em três grandes categorias, estabelecidas previamente a partir das questões de pesquisa: *Nanotecnologia e Citologia*: reconhecendo as idéias prévias dos licenciandos; *As aprendizagens dos licenciandos*: processo de transformação; *Contribuições na formação inicial de professores de Biologia*: um novo olhar ao século XXI, uma unidade de aprendizagem para a vida. Foi constatado que, conforme os depoimentos, os alunos apresentavam poucos conhecimentos prévios sobre o tema. Consideraram significativo vivenciar a proposta devido à inovação, tanto pela metodologia como em termos de conteúdo. As conclusões atestam a importância de estudar temas atuais de modo contextualizado e interdisciplinar, com metodologias diversificadas, e a necessidade de atualização constante dos professores, tanto em sua educação continuada como na formação inicial.

Palavras-chave: Nanotecnologia. Citologia. Unidades de Aprendizagem. Educação para o século XXI. Abordagem CTS. Formação inicial de Professores de Biologia.

ABSTRACT

This study presents a scientific education in the 21st century study with emphasis at the activities that involve teaching and learning of Biology in contexts related to the student's experiences, with an integrated to actual issues witch tokes the knowledge beyond the classroom and seeks its consequences in the daily living. The focally content is the nanotechnology, a subject that is becoming more frequent at the medias, integrated to cytology at Biology High School classes. In this context, an analysis of the possible contributions of a Learning Unity, Nanotechnology and cytology to the initial formation of Biology teachers is done. The research was developed throw a case study, with a strictly qualitative and descriptive approach. Students of a Biology Science undergraduation course were the subjects of the study. The instruments to collect information were consisted of an initial questionnaire to verify the previous conceptions of the students, a daily writing with the register of the meetings, a final questionnaire with a self-evaluation deposition of the work experienced. All the information obtained were analyzed accordingly to the methodology of Textual Analysis Discursive, witch results in three categories, previously established at the following research questions: Nanotechnology and Cytology: knowing the previous ideas of the students; The student's learning: the transformation process; Contributions at the initial formation of Biology teachers: a new look at the 21st century, a Unity of Learning to the life. It was evidenced that, accordingly to the depositions, the students had presented few previous knowledge of the subject. They considered the living of the proposal significant due to innovation, as because of its methodology as in terms of its content. The conclusions attest the importance of studying current issues in a contextualized and interdisciplinary manner, with diversified methodologies and with the need of constant actualization of the teachers, as at theirs continued education as at the initial formation.

Keywords: Nanotechnology. Cytology. Unity of Learning. Education for the 21st century. CTS approach. Initial formation of Biology teachers.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Sinopse das atividades desempenhadas em cada encontro..... | 40 |
| Figura 1 – Temas selecionados pelos licenciandos..... | 42 |
| Figura 2 – Temas selecionados e agrupados pelos licenciandos..... | 42 |
| para posterior pesquisa em grupo. | |
| Quadro 2 – Organização dos grupos com os respectivos temas a serem investigados..... | 44 |
| Figura 3 – Acompanhamento das atividades..... | 45 |
| Quadro 3 – Distribuição dos grupos e respectivos temas reorganizados..... | 46 |
| Quadro 4 – Resumo do trabalho elaborado pelos licenciandos..... | 49 |
| do grupo A com os principais tópicos apontados durante os seminários. | |
| Quadro 5 – Resumo dos trabalhos elaborados pelos licenciandos..... | 50 |
| dos demais grupos com os principais tópicos apontados durante os seminários. | |
| Quadro 6 – Conhecimentos prévios dos licenciandos..... | 54 |
| Quadro 7 – Sugestões dos licenciandos, após suas investigações..... | 68 |
| sobre como ensinar nanotecnologia no ensino de Biologia quando inserido ao conteúdo de citologia. | |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

UA – Unidades de Aprendizagem

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

CEP – Comitê de Ética em Pesquisa

SUMÁRIO

| | |
|---|------------|
| 1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO | 16 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 20 |
| 2.1 Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na disciplina de Biologia..... | 20 |
| 2.2 O Ensino de Biologia: perspectivas para a educação no século XXI..... | 25 |
| 2.3 Pesquisa em sala de aula: um caminho de esperança na formação inicial de professores | 28 |
| 2.4 Unidades de Aprendizagem..... | 31 |
| 3 METODOLOGIA DE PESQUISA | 34 |
| 3.1 Sujeitos da Pesquisa..... | 34 |
| 3.2 Procedimentos e Instrumentos de Coleta de Dados..... | 35 |
| 3.2.1 Instrumento I - Identificação das idéias prévias | 35 |
| 3.2.2 Instrumento II – Questionário Final | 36 |
| 3.2.3 Registro dos Encontros: Diário de Bordo..... | 37 |
| 3.3 Metodologia de Análise..... | 37 |
| 4 UNIDADE DE APRENDIZAGEM: Nanotecnologia e Citologia..... | 39 |
| 4.1 Relato dos Encontros | 41 |
| 5 ANÁLISE, RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 52 |
| 5.1 Nanotecnologia e Citologia: reconhecendo as idéias prévias dos licenciandos | 52 |
| 5.2 As Aprendizagens dos Licenciandos: processo de transformação | 62 |
| 5.3 Contribuições na Formação Inicial de Professores de Biologia: um novo olhar ao século XXI; uma unidade de aprendizagem para a vida..... | 74 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 85 |
| REFERÊNCIAS | 90 |
| APÊNDICE A – Instrumento Final de Pesquisa | 97 |
| APÊNDICE B – Vídeo de divulgação científica..... | 99 |
| APÊNDICE C – Sites consultados pelo Grupo | 101 |
| APÊNDICE D – Relação dos materiais utilizados em aula | 103 |

| | |
|--|------------|
| ANEXO A – Seminário Grupo A | 106 |
| ANEXO B – Seminário Grupo B | 110 |
| ANEXO C – Seminário Grupo C | 113 |
| ANEXO D – Seminário Grupo D | 118 |

1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO

Atualmente, buscam-se contextos diferenciados na educação, que aproximam informações adquiridas sob horizontes distintos, os quais de um lado confrontam-se na educação formal, e de outro, na educação informal. Trata-se, pois, do incentivo à participação do indivíduo em sociedade, em meio à inovação de metodologias de ensino e atualizações curriculares para o século XXI.

Em referência às ciências e tecnologias do mundo contemporâneo que são revelados em quadros sociais, destaca-se a abordagem educacional em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), descrita por Bazzo, Linsingen e Pereira (2003). Esses autores salientam, como principal objetivo ao estudo CTS, a compreensão de agentes sociais que atuam na transformação científico-tecnológica e, igualmente, nas lógicas sociais e ambientais. Segundo eles, esse campo educacional é adequado tanto ao ensino secundário como ao universitário. Desperta nos estudantes o interesse pela investigação em ciências e tecnologias com perspectivas à conquista de avaliar, refletir, definir valores e, conseqüentemente, compor decisões nos mais variados setores da sociedade (CUTCLIFFE¹, 1990, citado por BAZZO; LINSINGEN e PEREIRA, 2003).

É oportuno inserir no ensino médio o acesso a informações antes restritas apenas a uma camada da sociedade. Neste contexto, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006) – destacam ações para a transformação de situações em nível mundial, nas quais fatos e eventos que circundam a comunidade em que alunos estão inseridos estejam positivamente compreendidas. Pode-se esperar, portanto, que professores abandonem os procedimentos mais tradicionais de ensino reduzidos à transmissão do conteúdo. Segundo as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006), é atribuição do professor propiciar circunstâncias ao aluno para que a partir de uma informação tenha condições de julgá-la, interpretá-la e codificá-la.

Para o desenvolvimento do ensino de Biologia são personificadas propostas metodológicas que permitam ao professor intermediar ou ao menos aproximar conteúdos a

¹ CUTCLIFFE, S.: CTS: um campo interdisciplinar. In: Medina, M. e SANMARTÍN, J. (1990): Ciencia, tecnologia y sociedade, Estudios interdisciplinarios em La universidad, em La educación y em la gestión pública. Barcelona, Anthropos pp. 20-41.

temas globais, e neste direcionamento, podemos nos deparar com as unidades de aprendizagem.

As unidades de aprendizagem são qualificadas na organização eficaz dos currículos em meio a atividades que permitam auxiliar o aluno nos processos de aprendizagem (MORAES e GOMES, 2007). Sua estrutura possibilita integrar teoria e prática a partir de temas integradores aos conteúdos curriculares. Por meio dela, consideram-se as idéias prévias dos alunos na probabilidade de reconstruir as suas concepções sobre os assuntos abordados, o que permite um trabalho interdisciplinar, unindo diferentes áreas da ciência a partir de um único assunto, como exemplo, a nanotecnologia.

É cada vez mais freqüente no discurso dos meios de comunicação referenciar a nanotecnologia nos mais variados setores da sociedade. Sendo considerada uma área multidisciplinar por envolver um grupo diversificado de profissionais, como biólogos, físicos, engenheiros, químicos e tantos outros, e tendo importância nos mais diversos setores da sociedade, a sua expansão à área educacional se torna viável. Neste setor, encontram-se indivíduos que formarão opiniões a respeito desta ciência como cidadãos atuantes na sociedade. Inserida no contexto do currículo vigente na disciplina de Biologia, por exemplo, pode contribuir na compreensão dos fenômenos considerados mais complexos à aprendizagem do aluno, como é considerada a citologia.

Quando inserida ao conteúdo de citologia, a nanotecnologia pode desmistificar a idéia do aluno que considera a citologia um tema extenso e chato, que direciona, conseqüentemente, a alunos desmotivados e engajados a grandes memorizações do conteúdo. Segundo El Hani (2007), a célula deve ser compreendida, sobretudo em seus princípios organizacionais, sem ênfase na memorização das estruturas que a constituem. Rocha Filho, Basso e Borges (2007) destacam isso de maneira a relacionar o conteúdo a outros enfoques, sejam interdisciplinares ou transdisciplinares.

Com base em argumentos aqui referenciados sobre a relevância de concentrar ações educativas inovadoras como uma perspectiva à educação para o século XXI, esta pesquisa propôs-se a avaliar, sob a ótica de professores em formação, a inserção de contextos atuais no currículo do ensino de Biologia em nível médio especificamente no conteúdo de citologia.

Neste contexto, considerando o aperfeiçoamento do ensino do professor para atingir uma educação nos parâmetros mencionados, foram estabelecidas conexões entre a nanotecnologia e a citologia a fim de facultar a licenciandos em Ciências Biológicas uma

visão mais ampla de como inserir e integrar de forma mais simples temas inovadores aos conteúdos da disciplina de Biologia, introduzindo-se na sala de aula a organização, o questionamento e a discussão das novas idéias e fatos que circulam fora do ambiente escolar.

Sendo assim, torna-se importante que licenciandos vivenciem esses caminhos em meio a uma unidade de aprendizagem, atuando no primeiro momento como os sujeitos nessa atividade para que tenham condições futuras, já em sala de aula, de construir e reconstruir suas próprias concepções pelo uso dessa metodologia, visando a proporcionar aos alunos na escola a reconstrução dos seus próprios conhecimentos e valores. Os conteúdos escolhidos têm por base uma experiência anterior em estágios de Biologia Molecular e Celular, e a nanotecnologia devido a um trabalho efetuado na disciplina Ciência e Realidade, cursada durante o Mestrado em Educação em Ciências e Matemática onde se oportunizou o estudo desta encantadora ciência.

Considerando esses fatores, o **problema** que constituiu o eixo central da investigação foi: *Como licenciandos em Ciências Biológicas avaliam a possibilidade de integrar nanotecnologia e citologia em aulas de Biologia, a partir da vivência de uma unidade de aprendizagem?* Seguem as **questões de pesquisa** dele decorrentes:

Quais os conhecimentos prévios dos alunos sobre a relação entre nanotecnologia e citologia?

Quais os resultados da implementação de uma proposta integrando nanotecnologia e citologia em aulas de Biologia do ensino médio, ao longo do processo e ao seu final?

Como os resultados obtidos nessa unidade de aprendizagem podem contribuir para a formação inicial de futuros professores de Biologia?

O presente trabalho teve como eixo central a citologia, geralmente estudada no primeiro ano do ensino médio, alvo de muitas reclamações por parte dos alunos, por ser um conteúdo extenso e exigir estudos intensos; e a nanotecnologia, por ser um tema atual, assunto cada vez mais freqüente nos meios de comunicação.

O **objetivo geral** da pesquisa foi identificar contribuições da nanotecnologia ao estudo de citologia, sob a ótica de uma turma de licenciandos em Ciências Biológicas, no contexto de uma unidade de aprendizagem. Este objetivo desdobrou-se nos seguintes **objetivos específicos**:

- Identificar conhecimentos prévios dos licenciandos do curso de Ciências Biológicas (sujeitos da pesquisa) sobre citologia e nanotecnologia;
- A partir dos resultados do levantamento inicial das idéias prévias dos licenciandos sobre o tema, implementar, acompanhar e avaliar uma proposta que integre citologia e nanotecnologia em aulas de Biologia do ensino médio, por meio de uma unidade de aprendizagem.
- Identificar contribuições dessa unidade de aprendizagem para a formação inicial de futuros professores de Biologia.

Neste sentido, esta pesquisa foi desenvolvida paralelamente a um trabalho com futuros professores, utilizando como metodologia de ensino uma unidade de aprendizagem e tendo-se como tema integrador a nanotecnologia, na expectativa de despertar maior interesse dos alunos quando integrada ao estudo da citologia em aulas de Biologia no ensino médio.

O presente trabalho encontra-se organizado da seguinte forma: este primeiro capítulo apresenta o contexto, a justificativa e a problematização, bem como os objetivos que norteram o estudo. O capítulo dois descreve os aspectos teóricos da pesquisa, contextualizando a abordagem CTS, a educação para o século XXI, a pesquisa em sala de aula e Unidades de Aprendizagem, buscando uma transposição ao ensino de Ciências Biológicas na educação básica. O capítulo três descreve a metodologia de pesquisa, apresentando os sujeitos de pesquisa, os procedimentos e instrumentos para coleta de dados e a metodologia de análise. O capítulo quatro apresenta e debate a metodologia de ensino adotada para esta pesquisa. O capítulo cinco apresenta as análises dos dados narrando os resultados alcançados neste estudo. Por fim, no capítulo seis são apresentadas as considerações finais da pesquisa, com recomendações a pesquisas futuras no âmbito deste trabalho.

No capítulo seguinte, encontram-se os referenciais teóricos mais relevantes ao desenvolvimento da pesquisa no âmbito educacional.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada uma revisão de literatura sobre os temas considerados relevantes para contextualizar o desenvolvimento do trabalho. Foram considerados os seguintes temas: abordagem CTS; educação em Ciências para o século XXI; pesquisa em sala de aula e unidades de aprendizagem.

2.1 Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) na disciplina de Biologia

Aspectos éticos relacionados à ciência e à tecnologia há muito tempo são alvo de preocupações em nossa sociedade. Com o passar dos séculos, a forma como esses temas tem sido discutidos e abordados foi reforçada, por não serem temas atuais somente em debates fechados entre a comunidade científica, mas de toda uma sociedade. Situações relacionadas ao progresso científico e tecnológico, a exemplo dos assuntos que dizem respeito à saúde e ao meio ambiente, geram crescente interesse do público considerado leigo em participar dos discursos ligados ao progresso, que espera dos resultados benefícios a humanidade.

No entanto, para participar e opinar conscientemente não basta receber uma informação, algo deverá ser acrescentado. Um reforço contextualizado na procura de argumentos que possam ser coerentes com o discurso proposto poderá possibilitar a participação mais fundamentada e efetiva do cidadão comum.

A educação pode ser um caminho para isso, como fonte de conhecimento reconstrutivo em nível científico e tecnológico.

Kawasaki (2005) destaca a importância dos educadores neste contexto:

[...] Cabe ao professor a tarefa de clarificar e encorajar os estudantes a estarem atentos à sua particular interpretação das relações entre ciência e ética, explicitando, por exemplo, os fatores subjetivos e pessoais que podem estar na base de suas convicções e escolhas. Em termos amplos, os estudantes devem compreender a relação entre ciência e lei, política, religião e outras esferas da atividade humana e as considerações éticas envolvidas (KAWASAKI, 2005, p.80).

Entretanto, o espaço proporcionado pela educação básica para inserir em seus currículos questões de valores éticos para a ciência e tecnologia, ainda é tímido. Necessita uma introdução mais efetiva na comunidade escolar ao contextualizar temas atuais. No ensino

de Ciências, principalmente na disciplina de Biologia encontram-se caminhos promissores ao refletir sobre inúmeros assuntos presentes na sociedade contemporânea. Seus conteúdos apresentam riquezas de assuntos que proporciona o estudo de questões atuais em sala de aula. Selles e Ferreira (2005, p. 50), referindo-se a disciplina de Biologia, destacam que “nessa disciplina que repousa uma parte significativa das expectativas de que os conhecimentos adquiridos na escola possam tanto estabelecer vínculos mais estreitos com a realidade quanto auxiliar na resolução de inúmeros problemas sociais”.

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006) reforçam que a escola tem que “capacitar o educando para interpretar fatos e fenômenos – naturais ou não – sob a óptica da ciência, mais especificamente da Biologia, para que, simultaneamente, adquira uma visão crítica que lhe permita tomar decisões usando sua instrução nessa área de conhecimento” (BRASIL, 2006, p.20).

Na disciplina de Biologia encontra-se espaço para que a ciência faça parte das atividades cotidianas da escola, contribuindo para o crescimento do estudante como sujeito autônomo, de capacidade crítica e questionadora, direcionada à construção de argumentos com competência e responsabilidade. “[...] Saber argumentar é vital para que nos tornemos sujeitos, inserindo-nos com consciência no discurso em que estamos imersos, com competência para participar e também decidir” (RAMOS, 2004, p. 27).

A aceleração do desenvolvimento da ciência e da tecnologia nos remete a questionar as finalidades de sua aplicação, que envolve questões éticas e políticas. A sociedade tem que se encontrar preparada para enfrentá-las com responsabilidade. Dessa forma, espera-se que a escola não se afaste das abordagens ligadas à ciência, tecnologia e sociedade, devendo, assim, encontrar meios para promover e contextualizar, em suas propostas pedagógicas, tais abordagens.

Segundo Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007),

Torna-se cada vez mais necessário que a população possa além de ter acesso às informações sobre o desenvolvimento científico e tecnológico, ter também condições de avaliar e participar das decisões que venham a atingir o meio onde vive. E necessário que a sociedade, em geral, comece a questionar sobre os impactos da evolução e aplicação da ciência e tecnologia sobre seu entorno [...] (PINHEIRO; SILVEIRA e BAZZO, 2007, p.72).

A exemplo, a nanociência e nanotecnologia, que atualmente abrange diversas áreas de estudo, como a medicina, medicamentos, cosméticos e informática. Na maior parte, a

população geralmente encontra dificuldade ao falar sobre assuntos que, embora presentes nos meios de comunicação, não compreendem, tampouco procura maiores esclarecimento sobre o interesse à sociedade, seu conceito ou mesmo envolvimento ético na vida de todos. “Os meios de comunicação têm tido papel significativo enquanto formadores de opinião, especialmente sobre as interações entre ciência, tecnologia e sociedade” (AULER e BAZZO, 2001, p. 10). Contudo, nem sempre uma informação direciona ao conhecimento efetivo dos fatos relacionados à ciência e à tecnologia.

A nanotecnologia está em constante crescimento, sugerindo, assim, possíveis impactos sociais e econômicos em nossa sociedade. Tais aspectos para serem conhecidos e debatidos irão necessitar de profissionais preparados e qualificados para ensinar nanociência e preparar cidadãos para atuar frente aos debates éticos de interesse para comunidade onde vivem, e isso de forma consciente e adequada a todos os níveis escolares. Assim, valoriza-se o setor educacional como caminho promissor a ser considerado nesse âmbito. Encontrar maneiras simples de introduzir na sala de aula o conhecimento de nanociência e nanotecnologia de maneira interativa, interdisciplinar, transdisciplinar e engajada dos participantes. Mas não é fácil atingir estas perspectivas educacionais. A sala de aula necessita ser repensada no seu contexto secundário e também como continuidade na formação acadêmica de futuros professores em cursos de graduação.

Healy (2009, p.07), ao refletir sobre uma educação nanotecnológica, enfatiza que “em todos os níveis educacionais nós devemos assegurar que estudantes desenvolvam um entendimento das conexões entre ciências e um entendimento de conceitos unificadores em todos os campos”. Segundo a autora, a nanotecnologia não deve ser um assunto a mais a ser ensinado, e sim ser abordada como conexão a outras áreas da ciência. Outros esforços têm-se realizado para promover uma educação “nano”, como o trabalho de Drane et al. (2009) e Tomasik et al. (2009).

Em todo o mundo há pesquisas voltadas à compreensão dos mecanismos pelos quais átomos e moléculas interagem, pois isto determina o comportamento da matéria. Como as estruturas nanométricas são agregados atômicos e moleculares de poucas partículas, suas propriedades físicas e químicas são novas e inesperadas, ocorrendo mudanças de propriedades dos materiais (químicas, ópticas, elétricas, magnéticas, mecânicas e outras).

O Instituto Latino-americano de Estudos Avançados (ILEA, 2009), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), resume uma resposta:

Essencialmente, a nanociência é o estudo de fenômenos e a manipulação de materiais nas escalas atômicas, moleculares e macromoleculares (dimensões da ordem de nanômetros: 10^{-9} m). A nanotecnologia é a aplicação de estruturas e dispositivos nanométricos a partir do controle das propriedades físicas e químicas emergentes dos sistemas nanoscópicos. (ILEA, 2009)

O artigo acima mencionado (ILEA, 2009) aprofunda as razões para isto e esclarece o caráter estratégico da nanotecnologia, que tem levado a grandes investimentos em pesquisas.

É importante conhecer também o histórico, desde os primórdios dessa nova área da ciência até a atualidade (Santos, 2007), possíveis riscos (Schütz & Wiedemann, 2008) e questões éticas (Kawasaki, 2005; Oliveira, 2005), além de acessar notícias atualizadas publicadas em periódicos.

A citologia é estudada geralmente nas primeiras séries do ensino médio. Neste período é importante despertar o interesse dos alunos na sala de aula pelas inúmeras abordagens apresentadas no conteúdo.

No estudo da Citologia, há uma extensa lista de conceitos inter-relacionados: matéria, energia, vida, biomolécula, glúcídios, lipídios, hialoplasma, organelas, imunidade, genética, reprodução, mutações e muitos outros. Bem mais extensa, é claro, é a lista de conceitos ligados à Biologia como um todo. Por isto há necessidade de selecionar temas biológicos integradores, como recomendam as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (Brasil, 2006), destacando, para isto, a evolução.

Refletindo sobre a natureza e o sentido do currículo de Biologia, Palmero & Acosta (2003) analisam a organização do conteúdo de Citologia a partir de diferentes modelos teóricos. Focalizam, em especial, a Biologia Celular, e criticam a ênfase em aspectos bioquímicos (composição química da célula) em detrimento à citologia propriamente dita (estrutura, fisiologia e comportamento das células). Em entrevista realizada no ano de 2001, adaptada a um capítulo de livro, El-Hani (2007) manifesta a mesma impressão: a partir de meados do século XX, sob influência da biologia molecular, as ciências biológicas passaram a privilegiar demais as explicações moleculares. Isto pode ser conferido em Cooper (2001). Mas o essencial seria enfatizar a organização viva, ou seja, os padrões de organização dos seres vivos, segundo El-Hani (2007), pois isto permitiria entender melhor o fenômeno da vida, os processos que a caracterizam e a natureza da biologia como ciência.

É necessário encarar a ciência e a tecnologia e avaliá-las e entendê-las dentro de um tripé que parece fundamental: como instrumentos, como organização e como culturas (BAZZO, 1998). É preciso muito mais atenção, pois devemos encontrar embasamento teórico

para que possamos conhecer seus conceitos, implicações positivas, negativas e suas atribuições sociais, saindo de um senso comum. A nossa capacidade de participar depende de nosso pleno envolvimento, assim o “[...] desenvolvimento de nossa capacidade argumentativa pode contribuir para qualificar nosso papel social” (RAMOS, 2004, p. 27).

Primeiramente, antes de referir-se à ciência e a tecnologia, deve-se estar consciente da importância de conhecer sua história e significados, para transformar as idéias de que ciência não é mérito apenas de pesquisadores e cientistas em seus diferentes laboratórios. É possível reconstruir pensamentos sobre o que é ciência e como envolver-se com ela, a partir de percepções sobre como o conhecimento científico estabeleceu mudanças ao longo da história. Borges (2007), seguindo a linha epistemológica de Bachelard (1996) comenta que “o século XX presenciou profundas mudanças nas ciências. A ruptura com as concepções anteriores quanto à natureza da matéria levou a repensar também a natureza do pensamento científico” (BORGES, 2007, p. 31). Assim a educação insere-se no contexto reconstutivo do saber pensar, interagir e problematizar fatos e fenômenos de conhecimento científico que necessitam, cada vez mais, de envolvimento pleno e satisfatório das pessoas. Segundo Delors (2002),

Um dos principais papéis reservados á educação consiste, antes de mais, em dotar a humanidade da capacidade de dominar o seu próprio desenvolvimento. Ela deve, de fato, fazer com que cada um tome o seu destino nas mãos e contribua para o progresso da sociedade em que vive baseando o desenvolvimento na participação responsável dos indivíduos e das comunidades (Delors, 2002, p. 82).

Em disciplinas como a Biologia, é possível estabelecer estreitas conexões entre alguns conteúdos já existentes em seu programa curricular, ligando-os aos assuntos atuais presentes na realidade dos alunos fora do ambiente escolar, como, por exemplo, a citologia, que aborda a organização do ser vivo, e a nanotecnologia. É importante, para alcançar esses propósitos no âmbito educacional voltado a uma abordagem CTS, que o ensino tenha direcionamentos inovadores na aprendizagem dos alunos, para que não se tornem simples presenças em sala de aula, mas que participem de seu aprendizado efetivamente. No que se refere à disciplina de Biologia, Selles e Ferreira (2005) fazem o seguinte comentário: “[...] é também nessa disciplina que repousa uma parte significativa das expectativas de que os conhecimentos adquiridos na escola possam tanto estabelecer vínculos mais estreitos com a realidade quanto auxiliar na resolução de inúmeros problemas sociais” (SELLES e FERREIRA, 2005, p.50).

A disciplina de Biologia pode proporcionar uma contribuição em nível científico e também tecnológico visando a uma alfabetização científica no século XXI. Partindo dessa

reflexão, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006) a respeito do ensino de Biologia colocam que:

[...] o ensino de Biologia deveria se pautar pela alfabetização científica. Esse conceito implica três dimensões: a aquisição de um vocabulário básico de conceitos científicos, a compreensão da natureza do método científico e a compreensão sobre o impacto da ciência e da tecnologia sobre os indivíduos e a sociedade (BRASIL 2006, p. 18).

Portanto, o ensino de Biologia precisa inserir-se a novas propostas de ensino e aprendizagem para que possa auxiliar com maior eficácia a discussão de assuntos éticos e sociais na Educação Básica, no século XXI, adequando-se às novas propostas sugeridas pelos parâmetros curriculares do país para o início do novo século.

Toda essa transformação no ensino é necessária. Os direcionamentos dos caminhos dos processos de ensino e aprendizagem têm que ser percorridos com a consciência de que a educação é o primeiro item a ser considerado para que haja uma expansão do conhecimento científico, como contribuição a uma sociedade participativa necessária ao progresso da humanidade. Pensar em uma educação para o século XXI que vise essas perspectivas é fundamental.

2.2 O Ensino de Biologia: perspectivas para a educação no século XXI

Após a metade do século XX, a tendência para abordar assuntos de interferência ambiental e molecular foi crescente. Principalmente porque a população passou a perceber que a ciência poderia estar caminhando não só visando aos benefícios da sociedade, mas também ao contrário. Esse crescente pensamento deu-se principalmente após a segunda guerra mundial, a sociedade começou a preocupar-se com as aplicações das tecnologias e sua influência na humanidade.

Segundo Auler e Bazzo (2001),

A partir do século XX, nos países capitalistas centrais, foi crescendo o sentimento de que o desenvolvimento científico, tecnológico e econômico não estava conduzindo, linear e automaticamente, ao desenvolvimento do bem-estar social. [...] a vinculação do desenvolvimento científico e tecnológico à guerra fizeram com que a ciência e a tecnologia se tornassem alvo de um olhar mais crítico (AULER e BAZZO, 2001, p. 01).

E o ensino de Biologia apresenta uma imensa responsabilidade quando trata de questões científicas e tecnológicas, por ser um campo amplo de interações entre os conteúdos

e os assuntos de importância histórica que se encontram presentes nos discursos da sociedade moderna. Sendo assim, novos direcionamentos metodológicos devem compor o contexto do ensino em Biologia nas salas de aula para que os conteúdos sejam estruturados e incorporados a assuntos no âmbito social, visando a uma inovação e transformação de sua estrutura pedagógica e curricular.

Para Selles e Ferreira (2005, p. 50), “[...] pensar os rumos do ensino da Biologia no Ensino Médio implica, necessariamente, considerar as relações que a disciplina escolar vem estabelecendo, por um lado, com suas ciências de referência e, por outro lado, com os inúmeros aspectos sociais que marcam a sua história”. Assim sendo, o ensino de ciências biológicas não deveria encontrar espaços para aulas transmitidas, copiadas, sem interatividade ou de qualquer envolvimento dos estudantes na aprendizagem.

Busca-se uma inovação nas concepções e abordagens dos conteúdos de Biologia que recebe críticas ao se tratar de sua metodologia e organização curricular no âmbito de sua história (SELLES e FERREIRA, 2005). E as inúmeras abordagens proporcionadas nessa disciplina permitem aos estudantes o envolvimento da realidade entre os conteúdos estudados. Atualmente, ela contribui ao abordar, por exemplo, questões de nível genético ao falar de DNA e clonagem, que apresenta preocupações éticas, sociais e políticas. De acordo com as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006), “[...] o ensino de Biologia deve enfrentar alguns desafios: um deles seria possibilitar ao aluno a participação nos debates contemporâneos que exigem conhecimento biológico” (BRASIL, 2006, p. 17). Para que estudantes tenham possibilidades de interpretar com sabedoria esses fatos da realidade, deve-se almejar mudanças na educação, que representa desafios a serem ultrapassados neste novo século. Morin (2002) afirma que

A educação deve conduzir à antro-po-ética, levando em conta o caráter ternário da condição humana, que é ser ao mesmo tempo indivíduo/sociedade/espécie. Nesse sentido, a ética indivíduo/espécie necessita do controle mútuo da sociedade pelo indivíduo e do indivíduo pela sociedade, ou seja, a democracia; a ética indivíduo/espécie convoca, ao século XXI, a cidadania terrestre (MORIN, 2002, p. 17).

Entretanto, para alcançar esse propósito, professores devem estar cientes de que os estudantes necessitam também compreender a importância de debater essas questões, para que conectem as relações existentes entre os conteúdos e a realidade, assim não deixando o conhecimento se estabelecer em uma aprendizagem vazia do saber. As mudanças nas metodologias de ensino permitirão aos alunos reconhecer, pensar, elaborar e participar da sua construção de conhecimentos científico, problematizando-os de maneira a reconstruir e

ampliar seus conceitos, associando-os com outras áreas de conhecimento que permitam ao aluno ser autor de suas idéias e sugestões, ao compreender os impactos da ciência e tecnologia na sociedade em que se encontra inserido.

Sobre tais questões, Oliveira (2005) considera que

Certamente, Um dos maiores desafios do ensino científico é estimular a capacidade de problematização do sujeito que se propõe a conhecer o mundo. [...] nesse contexto, aprender ciências pode se tornar interessante e deixar de ser apenas uma obrigação que sacrifica a memória e instrumentaliza o raciocínio, fazendo do aluno um mero repetidor do que dizem o professor e os livros didáticos (OLIVEIRA, 2005, p. 70).

A disciplina de Biologia, por apresentar uma riqueza de conteúdos em diferentes áreas, seja a celular, genética, ecologia ou botânica, não deve ter seu ensino voltado a aulas transmitidas, pois perderá muito de seu significado. Os alunos com isso podem vir a memorizar o conteúdo, preocupados com sua avaliação, deixando de estabelecer crescimento em sua aprendizagem dentro da disciplina em termos de construção do conhecimento.

Há consciência também de que, principalmente no Ensino Médio, o livro didático é uma ferramenta constante em sala de aula para a disciplina. Contudo, na intenção de formar cidadãos preparados para uma nova sociedade, ao fazer-se uso do livro, um novo direcionamento ao utilizá-lo se torna necessário, complementando-o com outras opções de aprendizagem apresentadas em sala de aula. Portanto, “A educação deve assumir grandes desafios, visto que ela é a mola principal da compreensão e do progresso intelectuais” (PAPADOPOULOS, 2005, p. 23). Com o aumento crescente do envolvimento da sociedade em questões de nível científico e tecnológico, a escola pode incentivar reflexões relacionadas ao agir e pensar os fenômenos da realidade, construindo-se os novos cidadãos presentes e atuantes futuramente em sociedade. A escola, ao repensar sua estrutura curricular para o ensino, pode refletir sobre os conteúdos que serão apresentados aos alunos e, principalmente, em seus objetivos para o processo da aprendizagem, para oportunizar uma nova concepção sobre as ciências biológicas.

Segundo Delors (2002),

[...] os métodos de ensino não devem ir contra este reconhecimento do outro. Os professores que, por dogmatismo, matam a curiosidade ou o espírito crítico dos seus alunos, em vez de os desenvolver, podem ser mais prejudiciais do que úteis. [...] o confronto através do diálogo e da troca de argumentos é um dos instrumentos indispensáveis à educação do século XXI (DELORS, 2002, p. 98).

É importante para uma aprendizagem significativa em Biologia estabelecer um caráter interdisciplinar entre conteúdos vigentes e temas atuais, já que as problemáticas sociais a

serem compreendidas e interpretadas se encontram em diversas áreas da sociedade. É necessário possibilitar aos alunos uma visão mais ampla dos acontecimentos descritos em suas vidas fora do ambiente escolar, estabelecendo-se uma expansão de seus processos de aprendizagem que visem a um direcionamento centrado a um ensino investigativo e científico. Propor desafios aos alunos visa a uma formação crítica por meio das abordagens dos conteúdos na disciplina, desenvolvendo-se habilidades e interesses constantes ao conhecimento. De uma maneira geral, o desenvolvimento do ensino em Biologia na educação para o século XXI contribuirá para transformar a compreensão dos conceitos por meio de novas descobertas e valores na aprendizagem quando se estuda os assuntos tratados em aula sob um novo olhar. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2006), a escola

[...] ao definir seu projeto pedagógico, deve propiciar condições para que o educando possa conhecer os fundamentos básicos da investigação científica; reconhecer a ciência como uma atividade humana em constante transformação, fruto da conjunção de fatores históricos, sociais, políticos, econômicos, culturais, religiosos e tecnológicos, e, portanto, não neutra; compreender e interpretar os impactos do desenvolvimento científico e tecnológico na sociedade e no ambiente (BRASIL, 2006 p. 20).

Transformações no ensino são necessárias para alfabetizar futuros cidadãos com capacidades para enfrentar as problemáticas sociais no contexto científico e tecnológico. Segundo Eigen (1997),

Um olhar de relance para o estado atual do mundo provavelmente nos deixará pessimistas. [...] nada irá mudar se não basearmos nossas decisões na razão, aceitando a humanidade como um imperativo moral. O futuro da humanidade não será decidido no nível genético. Precisamos de um sistema ético de ligação entre todas as pessoas. É aqui que a evolução, uma evolução do indivíduo para a humanidade, aguarda sua consumação (EIGEN, 1997, p. 33).

No entanto, essas transformações na educação ocorrem em longo prazo. É necessário estabelecer desde já novas propostas para direcionar o ensino em sala de aula, proporcionando um novo caminho às abordagens dos conteúdos que levem a uma formação voltada à participação de cidadãos nos avanços da sociedade.

2.3 Pesquisa em sala de aula: um caminho de esperança na formação inicial de professores

Ao pensar sobre o ensino em todo seu contexto, os professores podem tracejar em linhas ou palavras os componentes que os cercam, assim permitindo com mais consciência repensar caminhos à frente, sejam incertos ou permanentemente resolutos. Além disso, por trás do professor existe uma história com início na universidade, passados talvez cinco anos ou vinte anos, não importa, mas isto implica reconhecer-se como aprendiz do conhecimento em qualquer etapa desta história, um dia aluno, no outro igualmente aluno. Para um especialista em determinada área da ciência que compreende ser importante o constante aprendizado, sua experiência lhe permite reconhecer que, seja qual for o nível acadêmico que o cerca, não será factível o efetivo aprendizado em sala de aula se ao difundir-lo, agora como educador, o aluno não o compreende, tampouco o questiona.

Um compromisso docente é cativar de alguma forma o público, para que se sinta circundado pelo prazer em aprender no ambiente educativo. Desse modo, encontramos esperança na educação pela pesquisa que, segundo Moraes, Galiazzi e Ramos (2004), é uma forma de professores, alunos ou sujeitos sentirem-se rodeados no decurso do questionamento da fala, igualmente, em verdades explícitas ou implícitas nas quais encontra-se espaço para construir argumentos que direcionem a novas verdades.

Para Altet (2001), o professor profissional demarca-se como sujeito independente e provido de capacidades peculiares e singularizadas na quietude de conhecimentos coerentes, originários da ciência, na autenticidade da universidade ou implícito no conhecimento, ambos procedentes da prática. Conforme o autor, “[...] quando sua origem é uma prática contextualizada, esses conhecimentos passam a ser autônomos e professados, isto é, explicitados oralmente de maneira racional, e o professor é capaz de relatá-los” (ALTET 2001, p. 25).

Amplas são as saídas para acrescentar à prática pedagógica na sala de aula. Para tanto, é preciso discernir em um primeiro momento entre as diferentes possibilidades que podem contribuir a uma aprendizagem expressiva enquanto presentes na academia, a qual propicia o conhecimento necessário à prática docente. Consequentemente cabe à universidade oportunizar o acesso à escola com maior confiança, predispondo a uma prática educativa valorizada e diferenciada, merecedora de interferências sociais, como oportunizadas pela pesquisa. Lima (2004) afirma que

Trabalhar com os princípios da pesquisa (compreensão, interpretação, questionamento, elaboração própria, construção de argumentos, comunicação de resultados...) em sala de aula, é uma das possibilidades de causar a desacomodação do estudante, incentivando-o a abandonar a posição de passividade – característica

da condição de objeto – assumindo-se sujeito do processo educativo (LIMA, 2004 p.276-277)

É necessário que licenciandos em busca de uma formação com qualidade saibam reconhecer caminhos que permitam divulgar o conhecimento de uma forma que o ato de ensinar legitime-se como uma conversa prazerosa, e não a uma indesejada tortura entre os alunos. Zuanon e Diniz (2004) destacam que as práticas pedagógicas concentradas na preponderância da transmissão e informação de conteúdos é presença notável na educação científica no ensino médio, e conseqüentemente acaba por não privilegiar o envolvimento do aluno em sala de aula, com tendência a desvalorizá-lo e desmotivá-lo. Segundo os autores, é indispensável ampliar atividades científicas que evidenciem esse envolvimento quando em pauta na sociedade, contudo, é adequado e fundamental que os alunos sejam engajados na construção destes conhecimentos.

Imensurável é a fala do aluno que tem muito a declarar. Contudo, é pertinente que o futuro professor, estudante universitário, tenha consciência desta afirmativa, assim como as situações a serem enfrentadas, quando já docente, no ensino, porque tão importante quanto a presença do aluno todos os dias na sala de aula, é contar com seu envolvimento no papel de aprendiz e, sobretudo, construtor do seu próprio conhecimento. Assim nos despedimos da transmissão, da cópia interminável, dos olhares e ouvidos fixados no discurso do professor, como estátuas em praças, dia e noite, sem chances de despertar para a vida.

Sendo a universidade um espaço de aprendizagem, não convém que nela se destaque, para a ação docente o que parece um esquema: o professor transmite conteúdo, o aluno escuta, o aluno copia, o aluno sai calado. Entretanto, será esta a tendência se o licenciando utilizar o “esquema” acima citado na sua própria formação.

A cumplicidade do aluno pode ser notada por sua produção oral e escrita porque subentende-se que de tal forma o professor consegue reconhecê-lo como sujeito comprometido em seu desenvolvimento intelectual e crescimento educativo. O singelo sorriso do aluno, cercado por sua segurança quando explana calmamente um conteúdo, é um fator importante a ser considerado na prática educativa. Cada um deles é um indivíduo merecedor de desenvolver autonomia, confiança e liderança incentivados em algum instante pelo professor. Isto evidencia um ensino na direção correta, têm-se alunos felizes e educadores recompensados com resultados. Assim, aulas transmitidas, sem sentido ao aluno, constituem apenas acumulação de conteúdo, e não direcionam a tais perspectivas educativas.

Um fator a ser considerado significativamente no setor universitário é a avaliação, tão temida e discutida entre alunos e professores. De acordo com Grillo (2003)

[...] Como o ensino se dá por transmissão, a aprendizagem é considerada uma acumulação ou absorção desse conhecimento que existe pronto e acabado no exterior do sujeito que aprende. [...] Esse procedimento transmissivo do professor tem continuidade e repercussões na avaliação, pois o mesmo professor que dá aula decide sobre conteúdo, atividades, o que avaliar o que nem sempre é do conhecimento do aluno (GRILLO, 2003 p. 15).

Professores são importantes no processo avaliativo, são eles que planejam o conteúdo e decidem a melhor forma de constatar a aprendizagem. Entretanto, é favorável que alunos sejam incluídos nos processos decisórios do tipo de avaliação que será considerada, pois ele é o protagonista principal desse processo. Além disso, as metodologias de ensino desenvolvidas pelo professor devem sofrer mudanças que permitam, assim, uma avaliação mais significativa, como é o caso das unidades de aprendizagem descritas a seguir.

2.4 Unidades de Aprendizagem

Unidades de aprendizagem (UA) é uma metodologia de ensino que supera o ensino tradicional seguido na maior parte das instituições educacionais, porque propõe envolver o aluno na construção do conhecimento, de modo ativo e reflexivo (MORAES e GOMES 2007).

Unidades de Aprendizagem (UA) assemelham-se a outras metodologias de ensino com denominações diferentes, como situações de estudo, campos de estudo, unidades didáticas e projetos de trabalho. Todas essas metodologias correspondem a um modo inovador de ensino e aprendizagem, com organização e ação alicerçadas na reconstrução da teoria e prática dos conteúdos, estabelecendo, assim, pontes reconstrutivas para a obtenção do conhecimento.

Nas UA, são valorizados os conhecimentos prévios dos sujeitos envolvidos nas atividades. Pessoas envolvidas na investigação de um tema, seja ele qual for, apresentam idéias prévias e informações que servem como ponto de partida a respeito do novo conhecimento. Esta integração mostra o papel de um professor mediador no envolvimento de toda a construção do processo pedagógico. Cabe a ele não passar receitas prontas para o desenvolvimento das atividades, e sim apresentar a visão geral do trabalho a ser construído em conjunto, orientando seus alunos para que os resultados sejam significativos. Cabe aqui ressaltar que, segundo Ausubel (1980), a aprendizagem, para ser significativa, necessita partir

do que já se conhece. Quando esse conhecimento é contextualizado, debatido e reconstruído, acontece o que Moreira (2008) denomina “aprendizagem significativa crítica”.

Os professores que oportunizam desenvolver atividades nas dimensões de uma UA incentivam seus alunos a assumirem o desafio da pesquisa. É no desafio que se faz crescer a curiosidade, e na investigação a oportunidade de questionar, discutir, buscar respostas, construir argumentos e organizar a comunicação de seus resultados, em um processo arquitetado pelos próprios alunos.

Além disso, o desenvolvimento de atividades em unidades de aprendizagem corresponde a um caráter interdisciplinar, porque proporciona diferentes visões sobre um mesmo tema, de acordo com cada área da ciência estudada, enriquecendo consideravelmente os resultados finais. Há uma integração e reconstrução de conhecimentos, pois os alunos realizam uma espécie de troca de informações entre diferentes disciplinas, percebendo diferentes olhares relacionados ao mesmo tema. A interdisciplinaridade abrange distintos enfoques, seja qual for o assunto escolhido como tema central da UA, e as atividades podem conduzir a percepções que indicam novas direções à reflexão e caminhos inesperados. Sobre isso, Rocha Filho, Basso e Borges (2006, p. 328-329) argumentam:

A interdisciplinaridade permite uma visão diferenciada do mundo, pois uma diversificação dos enfoques em torno do mesmo assunto permite ampliar sua compreensão, descartando algumas idéias preconcebidas e abrindo espaço a idéias divergentes e criativas. [...] se apresenta como uma alternativa epistemológica à compartimentalização do saber, representando atitudes diferentes em níveis diferentes da realidade.

A unidade de aprendizagem proporciona uma desfragmentação dos conhecimentos, permitindo que os sujeitos participantes, em meio a conexões entre as diversas áreas das ciências, realizem a análise de um conteúdo, aprofundando-o e relacionando-o a novos conceitos e valores.

Outro aspecto importante que se verifica na UA está relacionado à comunicação entre alunos e professores, que se torna mais próxima. Esta relação passa a ser de parceria, cumplicidade ou mesmo amizade. O aluno, sendo responsável pela sua aprendizagem, deixa de encontrar-se na situação de um espectador na sala de aula, que somente recebe informações e as transcreve em seu caderno, porque, a partir do momento em que toma decisões para a estruturação de sua aprendizagem, torna-se agente neste processo. Professores são consideravelmente importantes nas atividades de uma unidade de aprendizagem, pois atuam como intermediários que orientam, auxiliam e trocam sugestões construtivas.

É conveniente que o professor, ao selecionar os temas a serem trabalhados na unidade de aprendizagem, considere nesta escolha alguma relação com a realidade dos alunos, estabelecendo uma correlação entre o conteúdo escolar e o objeto do conhecimento a ser investigado. Conseqüentemente, nos processos investigatórios da unidade de aprendizagem, os alunos começam a compreender essa relação nos caminhos que eles próprios programam, com autonomia, ao organizarem o trabalho. Ao encontrarem maior sentido no conteúdo investigado, os alunos tendem a manifestar interesses renovados no estudo, dentro e fora do ambiente escolar. Como afirmam Lima e Grillo (2008),

O professor com identidade profissional, convicto de que sua atuação deve contribuir para a construção do conhecimento-emancipação, ou seja, para construção de um conhecimento crítico, refletido, com possibilidades de ocasionar transformações na vida individual e coletiva de seus alunos, defenderá a substituição do currículo extensivo [...] por um currículo intensivo (LIMA e GRILLO 2008, p.116-117).

A bibliografia consultada indica, assim, a relevância que em geral este tipo de trabalho apresenta para a reconstrução de conhecimentos por alunos e professores.

Esta pesquisa traz um aprofundamento a essas considerações ao trabalhar com um tema específico, pela avaliação de uma UA direcionada ao estudo de citologia e nanotecnologia, apresentada no capítulo 4, após a explicitação da metodologia desta pesquisa.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

A Unidade de Aprendizagem, metodologia de ensino referida no capítulo anterior, está integrada à metodologia desta pesquisa, no contexto da avaliação de uma UA sobre nanotecnologia e citologia. A abordagem metodológica foi qualitativa e descritiva, a partir de um estudo de caso. Neste estudo de caso, foram intencionalmente escolhidos como participantes os alunos da mesma turma de um curso superior. Não houve, portanto, definição de amostra, porque a intenção não foi generalizar os resultados, e sim compreender o processo no contexto da investigação.

A seguir são descritos os sujeitos da pesquisa.

3.1 Sujeitos da Pesquisa

Os sujeitos da pesquisa constituíam uma turma composta por dezenove licenciandos de um curso de graduação em Ciências Biológicas, modalidade Licenciatura, em uma universidade no município de Porto Alegre-RS. Eles foram convidados a participar deste trabalho, no contexto de uma disciplina direcionada ao ensino e aprendizagem de Biologia em nível médio. Paralelamente às suas atividades em sala de aula e como parte dos compromissos da disciplina, estavam realizando estágios obrigatórios de Biologia em escolas de ensino médio. Cinco deles participavam de atividades educacionais proporcionadas pela instituição, atuando como monitores no Clube de Ciências de sua unidade acadêmica.

Cabe ressaltar aqui a importância da comunicação dos passos éticos junto aos licenciandos. O grupo foi informado quanto ao parecer avaliativo à pesquisa consentido pelo Comitê de Ética em Pesquisa – CEP. Os licenciandos receberam orientações quanto ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). O TCLE expressa a *“autorização dos graduandos para que seus depoimentos possam ser analisados na dissertação, visando à compreensão do fenômeno investigado, sendo possível concordar ou não com a transição de parte dos depoimentos, sem identificação dos sujeitos da pesquisa”*.

Houve respeito à individualidade de cada participante. Esclareceu-se que, embora precisassem participar da UA, por ser uma atividade programática da disciplina decidida pelas

professoras responsáveis, poderiam, por livre vontade, recusar a participação na pesquisa. Se não assinassem o TCLE, seus depoimentos não poderiam ser considerados para fins de análise.

Assim, os licenciandos receberam uma cópia do TCLE, e posteriormente à leitura individual deste documento o assinaram voluntariamente. O TCLE foi assinado também pela pesquisadora responsável pela orientação deste trabalho. Os alunos foram informados que poderiam receber informações sobre o andamento do trabalho até a sua finalização e, a qualquer momento, poderiam retirar seu consentimento, sem nenhum prejuízo para si.

Segue-se a descrição dos procedimentos e instrumentos para coleta de dados, aplicados durante a implementação da unidade de aprendizagem.

3.2 Procedimentos e Instrumentos de Coleta de Dados

Os instrumentos organizados para coleta de dados consistiram nos seguintes: o primeiro foi uma solicitação por meio de enunciado a respeito do que já conheciam sobre o assunto, dos quais objetivou reconhecer as idéias prévias dos participantes e o último, com quatro questões, para avaliar o processo. Além disso, foram consideradas as anotações efetuadas no diário de bordo da mestranda, com registro das discussões realizadas no decorrer dos encontros com o grupo.

3.2.1 Instrumento I - Identificação das idéias prévias

O primeiro instrumento de pesquisa objetivou identificar as idéias prévias dos participantes em relação aos temas abordados. Os estudantes foram convidados a refletir sobre o seguinte enunciado: *Manifeste com clareza o que você conhece e/ou gostaria de saber a respeito de Nanotecnologia relacionada à Citologia. Expresse, na forma de um texto, algumas perguntas ou observações, o essencial é que você consiga transmitir com objetividade sua opinião.*

Com o levantamento das primeiras idéias dos estudantes a partir dos seus depoimentos escritos, além de identificar o que os estudantes pensavam a respeito de nanotecnologia e citologia, igualmente houve uma provocação ao grupo, instigando a curiosidade para o início dos trabalhos e a posterior investigação aos temas.

3.2.2 Instrumento II – Questionário Final

O último instrumento de coleta de dados foi constituído por quatro questões abertas (APÊNDICE A), elaboradas durante o desenvolvimento do trabalho. Essas questões relacionam-se aos objetivos e o problema de pesquisa apresentados por esta dissertação.

Os estudantes foram convidados a escrever seus depoimentos em relação às seguintes questões:

- I. Descreva o que você percebeu da nanotecnologia como tema integrador ao conteúdo de citologia como propostas de trabalho para o ensino médio na disciplina de Biologia.
- II. Após todas as etapas do trabalho: introdução ao tema, investigação, elaboração da atividade final e apresentação, nos pressupostos de uma unidade de aprendizagem atuando como sujeitos da pesquisa, você sente-se preparado para programar atividades na escola utilizando essa metodologia? Você mudaria alguma coisa?
- III. A partir do trabalho realizado, descreva aspectos positivos e negativos da abordagem de temas diversificados, como nanotecnologia junto à citologia, na disciplina de Metodologia e Prática do Ensino de Biologia.
- IV. O trabalho a partir da vivência em uma unidade de aprendizagem foi significativo de alguma forma para a sua vida pessoal e profissional como futuro professor – pesquisador – biólogo? Avalie seu aproveitamento em relação aos temas abordados, a interatividade durante o desenvolvimento dos trabalhos, assim como as reflexões proporcionadas pelas apresentações dos grupos.

3.2.3 Registro dos Encontros: Diário de Bordo

No decurso de todos os encontros, paralelamente às atividades, foram registrados pela mestranda em um diário de bordo os acontecimentos ao longo do processo. Este instrumento foi essencial para o acompanhamento das atividades. De acordo com LÜDKE e ANDRÉ (1986, p. 26), “[...] a observação possibilita um contato pessoal e estreito do pesquisador com o fenômeno pesquisado [...] a experiência direta é sem dúvida o melhor teste de verificação da ocorrência de um determinado fenômeno.”

Desta forma, foi possível rever lacunas em relação aos aspectos abordados anteriormente que não haviam ficado bem esclarecidos pelos licenciandos, oportunizando que fossem retomados. Igualmente, isso permitiu verificar mudanças no desempenho individual dos estudantes quanto aos temas que estavam investigando. Aspectos interessantes, bem como abordagens e sugestões dos licenciandos não esperadas, são alguns pontos comentados no texto referenciado como diário de bordo.

3.3 Metodologia de Análise

A metodologia de análise e interpretação dos dados foi efetuada por meio de uma *Análise Textual Discursiva – ATD* – (MORAES e GALIAZZI, 2007) com abordagem qualitativa.

Nas palavras de Moraes e Galiazzi (2007),

A análise textual discursiva pode ser entendida como o processo de desconstrução, seguido de reconstrução, de um conjunto de materiais lingüísticos e discursivos, produzindo-se a partir disso novos entendimentos sobre os fenômenos e discursos investigados. Envolve identificar e isolar enunciados dos materiais submetidos à análise, categorizar esses enunciados e produzir textos, integrando nestes descrição e interpretação, utilizando como base de sua construção o sistema de categorias construído (MORAES e GALIAZZI, 2007 p. 112).

As análises textuais são cada vez mais frequentes, principalmente a partir de materiais de pesquisa embasados em questionários, observações, registros de entrevistas, depoimentos dos sujeitos participantes, entre outros. Visam à compreensão de textos e seus resultados finais, sendo, assim, adequadas a esta pesquisa.

No contexto da análise textual discursiva, nesta pesquisa, as idéias dos alunos foram unitarizadas, ou seja, foram identificadas as unidades textuais contidas nos depoimentos. Após a unitarização, houve o processo de categorização, no qual essas unidades textuais foram reunidas em categorias previamente definidas a partir das questões de pesquisa. Após ter o conjunto de unidades textuais correspondentes a cada categoria, essas foram descritas, e depois interpretadas com base no referencial teórico.

O detalhamento do processo de análise encontra-se no capítulo 5 – “Análise, resultados e discussões”, apresentado após o capítulo 4 – “Unidade de Aprendizagem: Nanotecnologia e Citologia”.

4 UNIDADE DE APRENDIZAGEM: Nanotecnologia e Citologia

O presente capítulo apresenta a Unidade de Aprendizagem: Nanotecnologia e Citologia, sendo a metodologia de ensino adotada nesta pesquisa. A partir das idéias prévias de professores em formação convidados a serem participantes da pesquisa, a UA foi construída.

Inicialmente os sujeitos da pesquisa expressaram suas primeiras idéias a respeito dos temas. É importante constatar, com o levantamento dos conhecimentos iniciais dos licenciandos, suas primeiras concepções em relação aos assuntos apresentados, o que tornou o trabalho mais significativo para eles. Isto permite que os sujeitos reconstruam seus conceitos ou os enriqueçam com novas direções teóricas ou práticas arquitetadas por eles próprios.

Segundo Rocha Filho, Basso e Borges (2006, p. 325):

Unidades de Aprendizagem podem ser compreendidas como um conjunto de atividades estrategicamente escolhidas para trabalhar um tema, a fim de se obter aprendizagens significativas em termos de conteúdos, habilidades e atitudes. [...] corresponde a cada uma das ações desenvolvidas pelos alunos e professores, dentro de uma sequência organizada que facilite a aprendizagem e desperte o interesse do grupo pelo tema.

As unidades de aprendizagem privilegiam os conhecimentos prévios dos alunos. Deste modo, na proposta de trabalho foi aplicado um instrumento de pesquisa para verificar esses conhecimentos. Posteriormente, oportunizou-se uma introdução ao assunto por intermédio de um documentário de divulgação científica - *“Viagem Fantástica Pelo Corpo Humano: em busca da cura”* (APÊNDICE B), relacionado com o tema integrador da pesquisa.

Os cenários de toda a estruturação do trabalho desenvolvido com o grupo de licenciandos estenderam-se nos seguintes acompanhamentos: reconhecimento das idéias prévias, introdução ao tema integrador, investigação, elaboração e orientação aos trabalhos, finalizando com sua comunicação. Os estudantes elaboraram trabalhos em grupo e, posteriormente, houve a aplicação de um questionário com quatro questões abertas relacionadas com as abordagens comentadas no desenvolvimento de todo o trabalho em sala de aula.

Os encontros com os licenciandos, acompanhados também pelas professoras responsáveis pela disciplina, estão representados no quadro 1, que mostra uma síntese das atividades realizadas em cada oportunidade de trabalho.

As atividades foram efetuadas nas segundas-feiras no horário das 10h40min e quintas-feiras no horário das 8h. Na ocasião deste trabalho, os licenciandos igualmente continuavam suas tarefas obrigatórias de acordo com o cronograma apresentado pela disciplina, uma delas relacionada ao estágio docente obrigatório para o semestre. Em virtude disso, disponibilizou-se aos licenciandos uma sala multimídia, na qual cada estudante podia contar com uma mesa e um computador, além de quadro e tela multimídia com acesso à internet, para que pudessem aproveitar ao máximo o tempo oferecido para desenvolver os trabalhos com seus respectivos grupos, sem se sobrecarregarem com atividades extraclases. Os grupos receberam materiais para consulta em sala de aula, como livros específicos dos temas, revistas de divulgação científica e sugestões de alguns sites (APÊNDICE C), como ponto de partida para iniciarem as investigações de seus temas.

Enfatiza-se a participação de todo o grupo de licenciandos durante o desenvolvimento da pesquisa, apenas com duas ausências no início dos trabalhos. A programação das atividades foi totalizada em sete encontros e, após a finalização das apresentações pelos grupos, no sétimo dia, nas aulas seguintes foi aplicado o último instrumento de pesquisa.

| ENCONTRO | ATIVIDADES | SÍNTESE DAS ATIVIDADES |
|----------|--|---|
| I | Apresentação da UA Idéias Prévias Organograma Formação dos Grupos | Metodologia de sala de aula - UA Primeiras idéias do grupo sobre o tema Reflexão dos temas abordados Esboço do Organograma Organização dos grupos |
| II | Vídeo | Documentário da Discovery Channel sobre nanotecnologia |
| III | Pesquisa Início do Planejamento | Início das investigações dos temas |
| IV | Pesquisa Planejamento | Continuidade das investigações Planejamento da comunicação dos trabalhos |
| V | Pesquisa Planejamento | Último dia para Investigação Continuidade do planejamento da comunicação dos trabalhos |
| VI | Apresentação dos Trabalhos | Comunicação dos resultados das pesquisas ao grande grupo |
| VII | Apresentação dos Trabalhos | Comunicação dos resultados das pesquisas ao grande grupo |
| VIII | Instrumento Final | Responder ao questionário |

Quadro 1 – Sinopse das atividades desempenhadas em cada encontro.

4.1 Relato dos Encontros

Apresenta-se a seguir o relato das atividades estabelecidas no percurso da unidade de aprendizagem que tem como argumento central a nanotecnologia e a citologia.

A estrutura do relato utilizada nessa descrição foi implementada no Mestrado em Educação em Ciências e Matemática – PUCRS, em trabalhos anteriormente realizados com grande êxito, como os de Freschi (2008) e Bins Neto (2008).

Encontro I - Apresentação dos pressupostos teóricos de atividades planejadas em unidades de aprendizagem, introdução dos temas aos licenciandos com identificação dos conhecimentos prévios do grande grupo em relação a ambos os assuntos, construção de um organograma com categorias estabelecidas pelos licenciandos e organização dos grupos, com escolha da categoria correspondente ao tema a ser investigado.

Inicialmente, foi preparada para a primeira aula uma apresentação sobre a proposta de ensino aplicada, oportunizando aos estudantes reconhecer a metodologia de ensino. Nesta ocasião, compreenderam conceitos, organização, princípios e pressupostos que envolvem uma proposta de trabalho quando planejada em unidades de aprendizagem, e também acrescentou-se os princípios do educar pela pesquisa sob as concepções de Pedro Demo.

Após a apresentação da unidade de aprendizagem, no primeiro instante da aula, os estudantes foram convidados a participar do trabalho sendo sujeitos na construção desta atividade. Houve introdução de uma questão, posteriormente descrita no texto, relativa aos temas propostos para a pesquisa, objetivando-se captar seus conhecimentos prévios. Após manifestarem-se por escrito, realizou-se um debate sobre os temas.

As perguntas escritas pelos licenciandos e formuladas a partir do diálogo sobre nanotecnologia foram agrupadas e organizadas em um esquema como ilustrado a seguir (Figura 1).

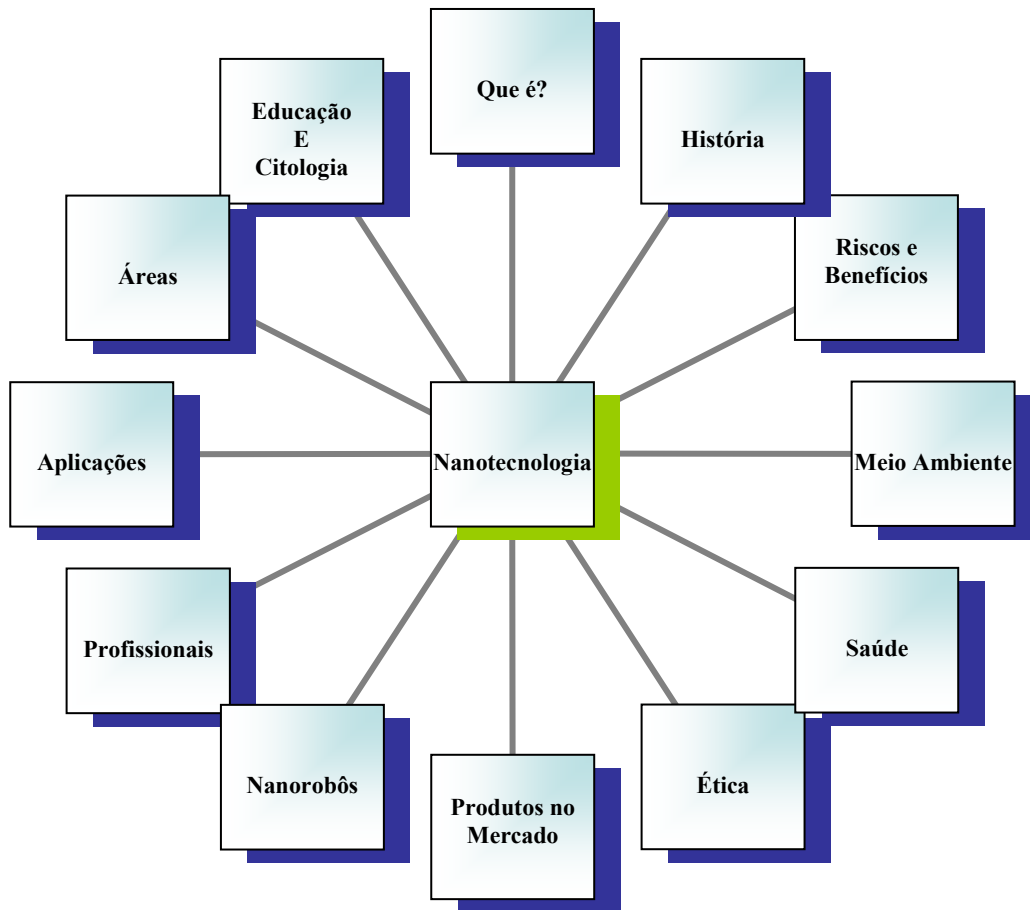


Figura 1 – Temas selecionados pelos licenciandos

Posteriormente e de acordo com a proximidade de assuntos originaram-se os seguintes temas organizados pelos licenciandos como mostra a figura 2:

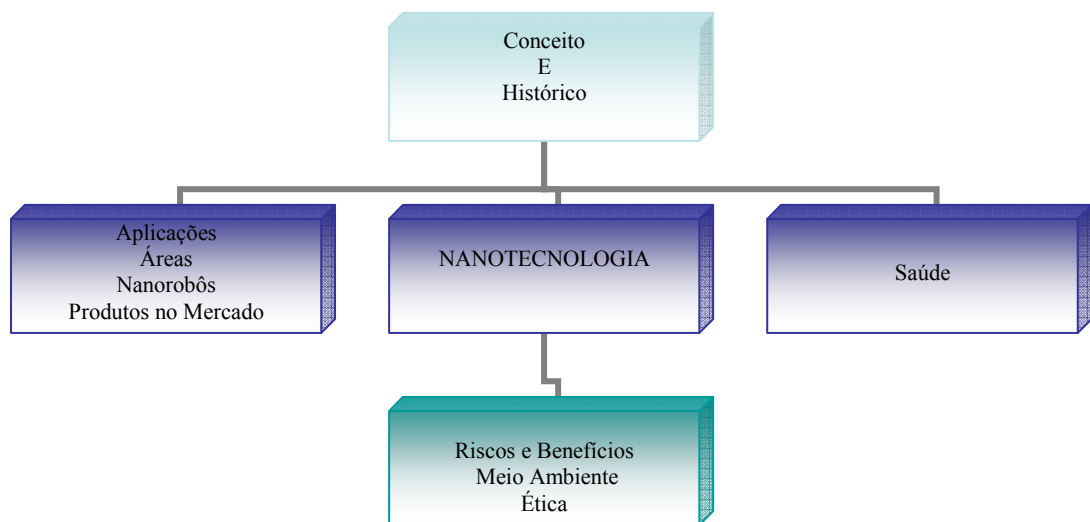


Figura 2 – Temas selecionados e agrupados pelos licenciandos para posterior pesquisa em grupo

A partir desta etapa houve a formação de quatro grupos, responsáveis cada um pela investigação e elaboração de um trabalho relacionado a um dos ramos do organograma relativo à nanotecnologia. Em conjunto decidiu-se que após a finalização dos trabalhos iriam

debater sobre a questão educacional. Na parte final da aula, ficou registrado o endereço eletrônico dos licenciandos para que mantivessem contatos em relação a datas, horários, e também para que pudessem tirar dúvidas sobre o trabalho caso necessitassem. Desde o primeiro encontro, disponibilizou-se aos participantes uma sala multimídia.

Encontro II – Primeiro momento de convivência direta dos licenciandos com os aspectos teóricos e curiosidades sobre nanotecnologia, por intermédio da exposição de um documentário da Discovery Channel e posterior reflexão sobre o tema.

No segundo encontro foi tratado o tema nanotecnologia. Ao perceber, na aula anterior, a dificuldade dos alunos em dialogar sobre o assunto, tanto na forma escrita quanto verbalizada, realizou-se como atividade a exposição de um documentário de divulgação científica da Discovery Channel (versão em português) sobre nanotecnologia, com o título *Viagem Fantástica - Pelo Corpo Humano em Busca da Cura*, com duração de aproximadamente 50min. Este documentário foi adequado para a turma, pois aborda aspectos relacionados, por exemplo, à nanomedicina, considerando que no momento da distribuição dos temas a serem investigados pelos grupos, na aula anterior, nenhum licenciando presente naquele momento interessou-se pela área da saúde. Na mesma oportunidade, observou-se que os alunos esquivaram-se em falar sobre citologia, visto que mesmo no ensino superior é um conteúdo não apreciado pela maioria dos licenciandos. Na ocasião ficou combinado que esta categoria iria destinar-se aos dois alunos ausentes naquela data. Após a apresentação do vídeo, houve uma reflexão dialogada dos licenciandos a respeito das considerações trazidas pelo documentário.

Por ocasião desta aula, e principalmente pela exposição do documentário, três alunas, antes presentes em outro grupo, migraram para o tema *saúde*. Desconsideraram o que haviam pensado na primeira aula, que seria muito complicado elaborar algum trabalho para este assunto interligado à nanotecnologia, ao visualizarem as imagens do vídeo sobre algumas aplicações das pesquisas na nanomedicina. Sentiram-se entusiasmadas, embora ainda considerando o foco em saúde um tanto complicado.

Para fechamento deste encontro, foram disponibilizados treze sites (APÊNDICE C) aos grupos como ponto de partida para suas pesquisas. Este encontro excedeu 30min do horário normal, sendo que nenhum aluno deixou a sala antes do final das discussões instigadas pelo documentário.

Encontro III - Início dos planejamentos dos trabalhos, início das investigações dos temas reunidos com seus respectivos grupos e orientação aos trabalhos.

Nesta etapa, e precisamente no início desta atividade perguntou-se ao grupo o que haviam entendido sobre Unidades de Aprendizagem. Surpreendentemente a maioria preferiu não comentar a questão, mas após uma aluna expor que estava com dúvidas sobre UA e de “*como elaborá-la para o trabalho*”, percebeu-se que muitos pensaram que teriam que planejar, como trabalho final, atividades elaboradas no formato de uma UA. Foi esclarecido aos licenciandos que seria válido programarem e planejarem unidades de aprendizagem a serem, posteriormente, aplicadas em aula com os próprios colegas ou na escola onde realizavam estágios, mas para esta pesquisa em especial estavam vivenciando uma UA como sujeitos.

A seguir, os grupos reuniram-se e começaram o processo de investigação e planejamento do trabalho. Foram informados que estavam disponíveis em aula, além dos endereços de sites fixados em um slide no projetor de multimídia, revistas de divulgação científica e um livro para consulta no instante da aula. Realizou-se um novo quadro de distribuição dos grupos, com seus respectivos temas a serem investigadas (Quadro 2).

| Distribuição dos Grupos e Temas | |
|--|--|
| Grupos | Temas |
| A | O que é nanotecnologia História |
| B | Aplicações (Áreas) Profissionais envolvidos Produtos presentes no mercado Nanôrobos |
| C | Riscos e Benefícios Ética |
| D | Meio Ambiente Saúde |

Quadro 2 – Organização dos grupos com os respectivos temas a serem investigados

Como comentado em outro momento, os licenciandos estavam realizando estágios no ensino médio nas instituições de ensino em Porto Alegre. Ao conversar separadamente com cada grupo, os alunos começaram a falar sobre o que estavam constatando e enfrentando nos estágios. Principalmente as observações realizadas por eles nas aulas de Biologia, e por esta razão gostariam de “[...] *realizar uma atividade diferenciada neste trabalho ao falar em nanotecnologia, que afastasse de uma apresentação nos moldes de seminário*”. Razão esta incentivada tanto pelo trabalho que estava sendo desenvolvido com eles, mas igualmente pelo que visualizaram nas escolas, especialmente relacionadas ao fator econômico das instituições, pois não são todas que disponibilizam aos professores equipamentos tecnológicos mais modernos para estarem elaborando suas aulas em PowerPoint, por exemplo. Nas palavras de uma licencianda: “*Na faculdade sempre fazemos seminários, pouco fugimos disso, quando chegamos à escola precisamos saber utilizar outras formas, ferramentas para ensinar*”.

Observou-se, em cada grupo, o entusiasmo que estavam sentindo em poder participar deste trabalho, e todos comentavam sobre os aspectos observados nas escolas que estavam atuando. Suas feições haviam mudado, já não aparentavam preocupação como no primeiro encontro, quando consideraram o tema difícil para trabalhar.

Enquanto pesquisavam, elaborava-se um esquema das atividades concretizadas até o momento, para que pudessem visualizar o andamento da pesquisa. A figura 3 a seguir apresenta o esquema elaborado em aula sobre o andamento das atividades:

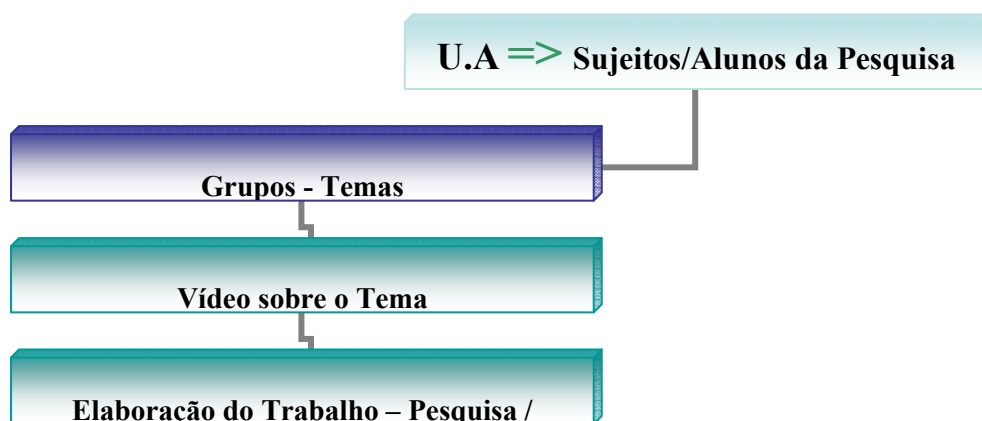


Figura 3 – Acompanhamento das Atividades

A partir das colocações dos estudantes, e das demonstrações quanto ao envolvimento e preocupação em levar para a sala de aula oportunidades para os alunos elaborarem atividades diferenciadas e trabalhar com temas inovadores, foi estabelecido com os grupos que trariam para suas apresentações sugestões para integrar a nanotecnologia ao conteúdo de citologia.

Assim, mudou-se um pouco o que ficara combinado na aula II, pois surgia, neste instante, um novo tema que deveriam investigar idêntico para todos os grupos, a educação.

Foi repassada uma lista com os nomes dos componentes de cada grupo e os respectivos temas, visto a pequena mudança de alunos entre grupos e a inclusão do tema educação para todos os grupos, representado pelo quadro 3, sendo a aula finalizada.

| Distribuição dos Grupos e Temas | |
|---------------------------------|--|
| Grupos | Temas |
| 1 | O que é nanotecnologia História Educação (citologia e nanotecnologia) |
| 2 | Aplicações (Áreas) Profissionais envolvidos Produtos presentes no mercado Nanôrobos Educação (citologia e nanotecnologia) |
| 3 | Riscos e Benefícios Ética Meio Ambiente Educação (citologia e nanotecnologia) |
| 4 | Saúde Educação (citologia e nanotecnologia) |

Quadro 3 – Distribuição dos grupos e respectivos temas reorganizados

Encontro IV – Continuidade dos planejamentos dos trabalhos e das investigações dos temas, orientação aos trabalhos.

O início deste encontro foi um pouco diferenciado, em virtude dos estágios que os licenciandos estavam realizando nas escolas. Uma das professoras responsáveis pela disciplina passou ao grupo algumas informações necessárias para o desenvolvimento de seus estágios curriculares obrigatórios. Os licenciandos tinham algumas dúvidas sobre as questões que precisariam elaborar para desenvolverem um trabalho em grupo, conforme foi solicitado. Oportunizou-se à mestrandia participar desta etapa, explanando a importância de realizar atividades como a que estava sendo desenvolvida na disciplina, visto que nas escolas é preciso

cada vez mais utilizar atividades inovadoras para despertar o interesse dos alunos. Ao elaborarem questões solicitadas pelas professoras, poderiam pensar no estágio e também na UA em desenvolvimento estabelecendo uma conexão entre ambas. Constatou-se que o grupo estava compreendendo com mais clareza as atividades desenvolvidas nos pressupostos de Unidades de Aprendizagem e que manifestava interesse em relação à educação a todo instante. O fato de estarem realizando estágios nas escolas pode ter contribuído à compreensão dos licenciandos sobre o processo que estavam vivenciando na UA.

Após a primeira parte, os grupos continuaram a elaborar seus trabalhos. Como nos outros encontros, houve auxílio em diversos sites sobre nanotecnologia e foram disponibilizados outros livros e algumas revistas de divulgação científica. Um grupo estava bem adiantado nas atividades, mas concentrava dúvidas sobre a parte educacional. Os alunos perguntaram se “*jogos seria viável como ferramenta de aprendizagem em nanotecnologia*”, como o tradicional “*Lego*”. Esta seria uma ótima idéia, pois poderiam despertar a criatividade dos alunos, principalmente em relação à nanorobôs, quando poderiam, por exemplo, criar instrumentos interativos, de acordo com a criatividade de cada um. Outro grupo trouxe a sugestão de dois novos sites que não haviam sido indicados, e aproveitando os diversos recursos da sala, estes novos endereços eletrônicos foram expostos para torná-los visíveis a todos pela tela multimídia. Alguns começaram a manifestar maior interesse por nanotecnologia. Gostariam de saber mais, por descobriram que muitos biólogos estavam envolvidos com diversas pesquisas. Solicitaram que fosse enviado por e-mail o site com as informações sobre o próximo congresso de nanotecnologia que aconteceria em novembro/2008.

De acordo com o assunto de cada grupo, visualizaram juntos os livros que foram disponibilizados para consulta em aula, procurando assuntos atuais para abordarem em suas apresentações. Alguns estudantes falaram que gostariam muito de elaborar algo novo, que fugisse da utilização de PowerPoint, e conseqüentemente do seminário, mas que em virtude do tempo para a elaboração da atividade acreditavam não ser possível. Neste momento comentou-se que o importante era compreenderem o desenvolvimento das atividades e que, como futuros professores, pudessem levar um pouco do trabalho para suas vidas profissionais. Foi então combinada a ordem dos grupos para os dias de apresentação, com seus respectivos integrantes e assuntos.

Encontro V – Finalização do planejamento e investigação dos temas, com orientação.

Neste dia os licenciandos estavam mais descontraídos, em virtude de grande parte já estar com o trabalho praticamente pronto. Ainda assim, foi dada atenção para os grupos com certa dificuldade e incerteza em abordar certos aspectos relacionados à nanotecnologia, que consideravam complexos. Ficou combinado o tempo para a apresentação dos trabalhos, sendo 20min para cada grupo, e também quanto aos vídeos que alguns grupos trariam para complementar e enriquecer suas falas. Sendo vídeos interativos, e devido à provável dificuldade para expô-los, outro computador seria disponibilizado no instante das apresentações, cujos vídeos já estariam gravados. Os grupos mais adiantados pediram uma última opinião sobre a estrutura de sua apresentação, estavam preocupados desde a organização dos slides até as abordagens que seriam relatadas aos colegas. Percebeu-se que alguns alunos procuravam artigos com novidades interessantes sobre nanotecnologia, queriam diferenciar suas apresentações das restantes, já que todos os grupos fariam apresentações em forma de seminário, devido ao pouco tempo para elaborar outra forma de apresentação. No entanto, todos estavam preparados e com uma organização adequada.

Encontro VI – Início das apresentações dos trabalhos elaborados pelos grupos.

Neste encontro iniciaram as apresentações dos grupos. Até o momento haviam sido realizados dois encontros para introdução do tema e três encontros para o processo de pesquisa, investigação e programação das atividades finais. Para esta data programou-se a apresentação de dois grupos, dos quatro totais, mas, devido a um pequeno contratempo com um dos grupos, decidiu-se transferir sua apresentação para a próxima aula. Antes do início da apresentação, desejou-se sorte a todos, pontuando-se que o trabalho em todos os momentos visou ao crescimento profissional e pessoal de todos.

Assim, iniciaram-se as apresentações pelo primeiro grupo, conforme organizado por eles próprios. O tema apresentado pelo grupo estava relacionado ao conceito de nanotecnologia e sua história. Como combinado, acrescentou-se ao trabalho um terceiro tema, a educação: como inserir a nanotecnologia ao conteúdo de citologia na disciplina de Biologia no ensino médio. O quadro 4 apresenta tópicos debatidos pelo grupo na sua apresentação.

| GRUPO | TEMA | PRINCIPAIS TÓPICOS APONTADOS |
|-------|---|--|
| A | O Que é Nanotecnologia? História da Nanotecnologia Educação | Richard Feynman Conceito Linha do Tempo Organograma - um novo olhar Multidisciplinaridade Usos da Nanotecnologia Futuro da Nanotecnologia Videos Abordagens e Aplicações Sugestão para o ensino |

Quadro 4 – Resumo do trabalho elaborado pelos licenciandos do Grupo A com os principais tópicos apontados durante a apresentação

Encontro VII – Continuidade das apresentações dos trabalhos elaborados pelos grupos.

Neste encontro houve continuidade das apresentações, sendo finalizadas pelos demais grupos. Por todo o comprometimento evidenciado pelos licenciandos no decorrer do trabalho, tinha-se a certeza que tudo iria transcorrer tranquilamente.

Os grupos entregaram seus trabalhos em “*pen drivers*”, antes de iniciarem as apresentações. Uma das professoras passou informações sobre os estágios que estavam realizando, tirou dúvidas e os tranquilizou quanto ao relatório que deveriam entregar no final do semestre. Nesta ocasião estavam todos em aula, uma aluna falou: “*Fiquei até tarde estudando para este trabalho, estou cansada, mas creio ter conseguido um bom resultado final*”. As apresentações iniciaram-se às 8h17min exatamente. A seguir, uma síntese de cada trabalho, com as principais características e novidades trazidas pelos grupos.

| GRUPO | TEMA | PRINCIPAIS TÓPICOS APONTADOS |
|--------------|---|--|
| B | Aplicações da Nanotecnologia Áreas da Nanotecnologia Quais Profissionais Envolvidos Produtos Presentes no Mercado Nanorôbos Educação | Nanorobótica - nanomedicina Processos de Montagem Interdisciplinaridade Produtos Aplicações da Nanotecnologia Sugestão para o ensino |
| C | Ética Riscos e Benefícios da Nanotecnologia Meio Ambiente Educação | Multidisciplinaridade Pesquisas Atuais Nanocatalisadores Tratamento de Efluentes Vídeo Nanopartículas ETC Group - ONG Ambientalista EPA-Órgão Governamental dos USA Sugestão para o ensino |
| D | Saúde-Nanomedicina Educação | Vídeo Nanopartículas Nanorobôs Escala nanométrica Pesquisas em Nanomedicina Nanosferas Biodegradáveis Nanopartículas Fotossensíveis Nanovermes Sugestão para o ensino |

Quadro 5 – Resumo dos trabalhos elaborados pelos licenciandos dos demais grupos com os principais tópicos apontados durante os seminários

Encontro VIII – Aplicação do último instrumento de pesquisa.

No início da aula, no último encontro, os alunos foram orientados a respeito do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) que deveriam assinar, caso consentissem que seus depoimentos fossem utilizados na pesquisa, conforme foi referido no capítulo 3. Os alunos leram, assinaram e, após isto, foi distribuído o último instrumento de pesquisa, que foi preenchido.

O próximo capítulo apresenta a análise referente aos instrumentos de pesquisa utilizados para coleta de dados. Primeiramente são descritos os resultados da análise da questão aberta que iniciou todas as atividades da pesquisa, por ser referente às idéias prévias dos sujeitos participantes. Em, seguida, narra-se os resultados do último instrumento aplicado,

constituído por quatro questões abertas, com a finalidade de avaliar a percepção dos licenciandos quanto ao trabalho em que estiveram envolvidos.

5 ANÁLISE, RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme já foi comentado no capítulo 3, as categorias foram escolhidas previamente, segundo as questões de pesquisa: Quais os conhecimentos prévios dos alunos sobre a relação entre nanotecnologia e citologia? Quais os resultados da implementação de uma proposta integrando nanotecnologia e citologia em aulas de Biologia do ensino médio, ao longo do processo e ao seu final? Como os resultados obtidos nessa unidade de aprendizagem podem contribuir para a formação inicial de futuros professores de Biologia?

Assim, o material de pesquisa foi organizado e analisado segundo estas três questões, mediante uma Análise Textual Discursiva.

Das questões de pesquisa foram definidas as seguintes categorias:

- Conhecimentos iniciais dos licenciandos
- A transformação do aprendizado dos licenciandos
- Contribuições para a formação inicial de professores de Biologia

As unidades textuais identificadas nos depoimentos foram distribuídas entre essas três categorias, descritas e interpretadas no presente capítulo.

5.1 Nanotecnologia e Citologia: reconhecendo as idéias prévias dos licenciandos

É importante para o professor reconhecer as idéias prévias dos envolvidos na pesquisa, captar a primeira compreensão e interpretação dos alunos a respeito do tema a ser investigado, o início do questionamento. Considerar as concepções prévias como ponto de partida no desenvolvimento do trabalho enriquece a transformação e reconstrução do conhecimento do aluno.

Nas palavras de Moraes, Galiazzi e Ramos (2004, p. 13)

[...] Cada sujeito tem sempre um conhecimento inicial em todos os sentidos. Ninguém é vazio de conhecimento, de saber fazer as coisas, de ter seu conjunto de valores e atitudes. Tomar consciência do que somos e do que pensamos é um movimento inicial que precede qualquer questionamento.

Consideram-se esses fatores na vivência acadêmica de futuros professores. Neste contexto, os licenciandos, sujeitos desta pesquisa, expressaram de forma escrita o que conheciam a respeito de nanotecnologia e citologia. Como apresentado pela metodologia de ensino, anteriormente referenciada no texto, as idéias prévias correspondem à primeira questão de pesquisa. Os estudantes receberam uma folha em branco na qual deveriam expor uma reflexão de maneira livre e a sua escolha, em relação às suas concepções sobre os temas. O grupo foi encorajado, assim, a manifestar sua idéia.

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006) destacam que o professor ao estabelecer relações entre realidade e conteúdo considerando os conhecimentos prévios como ponto de partida ao estudo e entendimento dos fenômenos do ensino de Biologia estabelece no aluno um aprendizado mais eficaz porque esse conhecimento terá significado para ele.

Na universidade é tão importante esse encaminhamento, quanto na escola, porque neste espaço que repousa uma parte dos indivíduos que se preparam a se tornar aptos a tomar essas atitudes em sala de aula, os futuros professores. Assim, deve-se considerar como prática constante do docente universitário considerar a palavra do aluno que tem capacidades de agir, pensar e construir baseados em fatores externos que ele próprio dispõe como bagagem para o interior da universidade seja de origens políticas, sociais ou culturais. Enricone (2006), ao analisar o professor universitário afirma:

[...] O professor é um intérprete de sua disciplina, é um mediador entre conteúdo que ensina e o seu horizonte de compreensão do seu aluno, entre seu conhecimento especializado e um sujeito em formação e, ao assim proceder, demonstra reconhecer o significado de ser docente universitário (ENRICONE, 2006 p. 18).

Nessa pesquisa, no momento que tentavam manifestar-se por extenso sobre os temas da unidade de aprendizagem, os estudantes pediam explicações a respeito de nanotecnologia e igualmente de citologia, a todo o instante. Em consequência, foram desafiados a elaborar perguntas, revelando quais dúvidas tinham, considerando que “Tão importante quanto o professor instigar o pensamento dos alunos por meio de questionamentos propostos por ele, é solicitar que os alunos façam perguntas relativas ao que gostariam de conhecer sobre o tema objeto de estudo” (RAMOS, 2008 p. 70).

Embora perguntas sejam relativamente mais fáceis de compor, foi complicado para alguns formularem dúvidas ou questionamentos. Contudo, todos os alunos expressaram por escrito de maneira simples ou mais elaborada suas primeiras idéias a respeito de nanotecnologia relacionada à citologia ou pelo menos, sobre um dos temas.

A partir das respostas e questionamentos dos alunos, consideraram-se dois grupos de abordagem pelo contexto das interrogativas que surgiram. O primeiro está relacionado à nanotecnologia e à citologia. Nestas perguntas predominaram idéias relacionadas especificamente aos temas como pesquisa científica. No segundo grupo manifesta-se às idéias relacionadas à nanotecnologia e a educação e nestas observou-se uma preocupação dos licenciandos quanto à abordagem do tema, nanotecnologia, no ensino, principalmente quando inserido ao conteúdo de citologia. Ambas as considerações dos dois grupos de respostas encontram-se representados no quadro 6.

| CONHECIMENTOS PRÉVIOS | |
|---|--|
| Nanotecnologia e Citologia | Nanotecnologia e Educação |
| Afirmativa sobre o conceito de nanotecnologia | Como utilizar e relacionar nanotecnologia no cotidiano? |
| O que é nanotecnologia? | Como integrar Nanotecnologia no conteúdo de Citologia? |
| Importância e objetivos da nanotecnologia | Por que trabalhar esses temas nas escolas? |
| Quais temáticas/áreas abrangem? | Quais os benefícios de integrar esses temas para compreensão do conteúdo? |
| Quais benefícios e implicações da nanotecnologia? | Quais áreas da Biologia e demais disciplinas pode-se abordar à nanotecnologia? |
| Quais as técnicas utilizadas? | Como trabalhar à interdisciplinaridade ao falar em nanotecnologia na escola? |
| Há riscos ao aplicar nanotecnologia em seres humanos | As escolas estão preparadas? |
| Há estudos sobre Nanotecnologia relacionados com Citologia? | |
| Quais as influências da nanotecnologia em nosso futuro? | |

Quadro 6 – Conhecimentos prévios dos licenciandos

A seguir são relatadas as respostas dos licenciandos quanto à nanotecnologia como ciência. Na seqüência, apresenta-se o conjunto de idéias relacionadas à educação.

A primeira constatação observada foi em relação ao “conceito” de nanotecnologia. Segundo Toma (2004),

[...] A possibilidade de manipular átomos e moléculas em laboratório gera perspectivas antes só existentes na fértil imaginação dos ficcionistas: novos materiais, novos medicamentos, a cura de doenças, a solução dos problemas energéticos...uma lista que cresce a cada dia (TOMA, 2004, p.11).

Alguns licenciandos escreveram em uma primeira tentativa idéias sobre o termo nanotecnologia, exemplificados nos depoimentos abaixo.

Atualmente bastante divulgada nos meios de comunicação, a nanotecnologia pode ser usada como ferramenta de ensino envolvendo assuntos abordados no ensino fundamental.

Nanotecnologia é uma nova área de pesquisa, onde a nanotecnologia pode ser usada no combate a doenças e para o melhor estudo das células.

É a capacidade potencial de criar coisas a partir do menor, usando ferramentas e algumas técnicas que são desenvolvidas atualmente para colocar cada átomo no lugar desejado.

Trata-se por acaso do uso do sistema “0,1” usado nos computadores? Sendo isso, seria proposta para unir a utilização de programas que simulam o funcionamento das células, para ficar mais compreensível (visualmente) e conseqüentemente interiorizado com mais facilidade, já que o computador é um “meio”, ou uma ferramenta muito valorizada pelo ser humano de hoje.

Com o avanço da tecnologia (nanotecnologia) a compreensão que temos do funcionamento dos organismos poderá ficar mais precisa. A observação e análise da citologia poderão ser entendidas a nível molecular.

Tem como princípio básico a construção de estruturas e novos materiais a partir dos átomos. É a capacidade potencial de criar a partir de menor, usando ferramentas e algumas técnicas que são desenvolvidas atualmente pra colocar cada átomo e moléculas no lugar desejado.

A percepção dos licenciandos sobre nanotecnologia demonstra um senso comum. Ficou exemplificada a pouca informação que tinham sobre o tema, embora alguns manifestassem algum ponto ligado diretamente ao seu conceito, ao falarem sobre átomo, nível molecular e novos materiais, por exemplo, mas sem apresentar contextualização teórica e científica sobre nanotecnologia.

Segundo o Grupo ETC (2005),

A nanotecnologia é um conjunto de técnicas usadas para manipular a matéria na escala de átomos e moléculas. “Nano” é uma medida – não um objeto. [...] “nanotecnologia” refere-se somente a escala. Um “nanômetro” (nm) equivale a um bilionésimo do metro. Um fio de cabelo humano tem aproximadamente 80 mil nanômetros de espessura. [...] Tudo em nanoescala é invisível ao olho nu e até mesmo a todo o resto, exceto a microscópios muito poderosos (GRUPO ETC, 2005 p. 13).

Algo inesperado observou-se em uma das reflexões de um licenciando ao falar que a nanotecnologia “*pode ser usada como ferramenta de ensino envolvendo assuntos abordados no ensino fundamental*”. Avalia-se este comentário como uma conseqüência do momento vivido pelo grupo, que realizava estágio docente no instante do desenvolvimento desta

pesquisa, e pelo fato de estar sendo aplicada em uma disciplina que inteira a modalidade Licenciatura do curso.

Em contrapartida, mais da metade do grupo manifestaram não conhecer o assunto ao perguntarem o significado de nanotecnologia expondo-se por meio da seguinte interrogativa:

O que é nanotecnologia?

O que é nanotecnologia e qual o seu princípio básico?

O fato de a pesquisa abordar um tema inovador revelou-se um ponto surpresa ao grupo que não conseguia compreender o questionamento apresentado. Os licenciandos, ao tentarem interligar a questão com os objetivos da disciplina, encontraram-se perdidos, alguns consideraram que *“um tema como a nanotecnologia deveria ser introduzido em outras disciplinas do curso”*, não tendo contexto e importância a esta. Assim, a maioria preferiu perguntar *“o que é nanotecnologia”*. Embora apreensivos com o tema, igualmente manifestavam curiosidade e expectativa com o início de uma atividade diferenciada em sala de aula, conforme Freire (1996, p. 32),

A curiosidade como inquietação indagadora, como inclinação ao desvelamento de algo, como pergunta verbalizada ou não, como procura de esclarecimento, como sinal de atenção que sugere alerta faz integrante do fenômeno vital. Não haveria criatividade sem a curiosidade que nos move e que nos põe pacientemente impacientes diante do mundo que não fizemos, acrescentando a ele algo que fazemos.

Observa-se que alguns estudantes cursando a modalidade licenciatura do curso não valorizam disciplinas tão importantes como esta em que o trabalho foi desenvolvido. Nesta, aspectos relevantes necessários a prática docente é considerada no contexto da Metodologia e Prática do Ensino de Biologia que propõe entre outras atividades o desenvolvimento da capacidade criativa dos futuros professores que devem preparar novas ferramentas de ensino como, jogos, para serem introduzidos na disciplina de Biologia no ensino médio. Ao ser questionado sobre o motivo da escolha pela licenciatura o licenciando respondeu: *“é uma área que acredito ter maiores chances de entrar no mercado de trabalho logo após a formatura”*. Independente da resposta do estudante, algo deverá ser mudado para que as visões dos estudantes sejam mais amplas ao olhar para sua própria formação, o comprometimento mais firme e o amor pela profissão também devem ser considerados.

Outras questões foram surgindo como: *“temáticas e áreas que abrangem a nanotecnologia”* e *“riscos ao aplicar nanotecnologia”*. Somente um licenciando comentou

sobre “nanotecnologia e futuro”. Ambas apresentaram um razoável interesse, como ilustram as perguntas abaixo elaboradas pelos licenciandos:

Quais temáticas ela (nanotecnologia) abrange?

A nanotecnologia está relacionada com quais outros temas?

Há geração de resíduos? Afetam o meio ambiente?

Os produtos nanotecnológicos podem ser agentes causadores de doenças nos seres vivos?

No caso de serem introduzidos no corpo humano, não há perigo do sistema imune combatê-los?

Além de benefícios pode trazer algum malefício para a humanidade?

No que pode facilitar futuramente na nossa vida?

Durante o desenrolar da atividade, em meio a conversas paralelas os estudantes comentavam a todo o instante entre os colegas sobre a nanotecnologia, algo novo para eles. Antes de elaborarem perguntas, os licenciandos associaram nanotecnologia a outros assuntos, como *os transgênicos*, a fim de conseguirem formular questões. Assim, argumentos apresentados pelo grupo estão relacionados a “importância”, “benefícios da nanotecnologia” e “técnicas utilizadas”, como exemplificado a seguir.

Eu gostaria de saber como os pesquisadores conseguem construir robôs em nível nano. Que aparelhos eles utilizam?

Como trabalhar com átomos, já que são tão pequenos?

Quais os instrumentos usados?

Benefícios para a humanidade/ambiente? Benefícios para a saúde humana?

Quais os benefícios que a nanotecnologia tem trazido?

Quanto a essas questões e às demais apresentadas nos questionamentos dos licenciandos, algumas idéias são apresentadas e discutidas em Toma (2004); Poole Jr. e Owens (2007); Schulz (2005) e Duran, Mattoso e Moraes (2006).

Por fim, apareceu nas reflexões a curiosidade sobre conexões entre os dois temas, citologia e nanotecnologia, no meio científico.

Que tipos de estudos são feitos a respeito de nanotecnologia e citologia? Quais são os benefícios e os malefícios da nanotecnologia aplicada à citologia?

Na citologia, como a nanotecnologia está empregada?

Qual a relação da citologia com a nanotecnologia?

As citações apresentadas a seguir são referentes ao segundo grupo de respostas, como anteriormente referenciado, no qual apareceram questões especificamente relacionadas à nanotecnologia e a educação. Percebeu-se o interesse dos licenciandos ao abordarem os temas no ensino. Nesta perspectiva foram formuladas pelo grupo as seguintes questões:

Por qual razão se optou relacionar a nanotecnologia com a citologia e não com outra área da biologia?

Por que escolher a nanotecnologia para trabalhar no ensino médio com U.A?

Qual o motivo (a inquietação) que levou à pesquisa/estudo da nanotecnologia?

Por que foi escolhida a nanotecnologia para abordar e discutir sobre a citologia?
Qual é a sua importância para a aprendizagem?

As questões estão relacionadas à relevância em se trabalhar os temas nas escolas. Ficou constatado, no momento que se realizava a atividade, certo temor dos estudantes sobre os assuntos apresentados. Por considerarem naquele momento o tema complicado queriam entender o porquê dessa escolha.

Sobre “quais áreas da Biologia e demais disciplinas pode-se abordar a nanotecnologia”, “como trabalhar a interdisciplinaridade ao falar em nanotecnologia” e “Quais os benefícios de integrar esses temas para compreensão do conteúdo” despontaram as seguintes questões:

Como ela pode ser usada como ferramenta de ensino nas escolas?

A nanotecnologia pode estar aliada à biologia de maneira que os temas da matéria fiquem mais claros aos alunos?

A tecnologia permite integrar os diferentes assuntos da disciplina?

O estudo da nanotecnologia pode ser associado a que áreas da Biologia? E de outras disciplinas?

Nanotecnologia trabalhada com interdisciplinaridade, como?

Quais são os benefícios de integrar estes dois temas, no que diz respeito à compreensão dos mesmos?

Finalizando o conjunto de questões formuladas na área educacional o grupo manifestou interesse em relação a “como utilizar e relacionar nanotecnologia no cotidiano” e ao “preparo das escolas para tratar do tema”:

Como utilizar a nanotecnologia para o nosso diário?

Como relacionar com atualidades?

As escolas públicas estão preparadas para receber esta tecnologia?

Essas questões podem ser refletidas em conjunto com as palavras de Zuanon e Diniz (2004),

No caso do Ensino de Biologia, freqüentemente as experiências cotidianas dos alunos são pouco exploradas, assim como seus conhecimentos prévios sobre determinado tema. Destaca-se nitidamente a lógica da ciência, limitando-se a abordagem do conteúdo à esfera estritamente biológica, sem se evidenciar articulações possíveis com questões sociais mais amplas [...] (ZUANON e DINIZ 2004, p. 111).

Em relação a esta atividade inicial, primeiramente, podem ser destacados pontos importantes observados logo no início. Notou-se uma apreensão por grande parte do grupo ao frente a ambos os assuntos, principalmente em relação à nanotecnologia, pois a maioria não ouviu falar sobre o tema. Alguns já haviam escutado em telejornais notícias relativas a esta ciência, mas sem muita motivação pessoal. Além disso, ao escreverem sobre citologia relacionada à nanotecnologia, igualmente ficaram imóveis, considerando a nanotecnologia um assunto desconhecido pela maioria do grupo e por ser a citologia um tema, segundo os licenciandos, relativamente desmotivador, por ser complexo e extenso. De acordo com relato manifestado por Rocha Filho, Borges e Basso (2007), o conteúdo de citologia é na maioria das vezes estudado na escola no início do ensino médio começando pelo estudo da microscopia eletrônica, combinando-se com um assunto intangível e inacessível aos estudantes, que memorizam o conteúdo sem compreendê-lo. Percebe-se que este fato estende-se ao meio acadêmico. No transcorrer do curso de Biologia, por exemplo, observa-se a dificuldade que alguns estudantes apresentam durante as avaliações, provocado talvez pelo desinteresse ao conteúdo. Para Demo (2005) é necessário modificar a avaliação tornado-a assistida diariamente para auxiliar nas dificuldades especiais a fim de assegurar o desempenho do aluno.

Em relação à avaliação, nota-se no meio universitário que alguns estudantes por mais que se dediquem não conseguem atingir um desempenho satisfatório em provas. Entre outras questões, talvez pontos negativos relacionados à vida pessoal do aluno podem interferir

diretamente no desempenho acadêmico. Para o professor é difícil perceber estas questões quando não se tem uma maior aproximação com seu público alvo, um diálogo mais aberto. Conforme Grillo (2003), a avaliação não se reduz à simples necessidade de informar o desempenho do aluno aspectos sociais, institucionais e pessoais devem ser considerados.

No entanto, nos resultados de uma avaliação, o professor pode trabalhar alguns déficits, instituindo um comprometimento maior na aprendizagem do estudante. Para que tenham mais autonomia e responsabilidade com seu crescimento acadêmico, que os direcione para o campo profissional. É muito importante um estreitamento na relação professor e aluno.

Outro aspecto a ser considerado são as ausências frequentes nas aulas dos cursos de graduação. Mesmo assim, os estudantes realizam os trabalhos solicitados e as avaliações finais. Conhecem o sistema de avaliação do professor e acreditam que, para realizar as provas basta decorar o conteúdo. Geralmente o estudante que apresenta maior facilidade em decorar e obtém as melhores notas nas avaliações é considerado o melhor aluno, enquanto estudantes assíduos e participativos em aula podem não apresentar os melhores rendimentos, em muitos momentos. Após uma prova, principalmente em disciplinas consideradas mais difíceis, as notas geram certa disputa entre estudantes. São recebidas como troféu por aqueles que conseguem destacar-se nas avaliações. Os professores em muitas ocasiões não manifestam interesse para trabalhar melhor as dúvidas com estudantes com notas consideradas insatisfatórias.

Presenciam-se esses fatos nos cursos universitários. Os estudantes sentem-se isolados e algumas vezes acabam não resistindo à disciplina, trancando-a antes do término do semestre. Alguns professores valorizavam somente os alunos com as melhores notas e não costumam rever os erros cometidos nas avaliações. Mas alguns revisam provas e solicitam que os procurem fora do horário vigente. Não cabe aos professores interferir na vida pessoal de seus estudantes, mas sim prepará-los à prática profissional e igualmente à vida em sociedade, preocupando-se assim com sua aprendizagem. Segundo Demo (2005),

O professor que reprova a maioria dos alunos está reprovado, pois mostra que não se coloca a serviço do desempenho do aluno, razão central de ser do professor; se o aluno está mal preparado, é mister fazer disso um desafio a mais, não um pressuposto gratuito; nem se trata de nivelar por baixo – é pura incompetência -. Mas de lançar mão de todos os meios para que o aluno tenha rendimento satisfatório, inclusive a produção própria de material didático; esta, de modo geral, não existe (DEMO, 2005, p. 77).

No planejamento participativo, os alunos conseguem estabelecer relação entre conhecimentos prévios, ainda que possam ser superficiais, com o tema proposto pelo

professor. O estudante tem que ser responsável por seu ensino, buscando maior autonomia, maior senso crítico e, estimulado pelo professor, aprender a relacionar informações e conhecimentos das diferentes disciplinas proporcionadas no curso de graduação, não somente na abordagem da citologia, geralmente presente na disciplina de Biologia Celular e Molecular, mas nos diferentes conteúdos das disciplinas oferecidas pelo curso. A autonomia na aprendizagem durante a vida acadêmica, em que o aluno relaciona a realidade curricular com a realidade profissional, pode ser positivo para o aluno transformar todo seu processo acadêmico.

Os licenciandos estavam realizando estágios em diversas escolas no nível médio. Alguns comentaram que *“abordar assuntos complexos como a nanotecnologia na escola, tanto no ensino fundamental como no ensino médio, seria praticamente impossível”*. Procurou-se uma posição de cautela neste momento frente aos licenciandos ao abordar concepções sobre este comentário, sendo que logo no início da abordagem ao tema nanotecnologia esta pergunta surgira por várias vezes. Por meio das investigações realizadas por eles ao longo das atividades, seria importante que o grupo pudesse repensar esta questão, sendo que já estariam com novas visões, proporcionadas por suas investigações na elaboração da atividade final. Compreende-se que quanto mais envolvido o professor estiver com o assunto a ser abordado em sala de aula, mais motivado e criativo irá se encontrar ao elaborar uma atividade. Esses motivos direcionaram à cautela em relação a comentários neste momento. Não se pretendia instigá-los por meio do discurso a pensarem diferente, pois seria pertinente que conseguissem sozinhos repensar suas teorias para assim recriá-las ou não.

Quanto mais nos familiarizarmos com um assunto, tanto mais serão os caminhos a serem percorridos. Muito provavelmente, nem sempre capta-se a melhor estratégia e pode haver um direcionamento totalmente equivocado ao abordarmos conteúdos e desenvolvermos atividades em sala de aula. Mas a possibilidade que a investigação de um tema proporciona torna temas inovadores, sejam complexos ou não, tão viáveis para serem compreendidos, como simples atos que cercam o cotidiano, como quando abrimos a porta para entrar em casa ou ligamos nossos computadores todos os dias. Justamente por essa razão, em muitos instantes, diante de manifestações dos licenciandos contrárias ao trabalho, assinalou-se que ao iniciarem os estudos algo poderia mudar na visão do grupo, tanto em termos de conhecimento, quanto para suas vidas profissionais e pessoais. Foi exatamente assim que tudo ocorreu na disciplina Metodologia e Prática do Ensino de Biologia, o grupo foi extraordinariamente à frente de qualquer conclusão esperada, e deles próprios.

Pelo conjunto das questões apresentadas nas idéias prévias, percebeu-se que o grupo não apresentava informações consistentes em relação à nanotecnologia. Embora os estudantes se encontrassem no sexto semestre do curso, a maioria queixou-se ao falar de citologia, segundo o grupo, “*um tema chato e extenso*”. Outro aspecto observado foi a insegurança e desmerecimento aos temas pelo fato de nunca terem ouvido falar em nanotecnologia, que consideraram complicado para abordar no ensino médio, principalmente junto ao conteúdo de citologia. Em compensação, foram exatamente estes pontos observados que despertaram a curiosidade e interesse do grupo em investigar e responder estes questionamentos. No momento que tentavam elaborar perguntas, os licenciandos associaram o tema nanotecnologia a outros temas, como os transgênicos. Desta forma, conseguiram elaborar perguntas sobre nanotecnologia.

Descritas as idéias prévias dos licenciandos, um momento de importância porque contribuiu significativamente no processo de captação da transformação e superação do conhecimento do estudante, o subcapítulo seguinte apresenta o início desta transformação da aprendizagem manifestada no discurso descritivo e nos debates em aula realizados com o grupo. Então, podem ser constatadas as mudanças nas aprendizagens dos licenciandos quanto ao tema nanotecnologia, e captar suas perspectivas educacionais ao tratar da integração da nanotecnologia com a citologia na disciplina de Biologia no ensino médio.

5.2 As Aprendizagens dos Licenciandos: processo de transformação

O presente subcapítulo analisa as aprendizagens dos licenciandos. Nessa perspectiva, o instrumento escolhido para explorar o aprendizado do grupo foi a produção oral e escrita. Nesta última, o grupo manifestou-se em meio a quatro questões abertas em que expressaram depoimentos em relação aos acontecimentos principais das atividades nas quais se encontravam envolvidos. As evidências apresentadas estão de acordo com a segunda questão de pesquisa.

Na análise foram identificados sete pontos principais de aprendizagens pontuadas respectivamente nos seguintes assuntos: nanotecnologia, a compreensão do conteúdo de citologia, um tema inovador para o ensino de Biologia; a interdisciplinaridade e transdisciplinaridade no ensino de Biologia; e desenvolvimento da capacidade criativa e autônoma nos alunos. Todos estes temas são consequência dos depoimentos e diálogos dos licenciandos em relação à nanotecnologia e à citologia como uma proposta integradora. Os

acontecimentos narrados a seguir foram observados nos diálogos e depoimentos relatados e descritos pelo grupo.

Na análise dos diálogos, observou-se que os licenciandos ficaram surpresos com as “*diversas pesquisas*” que estão sendo desenvolvidas atualmente envolvendo nanotecnologia. O documentário exposto ao grupo – *Viagem fantástica em Busca da Cura* –, como referenciado em outro momento trouxe assuntos relacionados à aplicação de nanotecnologia em medicamentos e partículas exploradoras que estão sendo desenvolvidas para a prevenção e cura de doenças, como câncer, conforme pesquisa realizada por Alper (2004), e também a exames com maior riqueza em detalhes, especialmente para serem utilizados durante a viagem de pesquisadores ao planeta Marte, programada para o ano 2020, conforme a data divulgada pelo documentário. A “*questão social*” foi outro aspecto identificado pelos licenciandos, que trouxeram para o debate a “*preocupação em relação às promessas suscitadas pela nanotecnologia*”, principalmente as relacionadas aos “*benefícios*” quando trata, por exemplo, dos medicamentos que prometem maior eficácia aos tratamentos médicos, e também em relação às pesquisas ligadas a “*técnicas mais avançadas em exames clínicos*”. Os licenciandos elucidaram que esta ciência e suas aplicações “*não serão viáveis para todas as camadas da sociedade*”, especialmente a classe mais pobre, devido a fatores econômicos que envolvem as pesquisas em nanotecnologia, tornando remédios e exames com valores e custos acima do esperado.

Notou-se que após a exibição do vídeo os licenciandos permitiram-se questionar e organizar seu pensamento a respeito de nanotecnologia e citologia. O documentário mostra imagens interativas do interior do corpo humano. A partir destas imagens, o grupo pôde perceber o quanto este tipo de documentário é capaz de contribuir para instigar o pensamento e a criatividade dos alunos na escola, pois eles próprios, antes estáticos por falta de embasamento teórico e visual, conseguiram dialogar imediatamente à exposição do vídeo. A partir do vídeo houve a problematização que deu início às investigações pelos grupos de alunos. Mas uma reflexão importante colocada pelos licenciandos foi em relação ao “*tempo de duração do vídeo*”, pois “*não acreditavam ser viável para ensino médio por ser extenso*”. Contudo, consideraram que o tema poderia ser divulgado no ensino de Biologia, sendo o vídeo reeditado, assim destacando pontos mais importantes e interativos, tornando o trabalho mais viável para o nível de escolaridade dos alunos. O essencial, e a intenção, seria instigá-los à curiosidade.

Observou-se em cada aluno o envolvimento e amadurecimento durante a investigação dos temas. No início das atividades tinha-se uma turma que em grande parte se encontrava insegura. O pouco conhecimento não permitia opinar ou questionar, os licenciandos desconheciam a nanotecnologia. Um deles comentou que

Não havia percebido as dimensões da nanotecnologia. Já tinha escutado algo sobre o tema, porém, nunca havia lido nada a respeito. Achei extremamente interessante poder me aprofundar no assunto e assim poder elaborar um trabalho com as pesquisas recentes sobre nanotecnologia, de maneira que esse tema seja trabalhado com alunos do ensino médio.

A possibilidade de levar o tema à sala de aula, no primeiro momento, era improvável na concepção dos licenciandos. Em contrapartida, notou-se em alguns, curiosidade, pois quanto mais eram instigados com o tema, tanto maior era a necessidade imediata de que se respondesse à questão: Como ensinar nanotecnologia? Como envolvê-la ao conteúdo de citologia? Consideraram o fato de ser um tema complexo e ainda desconhecido pela maioria da sociedade. Trabalhos no âmbito educacional que envolvam nanotecnologia estão sendo realizados, como descrevem Lozada e Araújo (2006); Cima (2007); Schulz (2007) e Glass (2007).

Os licenciandos não acreditavam ser o tema relevante para contribuir na aprendizagem de alunos do nível médio de ensino. Entretanto, houve transformações na aprendizagem dos licenciandos que superaram as expectativas iniciais. Houve riqueza nos detalhes do conteúdo de nanotecnologia verificados nos trabalhos desenvolvidos, e também houve comprometimento individual e total troca de opiniões e aceite de sugestões dos colegas.

Dessa forma, nos discursos dos licenciandos, tanto no momento da divulgação do trabalho final, quanto nos diálogos, predominaram fatores esperados e inesperados. Realizaram uma investigação intensa das características mais importantes da nanotecnologia.

Um licenciando escreveu:

A nanotecnologia se mostrou muito vasta e de fácil acesso, ao contrário do que foi achado pela turma quando o tema foi proposto. Pode-se fazer uma integração com o professor de Física, por exemplo, para associar com robótica. É muito importante não só trazer os temas encontrados em qualquer livro sobre citologia e, sim atualidades que levem ao cotidiano dos alunos.

Assim, estiveram presentes nas discussões tópicos sobre nanorobôs, empresas envolvidas com pesquisas em nanotecnologia, questões sociais e éticas. Falaram sobre a multidisciplinaridade das pesquisas, já que profissionais de diversas áreas estão envolvidos juntos nesse processo. Ilustraram as apresentações com organogramas dividindo-os em áreas e posteriores subáreas de pesquisas, nas quais se pode visualizar com mais detalhes a

abrangência da nanotecnologia. Outro aspecto interessante foi a respeito dos produtos e aplicações na nanotecnologia, trouxeram novidades para o grande grupo como: “*plásticos que retardam as chamas e a nanotribologia*”. Observaram a importância da qualificação dos profissionais para trabalhar com esta tecnologia, a necessidade de preparar mão-de-obra qualificada para que se tenha condições de implementar os interesses nanotecnológicos. Além disso, falaram sobre toda a história da nanotecnologia, aplicações, principais abordagens e perspectivas desta ciência para o futuro da humanidade.

Algumas áreas da nanotecnologia, de acordo com o Ministério da Ciência e Tecnologia, tanto no Brasil como no exterior, são as seguintes: cosméticos e saúde, couro/calçados, agronegócio, catálise, energia, esportes, indústria automobilística, meio ambiente e sociedade, materiais nanoestruturados, microscopia e análise, nanobiotecnologia, nanomedicina, nanodispositivos, nanomagnetismo, nanotribologia, membranas/filmes finos e superfícies, aeroespacial, têxteis, software e simulação, políticas em nanotecnologia, prospecção em nanotecnologia, entre outras áreas.

Ao pensar em nanotecnologia, lembra-se de redução de tamanho para a escala nanométrica. Esta permite modificar ou criar novos materiais a partir da manipulação de propriedades físicas e químicas da matéria que, conforme Lêdo, Hossne e Pedroso (2007), quando analisada em dimensões nanométricas apresenta propriedades diferentes daquelas analisadas normalmente, ou seja, fora dessa escala, a partir do mesmo material. Os autores exemplificam estruturas que podem sofrer modificações totais quando analisadas na escala nanométrica, a exemplo, o ouro, que poderá ser visualizado na cor vermelha ao invés de amarelo, e materiais frágeis e maleáveis como o carbonato de cálcio, que pode ser mais resistente que o aço quando nessa escala.

Os licenciandos também discutiram aspectos suscitados pela nanoética, com reflexões interessantes sobre ética em nanotecnologia. Falaram sobre os benefícios e riscos com pesquisas em nanotecnologia que a ética permite discutir ilustradas em frases atuais de pesquisadores. Realizaram observações importantes sobre o impacto das pesquisas, principalmente dos produtos presentes no mercado, a exemplo dos cosméticos que aos poucos começam a fazer parte de catálogos ao alcance da sociedade em geral. Outro aspecto abordado pelos estudantes com bastante relevância foi em relação ao meio ambiente. Destacaram o tratamento de efluentes com nanocatalizadores, dando exemplo da remoção do derramamento de óleo em água. Também discutiram os possíveis riscos ao meio ambiente. Segundo Colvin (2003, p.1166), “alguns estudos tem investigado a toxicologia e efeitos

ambientais diretos e indiretos da exposição à nanopartículas e a não existência de claras diretrizes para quantificar esses efeitos”. Comentaram sobre o *ETC Group*, a ONG ambientalista engajada no incentivo a cautela nas pesquisas com nanotecnologia e também falaram sobre o “*EPA*”, órgão governamental dos USA para a proteção do meio ambiente.

De acordo com Quina (2004), grandes benefícios provenientes da nanotecnologia estão reservados ao setor ambiental, como: prevenção de poluição ou danos indiretos ao meio ambiente; no tratamento ou remediação de poluição e na detecção e monitoramento de poluição, embora, segundo o autor, haja também uma preocupação quanto à liberação das nanopartículas na atmosfera, visto que o acúmulo destas substâncias pequenas poderia afetar células vivas, assim como sua difusão em águas e solos, sendo difíceis de serem removidos posteriormente.

As perspectivas futuras para a sociedade a partir da nanotecnologia suscitam fortes impactos. Por esta razão já são discutidos questões éticas para que se possa acompanhar também os aspectos negativos dessa ciência.

De acordo com Real Sociedade e Real Academia de Engenharia, em “*Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties* - julho de 2004 (Citado por GRUPO ETC 2005, p. 33):

Até que se tenha mais conhecimento a respeito dos impactos ambientais, consideramos importante que a liberação de nanopartículas e nanotubos, no meio ambiente, seja evitada o máximo possível. Especificamente recomendamos, como uma medida de precaução, que as fábricas e os laboratórios de pesquisa tratem as nanopartículas e os nanotubos manufaturados como se eles fossem fontes de resíduos perigosos e que a utilização de nanopartículas em aplicações ambientais como remediação de águas subterrâneas seja proibida.

Dessa forma, espera-se dos pesquisadores que tenham moderação quanto às pesquisas em nanotecnologia que, embora suscite benefícios à humanidade, como qualquer outra tecnologia poderá manifestar implicações negativas, principalmente riscos a saúde, segurança e meio ambiente (GRUPO ETC, 2005).

Os estudantes destacaram aspectos ligados à nanomedicina. Apresentaram conceitos e ilustraram slides com escalas em nível nanométrico com diferentes estruturas, como vírus, bactérias, células cancerígenas, para que se compreendesse a dimensão nanométrica. Abordaram a importância de pesquisas em nanomedicina, avanços e aplicações. Enfatizaram a nanorrobótica com figuras ilustrativas de nanorrobôs sendo introduzidos no sistema sanguíneo, complementando com vídeos que simulam nanorrobôs fluindo através de vasos sanguíneos. Aspectos como drogas inteligentes, nanoesferas biodegradáveis, nanopartículas

fotosensíveis e nanovermes, uma junção de várias nanopartículas, foram abordadas pelos licenciandos. Além disso, também apareceram constantemente no discurso dos licenciandos os métodos que permitem visualizar estruturas nanométricas.

Conforme Lêdo, Hossne e Pedroso (2007) apenas no fim da década de 70 houve o aperfeiçoamento de equipamentos que tornassem viável a manipulação em escalas nanométricas, assim surgindo as técnicas de eletrônica com alta resolução, de varredura e as fontes de luz síncron.

Para a obtenção de imagens com altas resoluções que permitem, entre outros benefícios, manipular amostras em escala molecular, foi necessária a criação de microscópios especiais, como os chamados “*Scanning Probe Microscopy*”, ou seja, microscopia de varredura por sonda, que pode dividir-se em *Atomic Force Microscopy* (ATM) – microscopia de força atômica ou – *Scanning Tunneling Microscopy* (STM) – microscopia de tunelamento, ambas definidas de acordo com o tipo de sensor utilizado (HERMANN JUNIOR et al, 2006).

Atualmente, existem muitas pesquisas em nanotecnologia sendo desenvolvidas na área de Biologia celular e molecular publicadas em revistas internacionais importantes, como Nature; Nature Biotechnology; Nature Reviews. Drug Discovery; Nature Reviews Molecular cell Biology; Nature Structural & Molecular Biology; Nature Materials e Nature Reviews Câncer. Além disso, no Brasil encontram-se muitas publicações sobre nanotecnologia, como as apresentadas pelo Centro de Nanotecnologia e Nanociência da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e pela Rede de Nanotecnologia da USP – Universidade de São Paulo.

A questão educacional de como trabalhar este tema na escola despertou entusiasmo e inspiração dos licenciandos para programar de maneira simples o tema, com alunos do ensino médio. A nanotecnologia seria empregada na citologia, principalmente, quando abordassem nanomedicina com relação à Biologia Celular e Molecular, Genética e Biotecnologia.

Nas palavras dos licenciandos, a percepção de que a integração da nanotecnologia ao ensino pode despertar maior compreensão do conteúdo citologia.

A nanotecnologia é um tema que possibilita discutir, criar e aplicar em sala de aula, o conteúdo de citologia, pois pode-se abordar temas de dificuldades dos alunos, tornando melhor para seu entendimento e compreensão. A citologia é um dos assuntos que mais os estudantes sentem dificuldades para englobar como um sistema integrado, e a nanotecnologia é um dos meios que possibilita.

Além de despertar um maior envolvimento com o conteúdo, a idéia seria possibilitar o trabalho coletivo na sala de aula, promovendo uma integração que contribua para o exercício

consciente de desenvolver atividades em grupo. Outro aspecto importante é que os alunos compreendam o mundo onde estão inseridos, com auxílio de uma educação CTS que promova a relação entre realidade e currículo escolar e contribua a sua cidadania.

De acordo com Lima e Grillo (2008),

[...] conteúdo pode ser definido como um conjunto de conhecimentos necessários para o desenvolvimento social e intelectual do estudante ou, dito de outro modo, conteúdo é tudo que, aprendido pelo aluno, vai auxiliá-lo na construção das qualidades necessárias ao exercício pleno da cidadania, isto é, conhecimentos cuja apropriação pelo estudante lhe permitem uma leitura adequada da realidade e competência e autonomia para nela intervir [...] (LIMA E GRILLO, 2008 p.122).

O quadro 7 ilustra as idéias que os licenciandos programaram como provável atividade a ser desenvolvida na sala de aula com estudantes do ensino médio, na disciplina de Biologia quando o tema for o conteúdo de citologia.

| Como Ensinar Nanotecnologia | |
|------------------------------------|--|
| Grupo | Sugestões para o ensino de Biologia |
| A | O grupo sugeriu a realização de um teatro sobre as preocupações e utilizações da nanotecnologia, integrando ao conteúdo de citologia, assim como atualizações sobre possíveis inovações e as proporções éticas das pesquisas em nanotecnologia. |
| B | A sugestão do grupo é a produção de imagens coloridas utilizando-se cartolina ou mesmo programas de computação que possibilitem aos alunos na escola criarem um quebra-cabeça das estruturas vistas em citologia, mas que essas imagens fossem em nanoescala. Assim estaríamos estimulando a curiosidade e criatividade dos alunos, que por meio do envolvimento estariam aprendendo o conteúdo relacionando-o com questões atuais, como a nanotecnologia. |
| C | Realizar uma atividade que consiste no estudo do processo bioquímico da síntese de proteínas no qual os alunos na escola utilizando materiais como folhas, cordão e canetas coloridas simulariam o processo da síntese de proteínas, onde por meio de possíveis falhas no decorrer do processo entraria a nanotecnologia com nanocápsulas que poderiam corrigir erros que estariam desencadeando futuras doenças. Segundo o grupo, os alunos além de estarem totalmente envolvidos com o conteúdo, poderiam visualizar melhor esse processo integrando-o no conteúdo de citologia em sala de aula. |
| D | Programar um trabalho nos pressupostos de uma unidade de aprendizagem, e também utilizando a Técnica de Brainwash. De acordo com o grupo, as atividades teriam início logo após a apresentação do conteúdo de citologia, no qual se introduziria a nanomedicina pedindo-se aos alunos escreverem sobre o assunto, assim utilizando a técnica de Brainwash. Os alunos seguidamente começariam o processo de pesquisa, finalizando-se os trabalhos por eles produzidos com um vídeo sobre nanomedicina, aproximando-os ainda mais da realidade quando envolvida nos conteúdos. |

Quadro 7 – Sugestões dos licenciandos, após suas investigações, sobre como ensinar nanotecnologia no ensino de Biologia quando inserido ao conteúdo de citologia.

A Biologia é uma disciplina essencial para a compreensão do funcionamento do corpo humano e de todos os organismos. Um dos primeiros temas introdutórios ao conteúdo de Biologia no ensino médio é a citologia, apresentada normalmente à primeira série. Além do mais, ao longo das três séries vários outros temas são estudados, desde o estudo dos seres vivos, genética, evolução e ecologia. Assim, é importante que já na primeira série a aprendizagem esteja cercada de curiosidade e interatividade ao conteúdo para despertar o interesse dos alunos à disciplina e a seus contextos futuros. Alguns estudos foram realizados sobre o estudo da célula no processo de ensino e aprendizagem visando à compreensão do aluno como os apresentados por Palmero (2000; 2001) e Palmero e Acosta (2003).

Sabe-se que um dos assuntos introdutórios ao conteúdo de citologia refere-se à microscopia eletrônica. Normalmente, é solicitado ao aluno desenhar um microscópio ótico e nomear suas partes mais importantes. Nesta parte do conteúdo o professor poderia introduzir a nanotecnologia. Assim o aluno, além de conhecer os diferentes tipos de microscópios, como os descritos por Azevedo (2006) e Hermmann Junior et al. (2006), que permitem visualizar e manipular estruturas em escala nanométrica, igualmente compreenderiam a diferença no tamanho das estruturas quando visualizadas em diferentes microscópios, chegando até a escala nanométrica. Com auxílio de diversas imagens, estabelece-se a noção de tamanho e unidade de medida quando visualizadas em diferentes microscópios, desde os mais simples aos mais modernos.

O filme de ficção científica *Fantastic Voyage – Viagem Fantástica* e o documentário de divulgação científica *Viagem Fantástica: em busca da cura* apresentam uma série de características interessantes que podem despertar a curiosidade e a imaginação dos estudantes. O primeiro porque faz o aluno compreender a dimensão celular, do todo ao muito pequeno, em que médicos e pesquisadores são miniaturizados e introduzidos no organismo de um adulto gravemente doente. O segundo porque aborda uma série de aspectos sobre a nanotecnologia, como pesquisas atuais e perspectivas futuras, principalmente em relação à nanomedicina. Ambos demonstram um pouco da dimensão celular.

A UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas/ SP – idealizou um projeto chamado “*NanoAventura*”, inaugurado em abril de 2005, com iniciativa do Museu Exploratório de Campinas – SP. *NanoAventura* é um espaço onde encontram-se uma série de atividades para escolas desde exposições de vídeos, animações e jogos, entre outras atrações relacionadas a nanotecnologia e nanociência, possibilitando na interatividade o conhecimento

dessa ciência. Além disso, dispõem de uma página eletrônica, que apresenta informações detalhadas a todos os interessados em conhecer melhor o projeto e visitar o espaço. Um estudo interessante realizado com alunos do ensino médio foi idealizado por Lozada e Araújo (2006) com objetivo de avaliar o processo educativo desencadeado no espaço NanoAventura.

Na escola, com certa frequência, alunos questionam a aprendizagem de alguns conteúdos. Não compreendem, tampouco relacionam com outras questões fora do contexto escolar. Estes questionamentos aos professores parecem ser mais rotineiros no ensino médio. Neste período estão em uma fase de decisões importantes, preparando-se para instituir uma escolha profissional, e aulas transmitidas podem interferir neste momento, já que direcionam o aluno a desmotivação e desinteresse por uma determinada área de conhecimento. Saber pensar, construir argumentos e problematizar é fundamental para a aprendizagem do aluno que futuramente fará parte, como cidadão, das decisões na sociedade que representa. Essa nova formação do aluno exige novas atitudes de ensino do professor, sendo fundamental capacitar sua forma de ensinar em referência a uma alfabetização científica.

Nas palavras de Ramos (2004, p. 26)

[...] parece importante reconhecer que as salas de aula, em todos os níveis, devam sofrer transformações radicais, passando a contribuir mais decisivamente para o desenvolvimento da autonomia dos cidadãos de modo a permitir a sua emancipação, transformando-se de objetos em sujeitos.

Segundo os licenciandos a nanotecnologia contribui na compreensão do conteúdo de citologia:

Imagino que a proposta traz ao aluno a idéia das dimensões dos componentes celulares, sua complexidade, à importância de se conhecer seu funcionamento e relacionar com as polemicas manipulações que transcorrem hoje.

Percebi que a nanotecnologia pode ser aplicada a qualquer parte do conteúdo de citologia.

Ao tratar do tema nanotecnologia no contexto da disciplina de Biologia e especificamente ao conteúdo de citologia, na análise das respostas destacaram-se aspectos importantes que relacionam a nanotecnologia como sendo um *tema inovador* para o ensino de Biologia. Os licenciandos destacaram a importância de inserir no contexto da disciplina temas que acrescentem novas ênfases aos conteúdos curriculares, como forma de atrair o aluno para o conteúdo, desmistificando julgar a citologia um tema desmotivador, como exemplificado nos seguintes depoimentos:

O tema é totalmente inovador, uma nova tecnologia integrada com assuntos que são estudados no ensino médio e que muitas vezes não são bem compreendidos e que integrando com um tema inovador ficaria muito mais atrativo ao ensino da citologia.

A nanotecnologia abre muitas portas para a inovação do aprendizado em sala de aula. A citologia por ser uma matéria considerada por muitos, “chata” se torna muito mais agradável aos alunos.

É um tema inovador e tecnológico que vem a adicionar e despertar o conhecimento da intensa mobilidade da ciência. Apesar de nem todas as escolas poderem ter acesso facilitador ao conhecimento dessa novidade é válido implementá-la.

A nanotecnologia é um tema extremamente atual, e podendo ser trabalhado com o conteúdo de citologia torna-se uma atividade bastante inovadora. Fazendo com que os alunos se tornem conscientes e se envolvam com esse tema, afinal esse assunto será um dos pontos principais da sociedade no futuro dos alunos do ensino médio de hoje.

No discurso dos alunos, o prognóstico que conteúdos considerados extensos e pouco atrativos, quando inseridos em assuntos contemporâneos e interessantes como a nanotecnologia podem ser mais bem compreendidos pelo aluno. De fato, no decorrer das investigações os licenciandos perceberam o quanto é pertinente aproximar um conteúdo tradicionalmente presente no currículo escolar, com temas totalmente atuais que permitam ao aluno compreender de forma mais envolvente os conteúdos curriculares, que conforme Lima e Grillo (2008) ao escreverem sobre “conteúdo” nos informam que pode ser visto como habilidade indispensável para o aperfeiçoamento social e intelectual do aluno, de forma a promover competências essenciais à prática da cidadania.

Além disso, cabe destacar outros comentários presente nos depoimentos que dizem respeito ao *conteúdo de citologia*, propriamente dito, inserido no contexto da nanotecnologia. Nesses depoimentos os licenciandos exploraram o discurso em relação à compreensão da citologia em que destacam as dificuldades na percepção do aluno ao conteúdo. No entanto, consideraram fatores como a promoção da criatividade, despertando o debate próprio. Como argumentado nos seguintes depoimentos:

Percebo a nanotecnologia como um tema a ser discutido dentro do contexto da citologia, promovendo entre os alunos a possibilidade de opinar, observar e despertar a criatividade ao colocar em paralelo os dois lados de uma tecnologia recente e ainda consideravelmente desconhecida em termos de impactos para a sociedade humana e meio ambiente.

A nanotecnologia é um tema que possibilita discutir, criar e aplicar em sala de aula o conteúdo de citologia, pois pode-se abordar temas de dificuldades dos alunos tornando melhor para seu entendimento e compreensão. A citologia é um dos

assuntos que mais os estudantes sentem dificuldade para englobar como um sistema integrado, e a nanotecnologia e um dos meios que possibilita.

Vejo a nanotecnologia no contexto molecular da citologia, como exemplificado pelo meu grupo, trabalhando a integração do tema com assuntos de transição e replicação e síntese protéica.

Imagino que a proposta traz ao aluno à idéia das dimensões dos componentes celulares, sua complexidade, a importância de se conhecer seu funcionamento e relacionar com polemias manipulações que transcorrem hoje.

A escola pode ser considerada espaço livre para integrar a realidade com conhecimento curricular vigente. O aluno poder compreender o que está assimilando em meio a temas atuais é relevante, com reflexo imediato no decurso da sua aprendizagem. Faz-se necessário ao aluno abandonar a condição de espectador na perspectiva de interagir com questões indispensáveis para compreensão do conteúdo. Na sala de aula, são freqüentes perguntas aos professores sobre conteúdos considerados irrelevantes ao seu cotidiano, em todas as áreas das ciências: na Biologia, Física, Matemática ou Química. Os alunos almejam reconhecer o envolvimento das abordagens nos conteúdos, á exemplo da citologia, com fatores externos a sua vida. (ANTONIO², 2002, citado por ROCHA FILHO, BORGES e BASSO 2007, p.20) relata que:

A primeira exemplificação é a fala de um aluno do primeiro ano do ensino médio. Ele diz não gostar de Biologia, porque o estudo vai dividindo a célula em várias partes, e cada parte vai sendo dividida, e assim por diante, com uma lista cada vez maior de nomes para decorar. E nós não entendemos nada.

Sendo a citologia cercada por complexos sistemas cujas estruturas se completam em processos integrados, considera-se o fato do aluno não compreender os passos criados pelo professor para contextualizar o conteúdo. Além disso, o docente quando não utiliza um sistema pedagógico que se configura em fatos interessantes e envolventes no entorno do tema, gera desmerecimento e desinteresse na aprendizagem, conseqüentemente, consideram-se aulas cansativas e a tal memorização costumeira. Espera-se que ao falar em nanotecnologia os professores possam deparar-se com riquezas enormes de fatos agregando-os ao conteúdo de citologia.

Segundo Zanon et al. (2008), no livro didático a dialética da citologia está fundada de maneira que não contribui à aprendizagem do aluno. Na percepção dos autores, o estudo da

² ANTONIO, S. Educação e transdisciplinaridade. Rio de Janeiro: Lucerna, 2002. 152p.

citologia deveria concentrar-se no plano dos conteúdos da 3ª série do Ensino Médio, assim, oportunizando aos alunos a compreensão de abordagens que tenham analogia entre a Química e a Biologia, de maneira a estabelecer a interdisciplinaridade, a exemplo, o estudo das membranas celulares dentro do contexto dos lipídeos e proteínas.

Outro fator interessante a considerar e observado pelos licenciandos foi o *“trabalho multidisciplinar que envolve esta ciência”*, a nanotecnologia, pois Médicos, Biólogos, Físicos, Engenheiros, Químicos e outros profissionais estão envolvidos e atuando juntos nos mesmos objetivos e sob olhares diferentes para inúmeras pesquisas, mas que se interligam em algum momento, assim surge outra categoria emergente dos depoimentos relacionada à *interdisciplinaridade* no Ensino de Biologia.

Um dos licenciandos comenta que,

Sendo uma área multidisciplinar, exigindo conhecimentos de áreas diversificadas, e de importante impacto em nosso futuro é muito importante ter o seu conhecimento, pois, em breve, seremos professores.

O mesmo aluno prossegue dizendo:

A multidisciplinaridade é uma ferramenta importante para a associação de conhecimentos, como, neste caso a nanotecnologia e a citologia, e também formar uma mente crítica, capaz de opinar e criticar. Apesar das dificuldades encontradas no ensino (precariedade, abandono e desinteresse de alunos e professores, etc.) poder-se-ia introduzir o conteúdo em aula e explanar sobre o assunto, visando, especialmente, o seu impacto em nossa sociedade e na vida das pessoas.

A Multidisciplinaridade ocorre a partir de um objeto de estudo em determinada disciplina que focaliza a atenção de outras disciplinas, na interdisciplinaridade os conhecimentos se integram entre as diferentes ciências, ou seja, professores e alunos se unem numa troca de informações relativas a um único tema. Por fim, encontramos a transdisciplinaridade:

[...] A transdisciplinaridade envolve os elos entre as disciplinas, os espaços de conhecimento que consubstanciam esses elos, ultrapassando-os com o objetivo de construir um conhecimento integral, unificado e significativo. [...] envolve uma atitude vinculada à complexidade, ou seja, à disposição e à capacidade de se posicionar ativamente perante os diversos níveis de realidade (BASSO, ROCHA FILHO e BORGES 2008 p. 253).

Por fim narram-se as transformações ocorridas na vida acadêmica dos licenciandos após o desenvolvimento de todo o trabalho, o qual se desdobrou nos temas: unidades de aprendizagem e formação inicial de professores.

5.3 Contribuições na Formação Inicial de Professores de Biologia: um novo olhar ao século XXI; uma unidade de aprendizagem para a vida.

O seguinte subcapítulo apresenta, a partir da análise dos depoimentos, a contribuição que a pesquisa proporcionou para a vida acadêmica dos licenciandos, suas motivações desencadeadas com o trabalho e, também, como enriquecimento profissional e pessoal. Relata que a metodologia unidade de aprendizagem foi percebida pelo grupo como uma provável ferramenta de ensino a ser utilizada por eles em outro momento, já como professores do ensino de Biologia. Por fim, mostra que o desenvolvimento do trabalho foi percebido como relevante para a formação inicial desses futuros professores de Biologia.

Percebeu-se no grupo de licenciandos o quanto despertaram olhares para os caminhos da sua própria formação e ao ensino escolar, ultrapassaram barreiras e opinaram conscientemente. Com base nos depoimentos investigados, aqui encaminhados, foi possível perceber que o trabalho acrescentou significativamente algo a mais na vivência acadêmica desses estudantes.

O texto a seguir apresenta evidências na mudança de concepções educacionais de um licenciando a partir do trabalho em aula:

O presente trabalho foi significativo como tema de relevância na atual conjuntura global e como aprendizado para futuras unidades de aprendizagem. Aproveitei bastante o tema, principalmente a parte da investigação depois de ter sido instigada na introdução feita pela mestranda. O trabalho me fez refletir sobre a importância de estar sempre atualizada e de como o professor é importante como instigador de temas atuais e possíveis mercado de trabalho para seus alunos, bem como tentar incluí-los na sociedade tecnológica.

Na reflexão do licenciando destaca-se o quanto é importante que o professor insira na sala de aula contextos atualizados, que contribua a profissionalização do aluno, sendo necessário ampliar seus conhecimentos em abordagens globalizadas.

A educação deverá atender a expectativas da sociedade quanto ao progresso tecnológico e científico, preparando cidadãos para compor debates e tomada de decisões, atendendo as necessidades da humanidade com responsabilidade e respeito a todas as classes sociais. A facilidade dos meios de comunicação transmitirem informações ao alcance de grande parte da sociedade, comunicadas pela leitura ou outros meios, como telejornais,

revistas e internet, aproxima a população de abordagens anteriormente restritas a cientistas ou pesquisadores das diversas áreas do conhecimento.

As transformações em nível econômico, político e social decorrentes do progresso da ciência e da tecnologia exigem, igualmente, uma sociedade com competência a participar, avaliar e questionar constantemente as questões atuantes deste desenvolvimento (PINHEIRO, SILVEIRA e BAZZO, 2007). Dessa forma, considera-se a importância de inserir no discurso da sala de aula reflexões sobre ciência, tecnologia e sociedade. Além disso, os alunos assíduos nos mais variados meios de comunicação ainda mistificam a idéia de que ciência são para cientistas de jaleco branco presentes em laboratórios. Ao lembrarmos que estes mesmos alunos, amanhã cidadãos, à frente de decisões de impacto ao meio em que vivem, consideramos a imensa necessidade de preparar indivíduos a exercer conscientemente suas funções.

Será necessário que o ambiente escolar acompanhe essas transformações incluindo-as no currículo, a fim de propiciar um conhecimento contextualizado dos fatores presentes na sociedade, favorecendo ao aluno o desenvolvimento da capacidade de argumentação e de pensamento crítico e questionador sobre os discursos presentes do cotidiano. Nas palavras de Kawasaki (2005), a escola é ambiente provável de confronto de valores e crenças como forma de ordenar posicionamentos a partir das visões de alunos e professores.

A fim de acompanhar essas mudanças aceleradas da sociedade será importante que professores ao selecionarem conteúdos e prepararem a construção de conhecimentos, contextualizem-nos neste sentido, ou seja, na realidade dos alunos. Compreender fenômenos com maior sentido à vida suscita uma perspectiva reconstrutiva no entendimento dos conteúdos porque um novo olhar será direcionado ao conhecimento. Este será ampliado e valorizado.

Segundo (DELORS³, 2005, citado por LIMA e GRILLO 2008, p. 118)

[...] os conteúdos selecionados para serem trabalhados na escola precisam contribuir para o acesso a um tipo de conhecimento capaz de ampliar e enriquecer a interpretação de mundo dos sujeitos e propiciar a sua participação nos processos de transformação e construção da realidade, favorecendo a criação de uma sociedade com condições de vida harmoniosas e produtivas para todos.

Essas transformações parecem ser percebidas, principalmente, quando trata dos fenômenos biológicos. Ao estudo da Biologia Celular e Molecular, por exemplo, no curso de Ciências Biológicas, dedica-se um tempo expressivo à compreensão dos fenômenos que

³ DELORS, J. (Org.). A Educação para o século XXI. Porto Alegre: Artmed, 2005.

fazem parte desse conhecimento. Este se estabelece desde a introdução das células, moléculas, passando pelos componentes químicos, DNA, divisão celular e tantos outros temas necessários a sua compreensão, aprofundados, por exemplo, por Cooper (2001), Alberts et al. (2002), Carvalho e Recco-Pimentel (2007).

Embora à primeira vista o tema desperte curiosidade, principalmente por ser cercado de inúmeras nomeações interessantes, percebe-se no estudante universitário a perda desse interesse porque, à medida que o conteúdo, cada dia mais extenso, avança, as percepções e ligações entre os fenômenos parecem se distanciar em algum momento da sua percepção. Talvez o fato das aulas serem na maior parte do tempo transmitidas, com ferramenta multimídia ou não, contribua para esse acontecimento. Outra possibilidade vem do próprio estudante que, ao iniciar estágios em determinadas áreas, afasta-se um pouco das disciplinas que não considera importantes a sua formação, tornando-se estas, meros preenchimentos de currículo.

Há mais tempo a importância do estudo da célula é reconhecida, conforme afirmam Alberts et al. (2002):

[...] À medida que nos aproximamos do século XXI, o entendimento básico da célula como a unidade fundamental dos seres vivos deve fazer parte do conhecimento a ser ministrado. Nos últimos 50 anos, os avanços – sem sombra de dúvidas revolucionárias – no entendimento da biologia celular estão entre os grandes triunfos da existência humana (ALBERTS, 2002, p. XI).

Com certa frequência surgem, nos meios de comunicação, abordagens que falam sobre células-tronco, transplantes, técnicas avançadas em diagnósticos médicos, remédios mais eficazes para determinada doença, a biotecnologia, a nanotecnologia, entre tantos outros assuntos que se relacionam diretamente com a vida humana. Todos tem interesse, por exemplo, na prevenção de doenças, em temas como clonagem e na esperança da cura do câncer, questões estas constantes em revistas de divulgação científica como a *Nature* e *Scientific American*, esta, ao alcance de todos em todas as bancas de revistas do país. Expressões estas que se tornam comuns entre a população, que de uma forma ou de outra, acabam por apresentar algum conhecimento em tais questões, seja este enriquecido com referências apropriadas ou sustentado no senso comum, sem qualquer teor científico.

O acúmulo de informações é transportado ao ambiente escolar. Os alunos levam consigo conhecimentos que em algum momento podem ser despertados por ele, ou provocados pelo professor, permitindo inserir na sala de aula o debate, a dúvida, o interesse

em investigar, contextualizar e enriquecer o vocabulário da realidade da vida diária. Assim, considera-se que estabelecer relações entre o conteúdo e a realidade do aluno é muito importante, porque pode contribuir para aulas mais participativas e interativas, muito necessárias ao estudo da biologia. De acordo com Demo (2005),

[...] a cidadania que se elabora na escola não é, por sua vez, qualquer uma. Pois é especificamente aquela que sabe fundar-se em conhecimento, primeiro para educar o conhecimento, e segundo, para estabelecer com competência inequívoca uma sociedade ética, mais equitativa e solidária. (DEMO 2005, p. 07)

A percepção do movimento dos fatos vistos na sala de aula, com abordagens externas a este espaço, desperta a curiosidade. A exemplo, cita-se o filme de ficção científica *Viagem Fantástica*, de 1966, em que um grupo de cientistas realiza uma viagem ao interior do corpo humano a bordo de um submarino. No filme os cientistas são miniaturizados com o objetivo de realizar uma delicada operação. No filme, permite ao aluno visualizar os fenômenos biológicos por ângulos inesperados e compreender os aspectos celulares de maneira a sentirem-se neste ambiente. Cabe ao professor perceber esta ferramenta de ensino.

O docente que inicia sua formação não almeja aprender a ensinar, e mais ainda, o que ensinar, somente ao chegar à sala de aula diante de estudantes preparando-se para a vida, que esperam do professor algo além de transmissão e discurso interminável. No entanto, é o que poderá acontecer se o futuro professor nem ao menos percebeu durante sua formação a necessidade de uma educação inovadora, sustentada em abordagens diferenciadas, e mais ainda, em fatores sociais, políticos e culturais. E o profissional da educação sente esta necessidade, de se encaixar a estes caminhos.

Segundo Lima e Grillo (2008, p. 117),

O professor que tem em vista promover uma educação científica capaz de possibilitar aos alunos a atuação competente, na sociedade da qual fazem parte, caracteriza-se pelo envolvimento na construção dos documentos balizadores das ações educativas e pelo compromisso com a construção de um sujeito crítico e transformador.

Na etapa inicial da formação docente podem-se captar novas idéias. Sentir-se preparado à prática docente com confiança, sem medo de programar ações educacionais inovadoras na sala de aula. Estas são necessárias. Conteúdos complexos deixam de ser complexos, aulas transmitidas deixam de ser transmitidas e aulas cansativas, não se encontra mais espaço para elas. Poderia ser apenas um sonho se não houvesse na faculdade espaço a pensar diferente, porque acadêmicos podem abrir a porta da sala de aula e levar o mundo para

dentro dela. Na bagagem, novas metodologias, novas posturas, não considerando alunos como estátuas, mas parceiros que auxiliam e constroem sua própria aprendizagem.

É a prática que desperta o educador para a vida, com um novo olhar para o mundo e para aqueles que aguardam sua chegada na sala de aula.

Como escreve Marandino (2003),

A formação inicial de professores no Brasil via as Licenciaturas, vem sendo objeto de estudo e de práticas há vários anos. A história da Metodologias e/ou práticas de Ensino no país remonta à década de 1930 e, ao longo de sua existência no currículo, esta disciplina tornou-se parte dos cursos de Licenciatura na forma de “estágio curricular”. [...] uma prática que aparecia ao final do curso de formação (MARANDINO, 2003 p. 59).

Os enfoques interdisciplinares e mais ainda, transdisciplinares, vem somar juntamente ao conhecimento do professor. Ultrapassam-se barreiras e se desconsidera cada vez mais a fragmentação do conhecimento. Esses contribuem positivamente na introdução dos temas transversais aos conteúdos curriculares, como um movimento, um complementa ao outro. Como citado por Basso, Rocha Filho e Borges (2008), a transdisciplinaridade está além da interdisciplinaridade, é algo a mais, que amplia o conhecimento e, igualmente, as relações interpessoais.

Esta abordagem inseriu-se no contexto das Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006), que destaca como auxílio para a estruturação pedagógica do professor de Biologia temas como: identidade dos seres vivos; diversidade da vida; origem e evolução da vida; interação entre os seres vivos; qualidade de vida das populações humanas; e transmissão da vida, ética e manipulação gênica.

Em relação ao ensino de Biologia, apresenta como desafio facultar ao aluno o conhecimento biológico inserido no debate moderno que possibilite a percepção da relevância dos fatos em termos globalizados, e deverá propiciar um conhecimento consistente de Biologia e pensamento crítico, orientando alunos a compor questões que interferem no meio em que estão incluídos (BRASIL, 2006). A disciplina de Biologia, pela sua diversidade, oportuniza esta possibilidade aos alunos, para que possam estar construindo afinidades entre sua realidade e os contextos dos conteúdos curriculares.

De acordo com uma licencianda

A aproximação dos conteúdos trabalhados na escola com assuntos diversificados da realidade mundial, que não necessariamente fazem parte da esfera de conhecimento do aluno e que por esse motivo são interessantes de serem trabalhados, no momento

em que proporcionam o conhecimento por parte do aluno de temas de influência global.

Um licenciando percebeu a pesquisa como atividade para o contexto da disciplina onde este trabalho foi desenvolvido, assim, expressou a importância quanto à diversidade de informações necessárias à disciplina, considerando-as positivas para a formação do futuro professor:

Num mundo que muda tudo tão rapidamente, onde a atualização e a necessidade de saber mais se tornam importantes, é de extrema importância levantar questões diversificadas, ainda mais em uma disciplina que visa a formação de futuros professores. [...] Creio que estes temas tendem a melhorar e nos ajudar a ter uma visão crítica e ética sobre eles.

Presente na modalidade Licenciatura do curso, a disciplina Metodologia e Prática do Ensino de Biologia oportuniza aos alunos a prática docente em sala de aula, sendo que uma das atividades propostas no período de estágio fica reservada à elaboração de atividades como jogos e experimentos, na disciplina de Biologia.

É importante destacar que os licenciandos estavam se encaminhando para a etapa final do curso, sendo que a maioria já havia realizado atividades docentes nas escolas e, no momento em que realizavam as atividades desta pesquisa, estavam presentes nas instituições de ensino cumprindo estágios de docência obrigatórios. Assim, consideraram importante reconhecerem novas direções de como ensinar e o que ensinar baseados em novos métodos que despertem a vontade de aprender nos alunos, bem como o interesse do aluno em buscar sua própria referência, ou seja, de criar suas próprias ferramentas a procura do conhecimento. A aproximação entre a realidade e o contexto escolar manifestou-se nesse depoimento:

Primeiramente, como professora em formação é excelente abordar temas diversificados e a reflexão de como levá-los à escola. Segundo, como forma de interagir com conteúdos atuais que tivemos pouco contato. Outro aspecto relevante é o trato de maneira transdisciplinar, tão pouco trabalhado nas escolas e tão importante no ensino. Na minha opinião, o único aspecto negativo é a pouca divulgação do tema e da metodologia.

Nessa reflexão o reconhecimento de aspectos positivos quanto às abordagens atuais na sala de aula e uma educação transdisciplinar, pouco divulgada.

Segundo Rocha Filho, Basso e Borges (2007)

A ação educacional transdisciplinar, então, se orienta para a construção do ser completo, não somente para a acumulação de conteúdos na memória, não somente para o treinamento de técnicas, não somente para a ação mecânica, mas sim para o desenvolvimento da capacidade de pensar criativamente e eticamente, e de agir segundo esse pensar (ROCHA FILHO, BASSO e BORGES, 2007 p. 57).

Dessa forma, conscientes de que a sociedade passa por uma transformação, é fundamental que educadores e instituições incentivem relações próximas aos fenômenos que os circundam. A fim de que haja esta perspectiva, são necessárias aulas inovadoras. Seja na escola ou em meio acadêmico, necessitam de um novo direcionamento. Encontra-se, na escola, o aluno que aguarda um professor preparado ao ensino inovador, já na universidade, encontra-se o aluno que se prepara para aprender a ser um mediador e um profissional educador. Um dos meios ao início desta reconstrução da aprendizagem se verifica em aulas com abordagens diversificadas orientadas à reconstrução, em que o aluno seja incentivado a construir conceitos e mencionar soluções nos mais variados assuntos.

Defende-se que professores superem os métodos habituais de ensino verificados nas escolas e, conseqüentemente, consigam conduzir o conhecimento ao qual lhe foi atribuído de uma forma inovadora, envolvente e contextualizada nos aspectos em pauta na sociedade. Conforme afirma Moraes (2008), é requerido do professor ultrapassar a função de apenas transmitir informação, será necessário um avanço maior, direcionando-se a uma perspectiva de ensino para o novo século por meio de uma educação que consiga encaminhar o aluno para trabalhar com a vasta diversidade disponível de informações. Dessa forma deverá assumir um papel de mediador da aprendizagem.

Os licenciandos sentiram-se satisfeitos e aptos a realizar, como futuros professores de biologia, trabalhos semelhantes, utilizando a mesma metodologia implementada nesta pesquisa. O fato de participarem de uma unidade de aprendizagem como alunos contribuiria, futuramente, na própria elaboração e implementação desta metodologia em sala de aula. Poderiam enriquecer as atividades a partir de suas concepções como alunos já participantes anteriormente. De acordo com a licencianda:

O professor, pesquisador biólogo, deve estar sempre se atualizando. Trabalhar com unidades de aprendizagem permite que, além do aluno conhecer um assunto, faz com que o profissional atualize-se também, permitindo que o conhecimento seja adquirido por todos os envolvidos no trabalho.

Na fala dos licenciandos, a reflexão sobre a metodologia de ensino utilizada, unidades de aprendizagem, e como contribuiu para sua aprendizagem:

Acredito que estou preparada para fazer uma unidade de aprendizagem, e acho que a metodologia utilizada foi muito boa porque permitiu uma investigação e apresentação que ajuda a fixar os novos conceitos sobre nanotecnologia.

Considero a metodologia muito interessante e me sinto preparada para utilizá-la na escola. É muito interessante o fato de colocar o estudante como construtor de seu próprio conhecimento.

Como futuros professores, nas escolas puderam desenvolver atividades utilizando esta metodologia. Assim compreenderam as considerações teóricas sobre unidades de aprendizagem passadas a eles no primeiro dia, oportunizando-lhes conhecerem melhor todo o envolvimento que circunda este trabalho.

Outro licenciando acrescentou ainda o aluno como centro da aprendizagem na escola e a necessidade do professor universitário contribuir com outros aspectos, como a maneira dos alunos procederem na sala de aula:

Acredito que o trabalho tenha contribuído bastante para minha formação em questões de metodologia de trabalho. Gosto de planejar minhas aulas pensando sempre no aluno que é fonte de conhecimento e deve ser reconhecido, valorizado e estimulado. [...] O trabalho terá impacto positivo na minha forma de trabalho. No ensino superior, percebo que os jovens têm grande potencial de pesquisa e que deve ser estimulado, assim, também, como trabalho em equipe e a postura para falar em público devem ser trabalhadas e incentivadas por nossos professores.

Esse depoimento mostra o quanto está comprometido com a sua formação inicial. Destaca-se no relato a preocupação do aluno quanto à necessidade dos professores universitários trabalharem aspectos como a postura ao falar em público – durante a comunicação dos trabalhos finais, os licenciandos realmente preocuparam-se com estes fatores, solicitaram dicas e foram elogiados nessas questões após sua apresentação. Outro fato interessante a salientar é o olhar do licenciando ao seu aluno, ele percebe o quanto deve ouvi-lo e considerá-lo.

Com o passar dos dias, no desenvolvimento do trabalho, os licenciandos observavam o entorno da pesquisa porque aos poucos o tema deixava de ser considerado chato e desagradável para eles. Então, isso despertou olhares para a metodologia de ensino que estava sendo aplicada. No começo a turma questionava: “O que é essa tal nanotecnologia? O que ela tem a ver com a disciplina e para minha vida? Impossível inserir na escola”. Mas quantas coisas interessantes começaram a surgir sem ao menos se darem conta, e quando perceberam estavam envolvidos, curiosos e motivados. Além disso, transformaram-se em “tagarelas”: sustentavam sua opinião e buscavam algo mais.

Foi super significativa essa vivência de aprendizagem com o tema nanotecnologia. Primeiramente, confesso que achei impossível trabalhar esse assunto em sala de aula, ligado ao conteúdo de citologia. Após a pesquisa em grupo e os trabalhos apresentados, notei que poderia ser abordado na escola. Até então, era um tema que não tinha conhecimento, e depois da busca e troca de informações com meus colegas pude ver o quanto é importante esse tema. Assim, considero que pode ser inserido em sala de aula

Este licenciando fez parte do primeiro grupo a apresentar os trabalhos em aula. No discurso deste dia falaram em todos os momentos a seqüência escola – nanotecnologia – citologia, e esta mudança é vitoriosa para eles. É interessante a intolerância quando se deparam com o desconhecido. Como destaca o aluno, a nanotecnologia era desconhecida, mas à medida que as investigações se tornavam constantes, o tema fez sentido para ele, o que despertou um novo posicionamento ao olhar para a nanotecnologia como parte integrante da disciplina de biologia.

Nos depoimentos, outros aspectos foram observados, perceberam o quanto foi significativo terem vivenciado em um primeiro momento sendo sujeitos na unidade de aprendizagem, como mostra os depoimentos a seguir

Vivenciando é mais fácil aplicar posteriormente. Fica diferente do “faça o que eu digo e não o que eu faço”. Gostaria de ter mais tempo para me dedicar e me aprofundar mais nas atividades. Quem sabe após o término da graduação, teria tanto a falar, fazer, propor.

A partir do vivenciado, através do trabalho realizado coma turma Metodologia e Prática do Ensino de Biologia, sinto-me preparada e motivada para realizar atividades que sigam esta metodologia, uma vez que, através dela podemos explorar os conhecimentos prévios do aluno ornando a atividade muito mais atrativa e carregada de sentido.

Creio que a vivencia nesta unidade de aprendizagem contribuiu para o meu conhecimento sobre o assunto, e desta forma enriqueceu-me como professora. Acho que aprendi dentro do possível.

Nos cursos de licenciatura os alunos têm oportunidades de estudar diversas áreas relacionadas com a ciência, centro do seu estudo. No entanto, o direcionamento dado ao ensino em sala de aula poderá determinar o interesse e envolvimento deste aluno no conhecimento dos conteúdos apresentados pelas mais variadas disciplinas de seu curso. Dessa forma, professores universitários encontram-se inseridos em desafios cada vez maiores no ensino e aprendizagem do meio acadêmico. Neste, o professor é pesquisador, mas, sobretudo também um profissional da educação.

Quando os próprios futuros professores consideram, a exemplo da citologia, um conteúdo *chato e extenso*, algo além da sala de aula deverá ser realizado para modificar este pensamento, já que são esses alunos que ensinarão o conteúdo amanhã, como docentes nas escolas, sendo responsáveis não somente por valorizar conteúdos, mas por formar cidadãos com capacidades de agir, construir e pensar.

Na formação inicial o aluno pode encontrar-se preparado para enfrentar sua vida profissional, e também para dar uma seqüência aos seus conhecimentos acadêmicos por meio

de cursos de pós-graduação. Essa procura cada vez maior pela continuidade de sua formação tem início com o incentivo proporcionado por professores universitários que aproximaram estreitas relações com os alunos, no incentivo divulgado em atividades inovadoras.

Notou-se que esta pesquisa trouxe uma valorização especial para a vida profissional e pessoal dos licenciandos como exemplificado a seguir

Foi muito significativo como um profissional e também na minha vida pessoal, principalmente por buscar novas alternativas de ensino, aumento da motivação e dedicação ao trabalho. O trabalho foi extremamente envolvente, consegui abranger muitos aspectos, onde cada grupo buscou novas idéias.

Para aprender a trabalhar em grupo, é a melhor metodologia que já havia experimentado, pois aborda diversos aspectos de um mesmo tema centra. Cada um se envolve de acordo com a sua preferência e no final fica um resultado surpreendente. O conhecimento que adquiri a discussão rica que foi proporcionada dentro do grupo e durante as apresentações foram de grande valor para o meu intelecto científico e social.

Outros licenciandos embora tenham apreciado positivamente o trabalho, também manifestaram suas observações quanto à nanotecnologia no contexto proposto por esta pesquisa, como mostrado a seguir:

No aspecto pessoal foi excelente, pois me senti parte da construção do meu próprio conhecimento e no profissional também o fui, pois testada a funcionalidade da metodologia, se torna mais fácil adotá-la em sala de aula. Foi muito interessante poder tomar conhecimento sobre o tema do qual possuía muito pouco conhecimento, a abordagem e a assistência foram impecáveis. Senti e ainda sinto um pouco de dificuldade em levá-lo integrado ao assunto nanotecnologia, creio que deveríamos ter tido maior espaço para essa discussão.

O trabalho foi significativo para minha vida pessoal, uma vez que me permitiu tomar conhecimento de assuntos que normalmente não seriam procurados por mim, de uma maneira instigante e questionadora, graças á sua metodologia. Para minha vida pessoal passo a contar com uma metodologia diferenciada que certamente será aplicada nas minhas turmas, uma vez que, ao contar com o conhecimento prévio do aluno o trabalho passa a fazer sentido para ele, fato que motivará ara realizar com sucesso o trabalho proposto. [...] me permitiu maior entendimento e criatividade quanto à nanotecnologia inserida em nossa sociedade, possibilitando momentos de reflexão.

Por fim, houve evidências de contribuições à formação inicial desses futuros professores de Biologia, ao vivenciarem uma unidade de aprendizagem sobre um trabalho com tema atual, neste caso, a nanotecnologia, como sujeitos participantes.

Foram exemplificadas, por meio dos depoimentos, evidências de mudanças dos licenciandos quanto ao olhar para o ensino universitário, no qual iniciam sua formação docente, e, igualmente, novas atitudes do docente no meio escolar, que espera dele um novo posicionamento frente a diversas possibilidades de abordagem do conteúdo, sendo necessário pelas transformações crescentes na sociedade moderna, um novo olhar para o século XXI.

O acompanhamento em todo o desenvolvimento do trabalho com o grupo de licenciandos, com respeito a opiniões deles em todos os instantes, foi significativo. Este fato proporcionou segurança e confiança ao elaborarem seus trabalhos finais. Eles mencionaram aspectos como um novo olhar ao ensino e aprendizagem, uma nova metodologia, novas posturas e concepções para a educação, que lhes proporcionaram inspirações para suas vidas pessoais e profissionais.

Como afirma (TARDIF⁴, 2002 citado por FERREIRA, VILELA, SELLES, 2003, p. 38),

[...] do ponto de vista profissional e do ponto de vista da carreira, saber como viver numa escola é tão importante quanto saber ensinar na sala de aula. Nesse sentido, a inserção numa carreira e o seu desenrolar exigem que os professores assimilem saberes práticos específicos aos lugares de trabalho, com suas rotinas, valores, regras, etc.

A partir de agora, o trabalho será retomado nas considerações finais.

⁴ TARDIF, M. Saberes docentes e formação profissional. Petrópolis: Vozes, 2002.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa avaliou contribuições de uma Unidade de Aprendizagem (UA) sobre nanotecnologia e citologia à formação inicial de professores de Biologia. Foi desenvolvida por meio de um estudo de caso, envolvendo, como sujeitos, alunos de uma turma do sexto semestre, em um curso de graduação em Ciências Biológicas, modalidade Licenciatura. O grupo participante foi escolhido intencionalmente. A abordagem foi qualitativa e descritiva. Houve desenvolvimento, acompanhamento e avaliação das atividades vivenciadas ao longo da UA, por meio de uma questão aberta e um questionário com quatro questões abertas que foi respondido pelos alunos no início e ao final do processo e de registros em diário de campo.

Buscou-se responder a três questões de pesquisa: Quais os conhecimentos prévios dos alunos sobre a relação entre nanotecnologia e citologia? Quais os resultados da implementação de uma proposta integrando nanotecnologia e citologia em aulas de Biologia do ensino médio, ao longo do processo e ao seu final? Como os resultados obtidos nessa unidade de aprendizagem podem contribuir para a formação inicial de futuros professores de Biologia? Portanto, o material foi organizado e analisado segundo estas três questões, segundo a metodologia de Análise Textual Discursiva (MORAES, 2003; MORAES e GALIAZZI, 2007). O capítulo anterior apresenta a análise, discussão e resultados desta pesquisa.

Na proposta de integrar tópicos de nanotecnologia ao estudo de citologia como incentivo a uma educação inovadora para o século XXI, utilizando uma unidade de aprendizagem como ferramenta, considerou-se como ponto de partida as primeiras concepções dos licenciandos sobre os temas. Este questionamento inicial partiu do pressuposto que no conjunto da organização das unidades de aprendizagem os sujeitos envolvidos apresentam uma idéia inicial sobre os temas propostos a serem investigados, sendo aproveitados para o avanço desse conhecimento (MORAES e GOMES, 2007). O professor considera as idéias prévias dos alunos como primeira alavanca para conduzir o estudo de maneira significativa no processo de aprendizagem, mesmo que os conhecimentos dos alunos, em primeira instância, não sejam contextualizados ou efetivamente condizentes com os temas apresentados.

As idéias prévias, reconhecidas a partir do primeiro instrumento de pesquisa, desencadearam a Unidade de Aprendizagem. A UA partiu dos conhecimentos iniciais dos licenciandos, na tentativa de explorar o seu conhecimento em relação à nanotecnologia relacionada à citologia, ou pelo menos sobre um dos temas.

Geralmente estudada na primeira série do ensino médio, a citologia é considerada alvo de muitas reclamações por parte dos alunos, por ser um conteúdo extenso e exigir estudos intensos ao longo das três séries. Sendo o conteúdo escolhido como porta de entrada ao ensino de Biologia, há a necessidade de desmistificar o conteúdo como pouco atrativo e cansativo logo no início do ensino médio. Dessa forma, considera-se conveniente que nesse período haja incentivo à interatividade e se provoque a curiosidade.

Assunto cada vez mais constante nos mais diversos meios de comunicação, a nanotecnologia, atualmente presente em diversos setores da sociedade, foi a ciência escolhida para enriquecer o trabalho. Quando integrada ao conteúdo de citologia pode torná-lo atrativo e envolvente ao aluno, que deverá desconsiderar em sua rotina a memorização freqüente do conteúdo. Além do mais, seu estudo permite concretizar na sala de aula tanto uma educação voltada ao novo século, como também a oportunidade de inserir nos contextos curriculares do ensino de biologia uma abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), tão necessária a um pensamento crítico e contextualizado.

Neste contexto, com as novas propostas integradoras entre currículo escolar e realidade, o estudo da biologia passa a ser significativo na aprendizagem do aluno.

As mudanças constantes, cada vez mais aceleradas na sociedade contemporânea, exigem rupturas nos modos de ensino, considerados tradicionais em grande parte das instituições escolares ainda nos dias atuais. Estas transformações, que se constituem no entorno da escola e que integram o cotidiano do aluno, devem ser considerados no contexto do currículo adotado em cada instituição escolar.

Assim, considera-se importante inserir na formação inicial de professores atividades que permitam a eles reconhecer tais perspectivas inovadoras na educação para que tenham condições de desenvolver atividades semelhantes, como educadores, com maior confiança na sua prática pedagógica. Além disso, são os futuros professores responsáveis por valorizar e disseminar assuntos em pauta na sociedade moderna juntamente com conteúdos vigentes que permitam ao aluno pensamento crítico sobre abordagens científicas e tecnológicas.

Nos depoimentos encontraram-se evidências de que as atividades não só proporcionaram novos conhecimentos inovadores, mas mostraram a importância do desenvolvimento de novas metodologias de ensino que despertem o interesse dos alunos pelos conteúdos curriculares, e também da inserção de atividades inovadoras na formação inicial de professores.

Quanto à análise das idéias prévias dos licenciandos, ficou constatado que apresentavam poucos conhecimentos sobre nanotecnologia, sendo que poucos manifestaram alguma noção sobre o tema. Pela dificuldade verificada no grupo em expressar-se, houve a necessidade de instigá-los no momento em que tentavam escrever uma reflexão a partir do enunciado apresentado. Dessa forma, foram convidados a elaborarem perguntas que apresentassem as dúvidas que estavam surgindo sobre ambos os assuntos.

Os licenciandos sentiram necessidade de relacionar o tema nanotecnologia a outro assunto, como os transgênicos, na tentativa de elaborar questionamentos sobre nanotecnologia. Outra constatação foi o temor quanto ao tema citologia. Embora no sexto semestre do curso, a maioria formulava perguntas constantes sobre citologia no momento da atividade.

Alguns licenciandos associaram ambos os temas ao ambiente educacional. No entanto, constatou-se que alguns questionamentos surgiram pelo fato do trabalho ter sido realizado em uma disciplina presente na modalidade licenciatura do curso. As questões elaboradas pelos licenciandos foram divididas, posteriormente, em dois grupos: o primeiro grupo reservou-se a perguntas que continham informações sobre os temas como pesquisa científica propriamente dita. O segundo grupo continha perguntas relacionadas a ambos os temas quando trabalhados no setor educacional. A curiosidade a esta área ficou evidenciada principalmente por considerarem o tema importante em outras disciplinas do curso.

Na análise da transformação do conhecimento dos licenciandos durante o desenvolvimento da UA, foi constatado que o grupo instituiu um comprometimento com as pesquisas para a elaboração do trabalho final. Suas investigações centraram-se tanto nas perspectivas científicas e tecnológicas quanto no ensino e aprendizagem de temas e metodologias inovadoras para a sala de aula. O fato de no momento das atividades estarem, paralelamente, em estágios de docência, contribuiu para o crescimento do grupo, tanto em relação à atividade em que estavam envolvidos quanto à metodologia de ensino, Unidade de Aprendizagem. Perceberam ser atraente na captação de alunos mais comprometidos com a aprendizagem na escola.

Outro ponto a destacar é que o grupo engajou-se no trabalho com interesse e responsabilidade, pois todos realizaram ótimos trabalhos sobre nanotecnologia, e posteriormente debateram com autoconfiança. Enquanto investigavam os diversos assuntos sobre nanotecnologia começaram a percebê-la como provável tema de ingresso ao setor educacional. Programaram atividades para inserir a nanotecnologia ao conteúdo de citologia na disciplina de biologia no ensino médio com autonomia e liderança no desenvolvimento de idéias promissoras para melhorar o estudo da citologia.

Nos seminários apresentados para o fechamento das atividades houve a contextualização de temas esperados e inesperados, que não estavam programados inicialmente. Os licenciandos enriqueceram os seminários com abordagens atuais e compreenderam as atividades na dimensão educacional. Assuntos, como: nanopartículas, nanorobôs, nanocatalizadores, nanoesferas biodegradáveis, nanotribologia, questões sociais, nanoética, nanomedicina, riscos e benefícios da nanotecnologia, áreas, aplicações, impacto das pesquisas em nanotecnologia e a multidisciplinaridade presente nessa ciência foram alguns dos temas destacados pela turma no momento da comunicação dos resultados dos seus trabalhos. Discutiram os temas com argumentos, agora, contextualizados, a partir do estudo efetuado por eles no decorrer da elaboração do trabalho final.

Nos depoimentos, apareceram manifestações sobre a nanotecnologia como ciência, assim como sendo um tema para ser discutido nas dimensões da citologia. Perceberam a nanotecnologia como forma de atrair a atenção do aluno ao estudo da citologia. Consideraram oportuna a inserção de inovações no ensino em meio a novas metodologias, que contribua a abordagens atuais e ao desenvolvimento da capacidade criativa e autônoma dos alunos. Outro aspecto observado foi o destaque à interdisciplinaridade e à transdisciplinaridade.

Por fim analisou-se a contribuição do trabalho para a formação inicial dos licenciandos. A pesquisa oportunizou a professores em formação novos conhecimentos, metodologias e visões de ensino e aprendizagem quando inseridas em contextos inovadores, aliados a assuntos recentes que circulam na realidade científica e tecnológica da sociedade. Considerou a necessidade de transformações educacionais e de enriquecer conteúdos em meio a atividades diferenciadas, tornando-os mais significativos aos alunos. Considerou-se o tema nanotecnologia como aliado neste processo. Incluído ao conteúdo de citologia com auxílio de uma metodologia de ensino, como as unidades de aprendizagem, a nanotecnologia contribuiu não somente à percepção de que realidade e conteúdos curriculares podem andar juntos, mas

trouxe mudanças nas concepções de licenciandos que se preparam em breve para a conclusão do curso.

Tendo em vista perspectivas de continuidade da pesquisa, as discussões desencadeadas com o trabalho não devem esgotar-se com seu término. Seria pertinente aprofundar as questões apresentadas, igualmente, em novos horizontes. Considera-se relevante a continuidade de outras pesquisas inserindo a nanotecnologia no contexto da disciplina de biologia no ensino médio, bem como trabalhar um único tema relacionado a esta ciência, como o setor ambiental, tão importante e discutido atualmente.

Além do mais, a citologia, deve continuar sendo trabalhada. Mas é preciso acompanhar constantemente o conteúdo tanto no ensino secundário, como universitário para que venha futuramente a ser considerado na vivência dos alunos que aguardam aulas inovadoras e participativas ao tratar do conteúdo.

O trabalho foi desenvolvido no contexto de uma unidade de aprendizagem, mas também poderia ser considerado no âmbito de outras metodologias que envolvam o educar pela pesquisa. No ensino universitário seria importante aprofundar também a resolução de problemas, principalmente em disciplinas consideradas mais complexas pelos estudantes, como a Biologia Celular e Molecular, a Genética e a Ecologia, já que a escola aguarda professores aptos a ensinar com êxito o conhecimento específico da ciência que lhes compete.

Desse modo, espera-se que os resultados apresentados neste volume possam contribuir à transformação do ensino e da aprendizagem de educadores e alunos.

REFERÊNCIAS

ALBERTS, Bruce; et al. **Fundamentos da Biologia Celular**: uma introdução á biologia molecular da célula. Trad. Carlos Termignoni et al.. Porto Alegre: Artmed, 2002.

ALPER, Joe. Us NCI Launches Nanotechnology Plan. **Nature Biotechnology**, v. 22, n. 11, p. 1335-1336, 2004.

ALTET, Marguerite. As Competências do Professor Profissional: entre conhecimentos, esquemas de ação e adaptação, saber analisar. In: PERRENOUD, Philippe; et al. (Orgs.) **Formando Professores Profissionais**: quais estratégias, quais competências; trad. Fátima Murad e Eunice Gruman. 2. ed. rev. Porto Alegre: Artmed, 2001, p. 23-35.

AULER, Décio; BAZZO, Walter Antonio. Reflexões para a Implementação do Movimento CTS no Contexto Educacional Brasileiro. **Ciência e Educação**, v.7, n.1, p.1-13, 2001.

AUSUBEL, David. P. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AZEVEDO, Ricardo Bentes de. Microscopia Eletrônica. In: DURÁN, Nelson; MATTOSO, Luiz Henrique; MORAIS, Paulo Cezar. **Nanotecnologia**: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação. São Paulo: Artliber, 2006, p.101-109.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**: contribuições para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BASSO, Nara; ROCHA FILHO, João; BORGES, Regina. Transdisciplinaridade na educação continuada: uma proposta na Pós-Graduação em Ciências e Matemática. In: GALLIAZZI, Maria do Carmo et al. (Orgs.). **Aprender em rede na educação em ciências**.. Ijuí: Unijuí, p. 249-262, 2008.

BAZZO, W. A; LINSINGEN, Irlan Von; PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale (Eds). Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). **Cadernos de Ibero-América**, Madri: OEI, 2003.

BAZZO, Walter. A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade e o Contexto da Educação Tecnológica**. Capítulo 5 – Delineando um Conteúdo Programático em CTS. Florianópolis: UFSC, 1998. Disponível em: <<http://www.oei.es>>. Acesso em: 05 dez. 2007.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Orientações curriculares para o Ensino Médio**. Volume 2, p. 15-42, 2006. Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias. Capítulo 1 - Conhecimentos de Biologia. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/index.php?option=content&task=view&id=680&Itemid=704> Acesso em: 12 set. 2008.

BORGES, Regina Maria Rabello. **Em Debate**: cientificidade e educação em ciências. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

BINS NETO, Ricardo Carlos. **Desenvolvimento a ética ambiental por meio de uma unidade de aprendizagem sobre educação ambiental**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2008. Disponível em: http://tede.pucrs.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1493. Acesso em: 05/11/2008.

CARVALHO, Hernandes; RECCO-PIMENTEL, Shirlei. **A Célula**. 2. ed. Barueri, São Paulo: Manole, 2007.

CIMA, André Vanderlei. **Tópicos de Ciência e Tecnologia Contemporâneas na Educação Básica: retratos de um desafio docente**. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, 2007. Disponível em: <http://www.ppgect.ufsc.br/dis/48/dissert.pdf> Acesso em: 03/10/2008.

COOPER, Geoffrey. **A Célula**: uma abordagem molecular. Trad. Itabajara da Silva Vaz Junior et al. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.

COLVIN, Vicki. The Potential environmental impact of engineered nanomaterials. **Nature Biotechnology**, v. 21, n. 10, p. 1166-1170, 2003.

DELORS, Jacques. **Educação**: um tesouro a descobrir. São Paulo: Cortez; UNESCO, 2002.

DEMO, Pedro. **Educar pela Pesquisa**. 7. ed. Campinas, São Paulo: Autores Associados, 2005.

DRANE, Denise; SWARAT, Su; LIGHT, Greg; HERSAM, Mark; MASON, Tom. An Evaluation of the Efficacy and Transferability of a Nanoscience Module. **Journal of nano Education**. v. 1., n.1, p.08-14 2009. Acesso on-line : <http://www.aspbs.com/jne/>

DURÁN, Nelson; MATTOSO, Luiz Henrique; MORAIS, Paulo Cezar. **Nanotecnologia:** introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação. São Paulo: Artliber, 2006.

EL-HANI, Charbel. Uma das coisas boas de estar no tempo é poder olhar para trás. In: BORGES, Regina Maria Rabello (Org.). **Filosofia e História da Ciência no contexto da Educação em Ciências:** vivências e teorias. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 168-194, 2007.

EIGEN, Manfred. O Que Restará da Biologia do Século XX?. In: MURPHY, Michael; O'NEILL, Luke (Orgs.). Trad. Laura Oliveira. **“O Que é Vida?” 50 Anos Depois:** especulações sobre o futuro da Biologia; trad. Laura Cardellini de Oliveira São Paulo: Fundação ed. UNESP, p. 13-33, 1997.

ENRICONE, Délcia. A dimensão pedagógica da prática docente futura. In: ENRICONE, Délcia (Org.) et al.. **A docência na Educação Superior:** sete olhares. Porto Alegre: Evangraf, p. 09-28, 2006.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia:** saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FERREIRA, Márcia; VILELA, Mariana; SELLES, Sandra. Formação docente em Ciências Biológicas: estabelecendo relações entre a prática de ensino e o contexto escolar. In: SELLES, SANDRA, FERREIRA, Márcia (Org.). **Formação docente em Ciências:** memórias e práticas. Niterói: Eduff, p.29-57, 2003.

FRESCHI, Márcio. **Estudo da reconstrução do conhecimento dos alunos sobre o ciclo da água por meio de unidade de aprendizagem.** Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2008. Disponível em: http://tede.pucrs.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1345. Acesso em: 05/11/2008.

GLASS, Margaret. The Nise: bringing the study of the very small to us science centers. **Plos Biology**, V. 5, n. 10, p. 2109-2112, 2007. Disponível em: http://biology.plosjournals.org/archive/1545-7885/5/10/pdf/10.1371_journal.pbio.0050283-S.pdf. Acesso em: 05/11/2008.

GRILLO, Marlene. Por que falar ainda em Avaliação. In: ENRICONE, Délcia; GRILLO, Marlene (Orgs.) et al. **Avaliação:** uma discussão em aberto. 2. ed. rev. amp. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 13-30, 2003.

GRUPO DE AÇÃO SOBRE EROÇÃO, TECNOLOGIA E CONCENTRAÇÃO.

Nanotecnologia: riscos da tecnologia do futuro: saiba sobre produtos invisíveis que já estão no nosso dia-a-dia e o seu impacto na alimentação e na agricultura/ Grupo ETC; trad. José F. Pedrozo e Flávio Borghetti. Porto Alegre: L&P, 2005.

HEALY, Nancy. Why nano Education. **Journal of nano Education**, v. 1., n.1., p.06-07, 2009. Acesso on-line: <http://www.aspbs.com/jne/>.

HERMANN JUNIOR, Paulo Sérgio et al. Microscopias de Varredura por Sonda: aspectos práticos e suas aplicações na nanociência e nanotecnologia. In: DURÁN, Nelson; MATTOSO, Luiz Henrique; MORAIS, Paulo Cezar. **Nanotecnologia:** introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação. São Paulo: Artliber, p.111-139, 2006.

Instituto Latino-americano de Estudos Avançados - ILEA (2009). **Centro de Nanociência e Nanotecnologia, CNCT.** <http://www.ilea.ufrgs.br/nano.htm>. Acesso em: 10/03/2009.

KAWASAKI, Clarice Sumi. Ensino de Biologia e Ética: a conexão possível. In: SELLES, Sandra et al. **Ensino de Biologia:** Conhecimentos e Valores em Disputa. Niterói: Eduff, p.77-81, 2005.

LÊDO, João Carlos; HOSSNE, William; PEDROSO, Margareth. Introdução às Questões Bioéticas Suscitadas pela Nanotecnologia. **Revista Bioethikos**, v. 1, n.1, p. 61-67, 2007.

LIMA, Valderez. Pesquisa em Sala de Aula: um olhar na direção do desenvolvimento da competência social. In: MOARES, Roque; LIMA, Valderez (Orgs). **Pesquisa em sala de aula:** tendências para a educação em novos tempos. EDIPUCRS: Porto Alegre, p. 275-291, 2004.

LIMA, Valderez Marina do Rosário; GRILLO, Marlene Correro. Como organizar os Conteúdos Científicos de Modo a Constituir um Currículo para o Século 21? In: GALIAZZI, Maria do Carmo, et al. **Aprender em rede na Educação em Ciências.** Ijuí: Unijuí, p.113-124, 2008.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E.D.A. **Pesquisa em educação:** abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

LOZADA, Claudia; ARAÚJO, Mauro Sérgio. Nanoaventura: um estudo de caso sobre aprendizagem em museus de ciências. **Revista Logos**, n. 14, 2006.

MARANDINO, Marta. A Formação inicial de Professores e os Museus de Ciências. In: SELLES, Sandra; FERREIRA, Márcia (Orgs.). **Formação docente em Ciências: memórias e práticas**. Niterói: Eduff, p.59-76, 2003.

MORAES, Roque. Cotidiano no Ensino de Química: superações necessárias. In: GALIAZZI, M.; et al. **Aprender em rede na Educação em Ciências**. Ijuí: Unijuí, p.15-34, 2008.

_____. Uma Tempestade de Luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo; RAMOS, Maurivan. Pesquisa em Sala de Aula: fundamentos e pressupostos. In: MORAES, Roque; LIMA, Valderéz (Orgs.). **Pesquisa em sala de aula: tendências para a educação em novos tempos**. EDIPUCRS: Porto Alegre, p. 09-23, 2004.

MOARES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: Unijuí, 2007.

MORAES, Roque, GOMES, Vanise. Uma Unidade de Aprendizagem Sobre Unidades de Aprendizagem. In: GALIAZZI, Maria do Carmo, et al. **Construção Curricular em Rede na Educação em Ciências: uma aposta de pesquisa na sala de aula**. Ijuí: UNIJUÍ, p.243-295, 2007.

MOREIRA, Marco A. **Aprendizagem significativa crítica**. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>> Acesso em 22 de dezembro 2008.

MORIN, Edgar. **Os Sete Saberes Necessários à Educação do Futuro**. São Paulo: Cortez, UNESCO, 2002.

OLIVEIRA, Renato José. Ensino Científico e Ética: tecendo uma interseção. In: MARANDINO, Martha et al. (Orgs.). **Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa**. Niterói: Eduff, p. 65-75, 2005.

PALMERO, Maria. Modelos Mentales de Célula. El Caso de Genoveva. **Revista Qurrriculum**, 15, p. 141-170, 2001.

PALMERO, Maria. Modelos Mentales de Célula. Revisión Bibliográfica Relativa a La Enseñanza de La Biología y la Investigación en el estudio de la Célula. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 3, p. 237-263, 2000.

PALMERO, Maria; ACOSTA, Javier. Um análises y uma organización del contenido de biología celular. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências**, v. 2, n.1, 2003.

PAPADOPOULOS, George. S. Aprender para o século XXI. In: DELORS, Jacques (Org.). In: **A Educação para o século XXI: questões e perspectivas**. Porto Alegre: Artmed, p. 19-34, 2005.

PINHEIRO, Nilcéia Aparecida Maciel; SILVEIRA, Rosimeri Monteiro Castilho Foggiatto; BAZZO, Walter Antonio. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

POOLE Jr., Charles; OWENS, Frank. **Introducción a La Nanotecnología**. Barcelona: Espanha. Ed. Reverté, 2007.

QUINA, Frank. Nanotecnologia e Meio Ambiente: perspectivas e riscos. **Química Nova**, v. 27, n. 6, p. 1020-1029, 2004.

RAMOS, Maurivan. A Importância da Problematização no Conhecer e no Saber em Ciências. In: GALIAZZI, Maria do Carmo. et al. (Orgs.). **Aprender em rede na Educação em Ciências**. Ijuí: Unijuí, p. 57-75, 2008.

_____. Educar pela Pesquisa é Educar para a Argumentação. In: MOARES, Roque; LIMA; Valderez (Orgs). **Pesquisa em sala de aula: tendências para a educação em novos tempos**. 2 ed.. EDIPUCRS: Porto Alegre, p. 25-49, 2004.

ROCHA FILHO, João Bernardes; BASSO, Nara Regina de Sousa; BORGES, Regina Maria Rabello. Repensando uma Proposta Interdisciplinar Sobre Ciência e Realidade. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências**, vol.5, nº2, 2006, p. 323-336. Disponível em: www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen5/ART7_Vol5_N2.pdf. Acesso em: 03 jul. 2007.

_____. **Transdisciplinaridade: a natureza íntima da educação científica**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

SANTOS, S. A. dos. Feynman, o profeta da nanotecnologia. **Ciência hoje On-Line**, <http://cienciahoje.uol.com.br/101981>. Acesso em: 11/12/2008

SELLES, S. E; FERREIRA, M. S. Disciplina Escolar Biologia: entre a retórica unificadora e as questões sociais. In: MARANDINO, Martha et al. (Orgs.). **Ensino de Biologia: Conhecimentos e Valores em Disputa**. Niterói: Eduff, p.50-61, 2005

SCHULZ, Peter. O que é Nanociência e para que Serve a Nanotecnologia? **Física na Escola**, v. 6, n. 1, p. 58-62, 2005.

_____. Nanociência de baixo custo em casa e na escola. **Física na Escola**, v. 8, n. 1, p. 04-09, 2007.

SCHÜTZ, H. & WIEDEMANN, P.M.. Framing effects on risk perception of nanotechnology **Public Understanding of Science**, (17) 3, p. 369–379, 2008.
<http://pus.sagepub.com/cgi/content/abstract/17/3/369>. Acesso: 11/ 12/ 2008.

TOMA, Henrique. **O Mundo Nanométrico**: a dimensão do novo século. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

TOMASIK, Janice, H.; JIN, Song; HAMERS, Robert, J.; MOORE, John, W. Design and Initial Evaluation of an Online Nanoscience Course for Teachers. **Journal of Education**. v. 1.n. 1, p.48-67, 2009. Acesso on-line: <http://www.aspbs.com/jne/>

ZUANON, Átima; DINIZ, Renato. O ensino de Biologia e a participação dos alunos em atividades de docência. In: Nardi, Roberto; Bastos, Fernando; Diniz, Renato (Orgs.). **Pesquisa em ensino de ciências**: contribuições para a formação de professores. 5. Ed. São Paulo: Escrituras ed., p. 111-131, 2004.

ZANON, Lenir Basso et al. Recontextualização Pedagógica de Conceitos/Conteúdos de Ciências em uma Prática Interdisciplinar e Contextualizada no Ensino Médio. In: **Aprender em rede na educação em ciências**. GALLIAZZI, Maria do Carmo et al. (Orgs). Ijuí: Unijuí, p. 35-55, 2008.

APÊNDICE A – Instrumento Final de Pesquisa

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
Mestrado em Educação em Ciências e Matemática
Faculdade de Biociências
Disciplina: Metodologia e Prática de Ensino de Ciências
Professoras responsáveis: Regina Maria Rabello Borges e Eva Chagas

Em relação ao trabalho desenvolvido na disciplina, com o tema *Citologia e Nanotecnologia*, solicitamos que responda a quatro questões. Sua contribuição é muito importante!

- I. Descreva o que você percebeu da nanotecnologia como tema integrador ao conteúdo de citologia como proposta de trabalho para o ensino médio na disciplina de Biologia.

- II. Após todas as etapas do trabalho: introdução ao tema, investigação, elaboração da atividade final e apresentação, nos pressupostos de uma unidade de aprendizagem, atuando como sujeitos da pesquisa, você sente-se preparado para programar atividades na escola utilizando essa metodologia? Você mudaria alguma coisa?

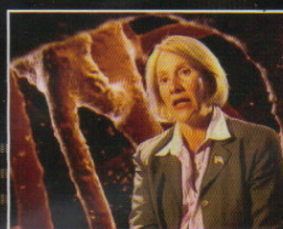
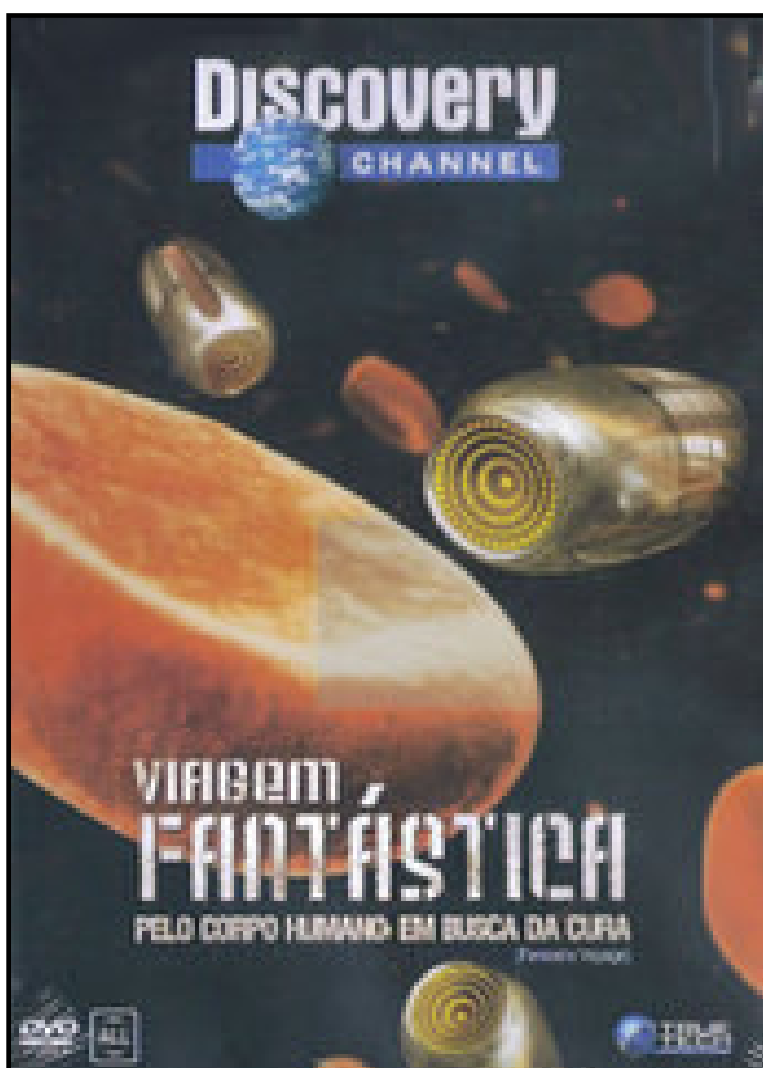
- III. A partir do trabalho realizado, descreva aspectos positivos e negativos da abordagem de temas diversificados, como nanotecnologia junto à citologia, na disciplina de Metodologia e Prática do Ensino de Biologia.

- IV. O trabalho a partir da vivência em uma unidade de aprendizagem foi significativo de alguma forma para a sua vida pessoal e profissional como futuro professor-pesquisador-biólogo? Avalie seu aproveitamento em relação aos temas abordados, a interatividade durante o desenvolvimento dos trabalhos, assim como as reflexões proporcionadas pelas apresentações dos grupos

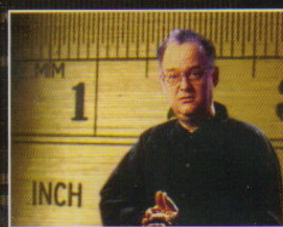
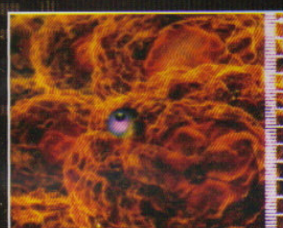
APÊNDICE B – Vídeo de divulgação científica

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
 Mestrado em Educação em Ciências e Matemática
 Faculdade de Biociências
 Disciplina: Metodologia e Prática de Ensino de Ciências
 Professoras responsáveis: Regina Maria Rabello Borges e Eva Chagas

Vídeo exposto no segundo encontro com o objetivo de introdução ao tema Nanotecnologia –
Viagem Fantástica Pelo Corpo Humano: em busca da cura.



Imagine trilhões de robôs-miniatura dentro de um corpo humano destruindo células cancerígenas antes mesmo de saber que você as têm. Imagine passar por uma cirurgia enquanto assiste televisão em casa. Conhecida como Nano-Medicina, essa nova tecnologia está transformando a ciência médica. A ciência está criando máquinas tão pequenas, capazes de serem introduzidas no corpo do paciente via oral ou através de injeções. Esses minúsculos cirurgiões robotizados procuram e reparam estragos em áreas afetadas do corpo humano. Em um experimento, os “Nano-Médicos” liberam drogas de combate ao câncer diretamente no tumor. Isso poderia significar o fim dos indesejáveis efeitos da quimioterapia e da radioterapia. Com a ajuda de imagens computadorizadas, o documentário “Viagem Fantástica pelo Corpo Humano”, explora o desenvolvimento da Nano-Medicina e de sua poderosa e impressionante promessa: a completa erradicação de doenças.



Narração: Eric Meyers
 Direção: Michael Danks
 Produção: Ian Parton e Brighton Films / Electronic Sky / Canopus / Sharamosh para DHX Ventures, LLC.
 Produção Executiva: David Pounds e Mark Poertner para o Discovery Channel.

Áudio:
 Português 2.0 e Inglês 2.0
Legendas:
 Português e Inglês

Informações Especiais:
 Seleção de Capítulos,
 Áudio, Legenda, Trailers
 e Isto é Discovery.
De fins extras não possuem as mesmas configurações de acessibilidade contidas neste DVD.

Formato:
 4:3

ALL

Classificação Indicativa: L



APÊNDICE C – Sites consultados pelo Grupo

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
Mestrado em Educação em Ciências e Matemática
Faculdade de Biociências
Disciplina: Metodologia e Prática de Ensino de Ciências
Professoras responsáveis: Regina Maria Rabello Borges e Eva Chagas

Endereços de alguns sites recomendados ao grupo, como ponto de partida ao início das investigações aos temas.

☞ www.mct.gov.br

☞ www.nanotecnologia.com.br

☞ www.inovaçãotecnologica.com.br

☞ www.comciencia.br/reportagens

☞ www.nanoaventura.org.br

☞ www.euroresidentes.com

☞ www.ib.unicamp.br/lte

☞ www.pubmed.com.br

☞ <http://catalog.nucleusinc.com>

☞ www.argosymedical.com

☞ <http://es.epa.gov/ncer/nano>

☞ www2.uol.com.br/sciam

☞ www.nanotecnologia.incubadora.fapesp.br/portal

(Vídeo – Nanotecnologia: O Futuro é Agora)

APÊNDICE D – Relação dos materiais utilizados em aula

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
Mestrado em Educação em Ciências e Matemática
Faculdade de Biociências
Disciplina: Metodologia e Prática de Ensino de Ciências
Professoras responsáveis: Regina Maria Rabello Borges e Eva Chagas

Relação de Livros, revistas, vídeos e artigos pesquisados pelos licenciandos em sala de aula

GRUPO DE AÇÃO SOBRE EROÇÃO, TECNOLOGIA E CONCENTRAÇÃO.

Nanotecnologia: riscos da tecnologia do futuro: saiba sobre produtos invisíveis que já estão no nosso dia-a-dia e o seu impacto na alimentação e na agricultura/ Grupo ETC; trad. José F. Pedrozo e Flávio Borghetti. Porto Alegre: L&P, 2005.

QUINA, Frank. Nanotecnologia e Meio Ambiente: perspectivas e riscos. **Química Nova**, v. 27, n. 6, p. 1020-1029, 2004.

SCHULZ, Peter. O que é Nanociência e para que Serve a Nanotecnologia? **FÍSICA NA ESCOLA**, v. 6, n. 1, p. 58-62, 2005.

TOMA, Henrique. **O Mundo Nanométrico:** a dimensão do novo século. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

MLODINOW, Leonard. **O Arco-Íris de Feynman.** Trad. Claudio Figueiredo. Rio de Janeiro: Sextante, 2005.

www.incubadora.nanotecnologia.fapesp.br/portal

<http://video.globo.com/Videos/Player/Noticias/0,,GIM873458-7823-NANOTECNOLOGIA+PROMETE+MELHORAR+A+QUALIDADE+DE+VIDA,00.html>

<http://br.youtube.com/watch?v=o7qN9KspjG8&eurl=http://www.orkut.com.br/FavoriteVideoView.aspx?uid=13355020085156716331&ad=1223496520>


<http://www.nanorobotica.com.br/papers/nanorobots.wmv>

<http://br.youtube.com/watch?v=P7zw9fvfBZI>

<http://br.youtube.com/watch?v=E9VVdQTe7OI>

<http://br.youtube.com/watch?v=bv3gRdPMGZw>

ANEXO A – Seminário Grupo A



"Há muito espaço lá embaixo"
Richard Feynman (1959)

NANOTECNOLOGIA

Tecnologia moderna com manipulação de moléculas e átomos.

Norio Taniguchi (1974)

Descrever as tecnologias que permitam a construção de materiais a uma escala de 1 *nanômetro*.

Linha do tempo...



440 a.C. - Aristóteles acreditava que a matéria poderia ser dividida indefinidamente sem qualquer limite. - Demócrito chamou de ÁTOMO.

1803 - John Dalton apontou para o fato de que os componentes químicos poderiam ser explicados pelo agrupamento de átomos que formam unidades maiores denominadas moléculas.

1905 - Albert Einstein explicou o movimento Browniano como sendo oriundo de colisões entre átomos.

1911 - Ernest Rutherford demonstrou que os átomos têm uma estrutura interna.

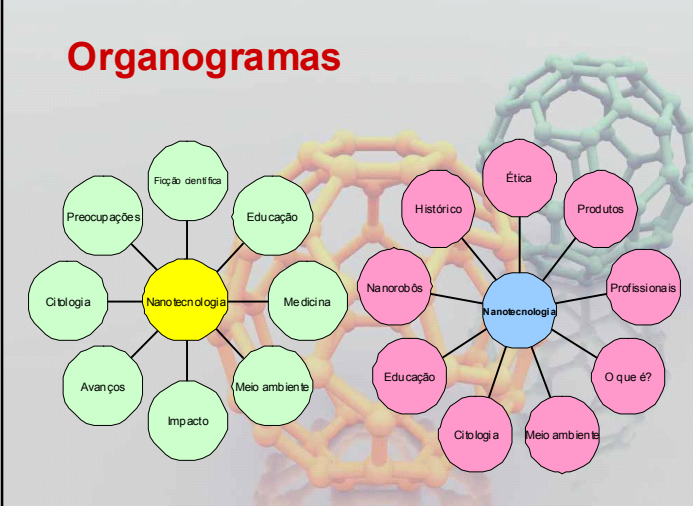
1960 - Murray Gell-mann descobriu que os prótons e nêutrons não são partículas elementares.

O que é??

Nanotecnologia é um campo das ciências aplicadas dedicado à construção de estruturas e novos materiais à escala atômica e molecular.
É altamente multidisciplinar!!!

"É um regime onde a física, a química e a biologia se aglutinam para criar a "nanociência", de onde a ciência da nanotecnologia possa fluir." Richard Feynman

Organogramas

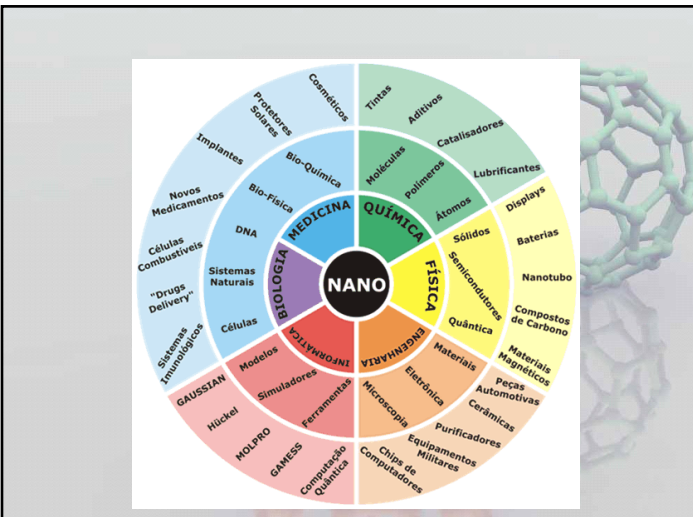


The organogram shows 'Nanotecnologia' at the center, connected to various fields:

- Preocupações
- Ciência
- Educação
- Medicina
- Meio ambiente
- Impacto
- Avanços
- Citologia
- Historico
- Ética
- Produtos
- Profissionais
- O que é?
- Meio ambiente
- Citologia
- Educação
- Nanorobôs

Como surgiu???

A nanotecnologia surgiu a partir da ficção científica, exibida em um filme, onde um submarino foi encolhido juntamente com cientistas, afim de realizarem uma cirurgia de alto risco em um paciente.



The circular diagram categorizes nanotechnology applications into several sectors:

- QUÍMICA:** Tintas, Aditivos, Catalisadores, Lubrificantes, Polímeros, Átomos, Sólidos, Nanotubo, Composto de Carbono.
- FÍSICA:** Semicondutores, Quântica, Materiais Magnéticos, Peças Automotivas, Cerâmicas, Purificadores, Equipamentos Militares, Chips de Computadores.
- BIOLOGIA:** Microscopia, Ferramentas, Simuladores, Modelos, Células, Sistemas Naturais, "Drugs Delivery", Células Combustíveis, DNA, Bio-Física, Bio-Química, Implantes, Próteses, Solares, Novos Medicamentos.
- INFORMÁTICA:** Ferramentas, Simuladores, Modelos, Células, Sistemas Naturais, "Drugs Delivery", Células Combustíveis, DNA, Bio-Física, Bio-Química, Implantes, Próteses, Solares, Novos Medicamentos.
- GAUSSIAN:** Hüchel, MOLEPRO, GAMES, Computação Quântica.

Associação em diversas áreas..

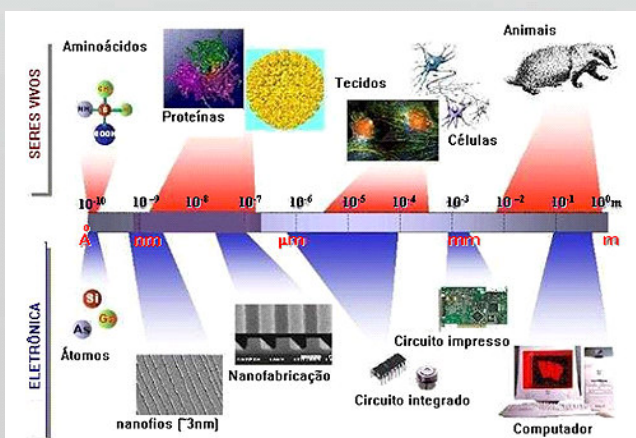
- Medicina
- Eletrônica
- Ciência da computação
- Física
- Química
- Biologia
- Engenharia dos materiais

"Os dez mais" Usos da Nanotecnologia

- 1- Armazenamento, produção e conversão de energia
- 2- Incremento da produtividade da agricultura
- 3- Tratamento de água e remediação ambiental
- 4- Diagnóstico e *screening* de doenças
- 5- Sistema de "entrega de drogas" (drug delivery)
- 6- Processamento e armazenamento de alimentos
- 7- Poluição do ar e remediação
- 8- Construção
- 9- Monitoramento da saúde
- 10- Vetores, detecção e controle de pragas

Abordagens

- Microeletrônica;
Produção de chips testes clínicos em miniatura.
- Química e das ciências dos materiais;
- Controle fino da matéria átomo a átomo.



- A nanotecnologia
vai mudar
o futuro...

- Sim, os salários
serão ainda
menores!



andrade

etristeviverdehumor.blogspot.com

Educação & Nanotecnologia

- Teatro sobre as preocupações e utilizações da nanotecnologia.
- Atualizações sobre as possíveis inovações.
- Proporções



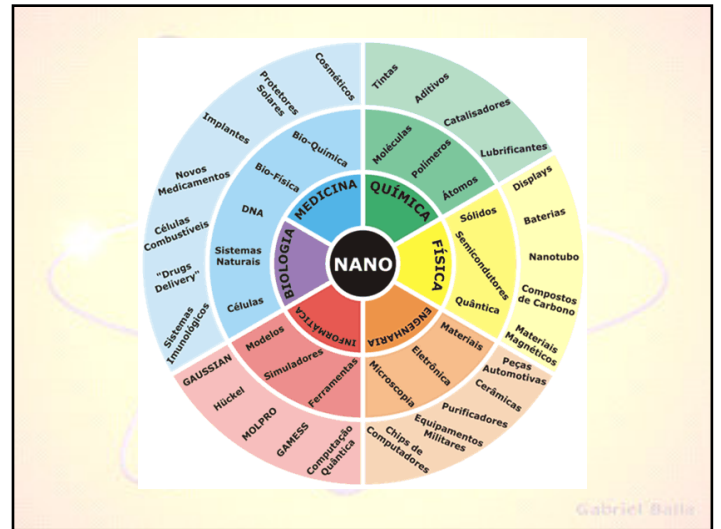
Referências Bibliográficas

SCHULZ, Peter A.B. **O que é nanociência e para que serve nanotecnologia?**

DURAN, Nelson; MATTOSO, Luis Henrique Capparelli; DE MORAIS, Paulo Cezar. **Nanotecnologia introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação.** Editora Artliber, 2006.

http://www.ica.ele.puc-rio.br/nanotech/nano_introducao.asp
www.comciencia.br/reportagens
www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticias.php?artigo=010110030603

ANEXO B – Seminário Grupo B



Nanorobótica

η - Possíveis aplicações em Nanomedicina

- reparo, monitorização, construção e controle dos sistemas biológicos

η - Operação em nano escala

η - Requer o conhecimento de diversas áreas

↓

Física, Química, Engenharias, Biologia

| Estrutura | Tamanho (nm) |
|----------------|--------------|
| Água | 0,3 |
| DNA (L) | 2,5 |
| Membr. Celular | 8,0 |
| Cabelo | 100,000 |

Tabela Relativa em Nanômetros



Nanorobótica

Processos de Montagem

↓

Posicional e Auto-Montagem

η - Alto custo e alta tecnologia

η - Conhecimentos de Mecatrônica, Engenharia Elétrica, Mecânica, Eletrônica, Informática, Bioinformática e de Inteligência Artificial

η - Biocompatibilidade

η - Comunicação

↔

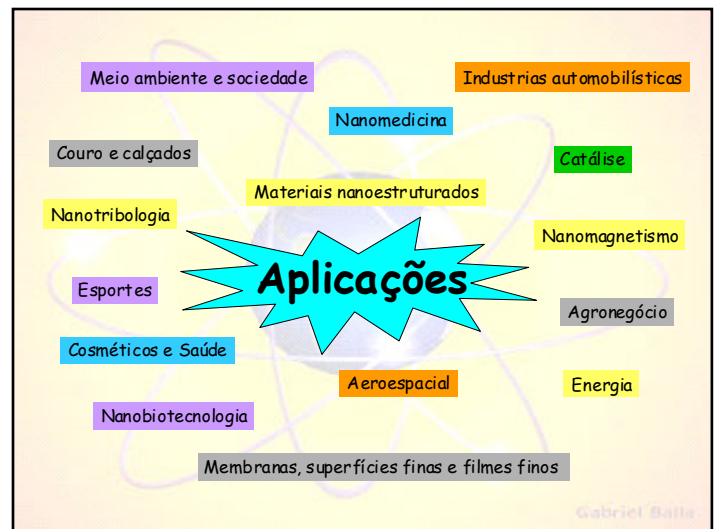
Intercomunic. Comunic. Ext.

η - Questões Sociais e Éticas

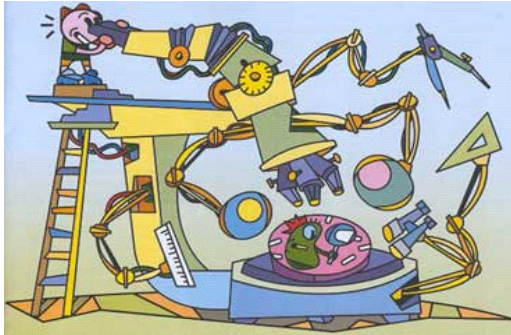
NANOTECNOLOGIA

www.gabrielballa.com.br

Gabriel Balla



Na escola...



http://www.cmdmc.com.br/quebra-cabeca/abre_jogo.php

www.colegiosaofrancisco.com.br

ANEXO C – Seminário Grupo C



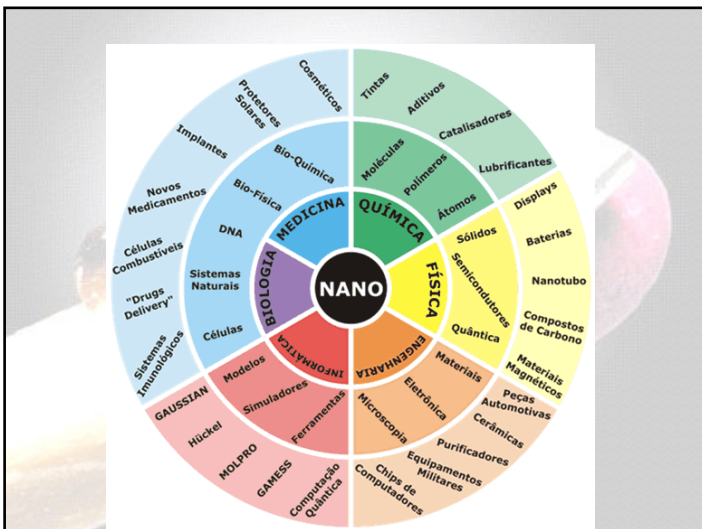
Ética, Meio Ambiente, Riscos e Benefícios de uma nova tecnologia

ÉTICA em Nanotecnologia

Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Renanosoma):

Promove, ao longo do ano de 2008, debates sobre nanociência, no intuito de conscientizar a população e esclarecê-la quanto a essas potenciais ameaças

O objetivo do projeto é promover uma ampla discussão sobre as implicações decorrentes desse novo saber, mostrando para a sociedade que as pesquisas em nanotecnologia podem ser motivo de preocupações.



ÉTICA em Nanotecnologia

Riscos X Benefícios de uma tecnologia ainda "desconhecida"

Há muitas constatações, resultados de pesquisas nas mais diversas áreas, que alertam para o fato de que alguns nanomateriais podem ser danosos ao homem.

ÉTICA em Nanotecnologia

"Possibilidade de criar medicamentos mais eficazes, materiais mais resistentes, computadores com maior capacidade de armazenamento e diversos benefícios sócio-ambientais."

E o outro lado da "moeda"?

"As discussões éticas de como devem ser estabelecidos sistemas de controle sobre os resultados, efeitos e tendências desse avanço também não podem ser ignoradas."

ÉTICA em Nanotecnologia

"Alguns tecidos desenvolveram tumores após submetidos à ação de nanopartículas"

"Uma vez inaladas ou em contato com a pele, tais partículas podem chegar a qualquer órgão de nosso corpo", explica o químico. Ele diz que, de acordo com a evolução darwiniana, um ser vivo só pode desenvolver resistência a uma ameaça potencial depois de ter sido exposto a ela continuamente. "No caso da nanotecnologia, no entanto, ainda não criamos essa defesa."

Daniel Alves, Químico da Universidade Federal do Paraná (UFPR)

ÉTICA em Nanotecnologia

O que os cientistas normalmente propõem ao grande público não seriam meras promessas?

"São poucos os pesquisadores que têm um discurso mais equilibrado, no sentido de admitir a presença de certos riscos inerentes ao desenvolvimento de seu trabalho"

Noela Invernizzi, doutora em política científica pela Unicamp, com pós-doutorado na Universidade de Colúmbia (EUA)

ÉTICA em Nanotecnologia

Efeitos negativos são ainda desconhecidos pelos cientistas.

Algumas das novas formas de carbono, como nanotubos, estão sendo produzidas pela primeira vez.

ÉTICA em Nanotecnologia

"Cabe aos agentes governamentais fomentar pesquisas sobre esse tipo de risco"

"Que procedimentos devemos adotar e que cuidados devemos ter? Como operacionalizar o descarte desses novos materiais? Para o pesquisador, são perguntas que devem ser respondidas, visando garantir a segurança tanto do pesquisador quanto da população."

Marcos Pimenta, Físico da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

ÉTICA em Nanotecnologia

"Desenvolver produtos sem avaliar propriedades ecotoxicológicas e impactos socioambientais é um erro cabal"

Fernando Galembeck, Químico da Unicamp

ÉTICA em Nanotecnologia

O uso comercial do carbono em escala nanométrica não possui regulamentações, ou um corpo de leis para supervisionar essa nova tecnologia.

Empresas já estão produzindo toneladas de nanomateriais para que sejam usados como catalisadores, em cosméticos, tintas, revestimentos e tecidos.

Alguns materiais são compostos familiares que nunca foram comercializados, enquanto outros materiais são produzidos a partir de elementos atômica e quimicamente modificados que não existem na natureza.

Meio Ambiente

A manipulação da matéria na escala nanométrica, num bilionésimo de metro, tem produzido efeitos positivos na área ambiental.

- Tratamento de efluentes
- Nanocatalisadores



Meio Ambiente

• Tratamento de efluentes:

As nanopartículas são capazes de remover contaminantes onde não há eficácia de outros processos químicos



Meio Ambiente Riscos

A pesquisadora Sally Tinkle, descobriu que algumas nanopartículas podem passar da camada externa da pele para camadas internas da pele.

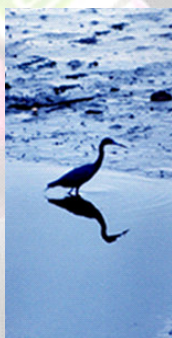
A indústria cosmética afirma que faz testes rigorosos. Mas a FDA, a agência americana que regula remédios e alimentos, não tem regras para os nanos. Por outro lado, algumas nanotecnologias prometem ajudar a limpar o ambiente.

Meio Ambiente

• Nanocatalisadores

Remoção de óleo derramado em água Compósitos magnéticos (materiais que resultam de dois ou mais materiais)

Remoção da mistura de óleo e composto usando campo magnético externo



Meio Ambiente Riscos

A ONG ambientalista ETC Group ter pedido uma suspensão mundial na produção de nanoprodutos, já que ainda não há leis regulando o que pode ou não ser feito.

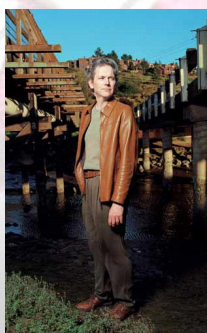


Numa reunião no EPA, órgão governamental dos USA para a proteção do meio ambiente, pesquisadores relataram que foram encontradas nanopartículas no fígado de animais usados em pesquisas.

Meio Ambiente Riscos

Com a disseminação da nanotecnologia alguns pesquisadores estão começando a estimar se a nanotecnologia pode causar algum risco a saúde e ao meio ambiente.

Um dos primeiros a alertar sobre o risco foi Bill Joy, um dos fundadores da Sun Microsystems.



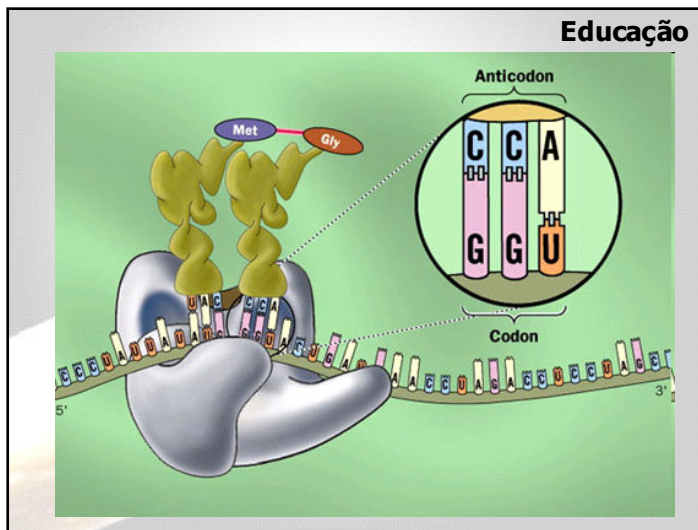
★ O que acontece com o material "nano" quando é descartado na natureza?

Atividade integradora

A **nanotecnologia** na sala de aula – **Citologia**.

A atividade consiste em criar modelos em papel simulando o processo bioquímico da síntese de proteínas, capítulo importante em citologia. Os modelos permitem aos alunos a manipulação das peças de modo a entender as possíveis falhas que podem ocorrer neste processo e como a nanotecnologia pode interferir para corrigir os erros que possivelmente levam ao desenvolvimento de doenças.

- Material:
- Folhas, giz de cera ou canetinha ou lápis de cor, cordão ou linha, cola, fita adesiva, tesoura.



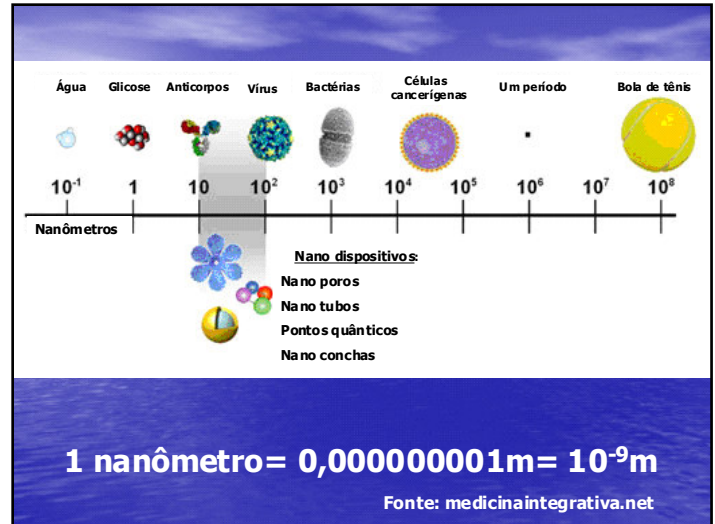
Resultados

- visualizar o processo de síntese;
- entender aplicações da nanotecnologia;
- promover integração dos alunos;
- entendimento do mecanismo de algumas doenças.

The image shows a hand holding a green microchip, symbolizing nanotechnology. The chip is a small, rectangular device with a grid of tiny components on its surface. The background is a soft, glowing light, suggesting a futuristic or high-tech environment.

ANEXO D – Seminário Grupo D

NANOMEDICINA



Reportagem sobre a Nanotecnologia

Jornal Regional - EPTV Campinas, Rede Globo,
24 Janeiro 2005.

<http://www.nanorobotica.com.br/papers/nanorobots.wmv>

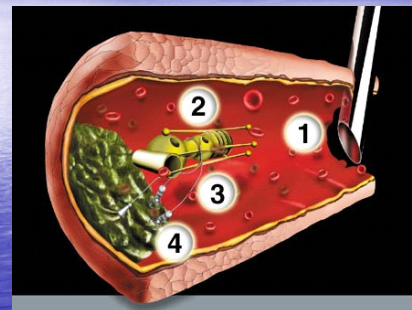
Pesquisas em Nanomedicina

- São diretamente beneficiadas pelos avanços em biologia molecular e em nanorrobótica. Atualmente decorrem muitos estudos sobre os efeitos de nanopartículas e nanorrobôs dentro do corpo humano.
- Possibilidades de aplicação da nanotecnologia na medicina são imensas
- Em teoria, nanorrobôs poderiam ser introduzidos no corpo, seja por via oral ou intra-venosa.
- Identificariam e destruiriam células cancerosas ou infectadas por vírus, poderiam regenerar tecidos destruídos e fazer rapidamente uma infinidade de coisas que os medicamentos convencionais (baseados unicamente em química) não conseguem ou demoram para conseguir.

NANOMEDICINA

- Nanotecnologia aplicada à Medicina
- Consiste em usar nanopartículas, nanorrobôs e outros elementos em escala nanométrica para curar, diagnosticar ou prevenir doenças.
- Um dos ramos mais promissores da medicina contemporânea novos tratamentos para doenças como o câncer e a Aids.
- Ainda depende de muitos avanços científicos e tecnológicos, já que a tecnologia necessária para a aplicação da nanomedicina ainda é muito imatura.

Robôs em ação



Fonte: Revista Galileu, 26-11-2004

1. Uma siringa hipodérmica com menos de meio milímetro de diâmetro introduz nanorrobôs no sistema sanguíneo
2. Nanorrobôs irão receber e enviar informações para uma central de comando fora do corpo
3. Uma espécie de serra minúscula retira a placa de colesterol do vaso sanguíneo
4. Uma mangueira a vácuo suga a placa de gordura para um recipiente seguro localizado dentro do nanorrobô

Nanorrobôs Fluindo Através de um Vaso Sanguíneo

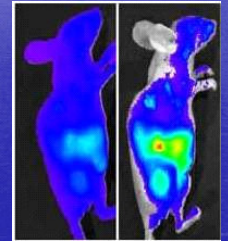


<http://br.youtube.com/watch?v=P7zw9fvfBZI>

Nanopartículas Fotossensíveis

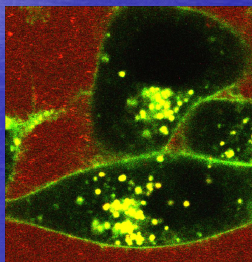
2007

- O processo é chamado de terapia fotodinâmica
- Nanopartículas fotossensíveis se alojam nas células tumorais, a luz de um laser torna-as ativas. Isso impede que o medicamento afete as células normais.
- O laser ativa o medicamento, produz uma forma reativa de oxigênio que destrói as células. A ativação é muito precisa, evita danos a tecidos saudáveis.
- Os testes clínicos em pacientes deverão demorar ainda cerca de dois anos



Drogas Inteligentes Câncer

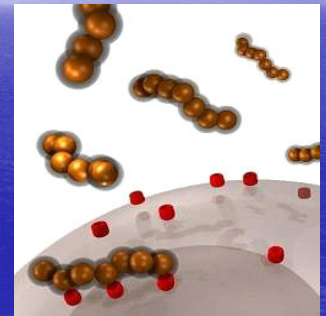
- São uma realidade e são consideradas como o mais moderno tratamento contra o câncer.
- Função: Carregar medicamento e levar quimioterapia diretamente à tumores.



Nanovermes

2008

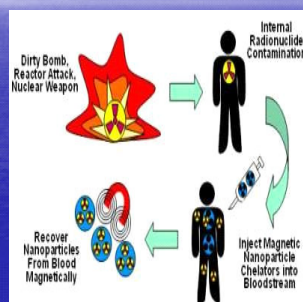
- Junção de uma série de nanopartículas esféricas de óxido de ferro, formando um colar. A composição à base de óxido de ferro faz com que eles apareçam com um aspecto fortemente brilhante nos exames de ressonância magnética.
- Sucesso: combinação do seu formato e de uma cobertura de polímero sobre suas superfícies. Nanovermes escapam de processos naturais de eliminação.



Nanoesferas Biodegradáveis

2006

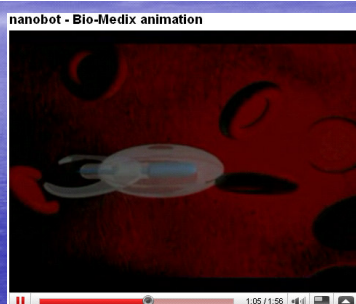
- Nanoesferas biodegradáveis deixam sangue limpo após tratamento químico e radiológico.
- Nova técnica baseada em nanoesferas biodegradáveis.
- 100 e 5.000 nanômetros de diâmetro
- Eliminar toxinas do sangue e levar medicamentos diretamente aos órgãos onde eles devem atuar
- Pequenas o suficiente para passar através dos minúsculos vasos sanguíneos, mas grandes o bastante para não serem filtradas da corrente sanguínea pelos rins.



Apresentação da Nanomedicina ao Ensino Médio

- Durante a Unidade de Citologia, após a apresentação da célula, sua constituição, suas dimensões, suas organelas, e funções e após a familiaridade com o assunto, apresentá-los a Nanomedicina perguntando aos alunos primeiramente se já ouviram falar, se sabem o que é, utilizando a técnica de Brainwash, se possível.
- Após a técnica de Brainwash entra a proposta metodológica Unidades de Aprendizagem, da mesma forma que a colega Carmem utilizou conosco. Cada grupo de alunos pesquisará sobre uma pergunta que foi elaborada por eles mesmos, conforme seus interesses.
- Depois da apresentação do trabalho de cada grupo, é passado um filme extraído de um site de pesquisa em Nanomedicina, contendo imagens em 3D, muito ilustrativo, que irá enfim aproximá-los da realidade ainda desconhecida por muitos.
- Por fim pode ser feito um trabalho de avaliação que irá revelar o que foi absorvido da novidade.

Filme romântico para mostrar a "eficiência" dos nanorrobôs



<http://br.youtube.com/watch?v=E9VVdQTe7OI>

Referências

<http://www.medicinaintegrativa.net/saude15.htm>
<http://revista.galileu-globo.com/Galileu/0,6993,ECT868647-1940-3,00.html>
<http://blog.omsivc.com.br/2006/11/14/nanoesferas-biodegradaveis-dei-xam-sangue-limpo-avos-tratamento-quimico-e-radiologico/>
<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010165061107>
<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010165070529>
<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=nanovermes-e-a-regam-medicamento-e-levam-quimioterapia-diretamente-a-tumores&id=010165080521>
http://www.ced.ufsc.br/men5185/trabalhos/51_Novos%20Materiais/index_arquivos/Page742.htm
<http://news.uns.purdue.edu/images/+2008/cheng-micelles2.jpg>
<http://br.youtube.com/>

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)