

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS  
E MATEMÁTICA  
CURSO DE MESTRADO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS E  
MATEMÁTICA**

**USO DOS TEXTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA SOBRE  
NANOBIOTECNOLOGIA: POSSIBILIDADES PARA UMA  
PRÁTICA INTERVENTIVA INTERDISCIPLINAR**

**Ana Paula Santos Conceição**

**Recife, fevereiro de 2016.**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS  
E MATEMÁTICA  
CURSO DE MESTRADO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS E  
MATEMÁTICA**

**USO DOS TEXTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA SOBRE  
NANOBIOTECNOLOGIA: POSSIBILIDADES PARA UMA  
PRÁTICA INTERVENTIVA INTERDISCIPLINAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências e Matemática da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências.

Orientador (a): Romildo de Albuquerque Nogueira, Dr.  
Co-Orientador (a): Maria Marly de Oliveira, Dra.

**Recife, fevereiro de 2016.**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

C744u Conceição, Ana Paula Santos  
Uso do texto de divulgação científica sobre nanobiotecnologia:  
possibilidades para uma prática interventiva interdisciplinar / Ana  
Paula Santos Conceição. – 2016.  
209 f. : il.

Orientador: Romildo de Albuquerque Nogueira.

Coorientadora: Maria Marly de Oliveira.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de  
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências,  
Recife, BR-PE, 2016.

Inclui referências, anexo(s) e apêndice(s).

1. Texto de divulgação científica 2. Prática interventiva  
interdisciplinar 3. Interdisciplinaridade 4. Nanobiotecnologia  
5. Nanotecnologia I. Nogueira, Romildo de Albuquerque, orient.  
II. Oliveira, Maria Marly de, coorient. III. Título

CDD 507

**USO DOS TEXTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA SOBRE  
NANOBIOTECNOLOGIA: POSSIBILIDADES PARA UMA  
PRÁTICA INTERVENTIVA INTERDISCIPLINAR**

**Ana Paula Santos Conceição**

**BANCA EXAMINADORA**

**Presidente:** \_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Romildo de Albuquerque Nogueira (Orientador)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

**1º Examinador:** \_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Maria Marly de Oliveira (Co-orientadora)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

**2º Examinador:** \_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Monica Lopes Folena de Araújo  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

**3º Examinador:** \_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Gilvaneide Ferreira de Oliveira  
Universidade Federal Rural de Pernambuco/FUNDAJ

**4º Examinador:** \_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão (Suplente)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dissertação aprovada no dia 29 de fevereiro de 2016, no Departamento de Educação da  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

## DEDICATÓRIA

A Deus meu orientador nº 1  
e a minha querida e amada  
Mãezinha...  
*Rosilda Maria de Moura  
Conceição.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a *Deus* que conduziu meus passos até aqui, sempre me orientando em todos os momentos dessa pesquisa.

Também agradeço aos meus queridos e amados *pais-avós (Dona Rosa e Seu Antônio)* maravilhosos que dedicaram sua vida a me educar em todos os aspectos, constituindo-se em meus primeiros professores as primeiras tarefas e redações foram orientadas por eles. Hoje, ambos são espelhos para mim de caráter, dedicação plena e amor verdadeiro.

A minha querida *mãe (Ivonete Maria)*, mesmo em meio a alguns contratempos sempre torceu e me deu forças para chegar até aqui.

A minha linda *família* pelo grande apoio nas minhas decisões e sempre me apontando o melhor caminho em especial a *Tia Edna* e *Tio Oscar* (que de forma específica agradeço, pois tiveram participação ativa em minha vida acadêmica).

A meu querido *namorado (Paulo Roberto)*, pela sua paciência e dedicação durante a fase do mestrado e onde me ajudou bastante em minhas intervenções para a coleta de dados.

A meu querido *orientador Romildo Nogueira*, o qual dedicou parte do seu tempo em minhas correções e que sempre esteve orientando também nas minhas conquistas enquanto graduanda.

Também agradeço a minha querida *co-orientadora Maria Marly*, que me auxiliou bastante nas orientações dessa pesquisa.

A minha querida *Professora Margareth Mayer* a qual sou eternamente grata pelas suas aulas de Biofísica na graduação na qual me instigou o gosto pela educação, sendo a mesma responsável pelo início de minhas produções acadêmicas.

Também agradeço aos *Professores da minha banca da defesa da dissertação*, pelo dispêndio de tempo na correção da mesma (*Profa Monica Folena, Profa Gilvaneide e a Profa Ana Maria*).

Agradeço a *Professora Helaine Sivini*, pela grande orientação em minha qualificação, pois suas contribuições foram muito significativas para a construção coerente dessa dissertação.

Agradeço a todos os *Professores da minha graduação na UFRPE, bem os da educação básica*, com destaque o *Professor de Biologia Eduardo Saldanha* a qual tive como espelho para também cursar Biologia.

A todos os *amigos da minha querida e eterna turma LB3 (2008.1-2011.2)*, em especial (*Carol, Tathyana, Laísa, Luciane, Larissa, Ana Juliete e Allane*).

Agradeço também a *turma do mestrado* em especial meus amigos queridos (*Angélica Suelle, Izabelle Rezende e Anderson Coutinho*) qual compartilhamos conhecimentos, experiências e que me ajudaram muito nesta jornada do mestrado.

Agradeço aos *alunos da turma de Ciências Biológicas 2015.1 da UFRPE turno da noite*, por participarem desta pesquisa sem nenhuma objeção e serem bastante receptivos em todos os momentos nas intervenções realizadas.

Agradeço a *Escola Adventista do Recife (CAR)* como um todo (*professores, alunos e funcionários*) pela oportunidade a mim concedida de exercer o ofício de ser professora ajudando a desenvolver as habilidades e competências que o mesmo exige e que de forma direta contribui na construção de meus saberes experienciais percebidos nos escritos dessa dissertação.

Agradeço também a meus queridos e amados *irmãos da Igreja Adventista da Várzea (IASD-Várzea)*, pelas orações pelo meu sucesso acadêmico.

*Por fim expresso minha sincera gratidão, a todas essas pessoas aqui mencionadas, bem como as que não foram citadas, mas que de alguma forma também contribuíram com meu aprendizado e conquistas. A todos, muito obrigada e que Deus continue os abençoando sempre!*

A presente pesquisa destinou-se a analisar as possibilidades do uso dos Textos de Divulgação Científica (TDC) sobre Nanobiotecnologia na promoção de uma Prática Interventiva Interdisciplinares (PIIN). A pesquisa foi realizada com uma amostra de 13 licenciandos do curso de Ciências Biológicas da UFRPE. A prática Interventiva Interdisciplinar foi construída por meio de quatro momentos em sala de aula, na qual foram utilizados TDC com temáticas da Nanobiotecnologia, além de textos de livro e apresentação de slides com o propósito de fundamentar as bases dessa nova ciência. O instrumento metodológico usado foi a Sequencia Didática Interativa (SDI), para a coleta de concepções prévias e pós-PIIN fazendo o confronto entre ambas, possibilitando assim verificar os potenciais dos TDC na promoção de uma PIIN com temáticas da Nanobiotecnologia. Construímos descritores que pudessem identificar e orientar uma PIIN segundo as orientações de Fazenda (2008; 2011). Na PIIN os licenciandos construíram TDC com base no manual de redação proposto por Vieira (2004). As concepções dos licenciandos sobre Nanotecnologia, a construção e implementação de uma Prática Interventiva Interdisciplinar usando o TDC e a produção de TDC pelos discentes foram investigados com a técnica de Análise de Conteúdo (AC) proposta por Bardin (2009). Assim, de acordo com os resultados obtidos nas análises, inferimos que o TDC possui potencial como material de apoio para a promoção de uma PIIN com abordagens da Nanobiotecnologia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Texto de Divulgação Científica, Prática Interventiva Interdisciplinar, Interdisciplinaridade, Nanobiotecnologia, Nanotecnologia.

## ABSTRACT

The present research was aimed at analyzing the possibilities of using the Scientific Dissemination Texts (TDC) on Nanobiotechnology in the promotion of an Interdisciplinary Interventional Practice (PIIN). The research was carried out with a sample of 13 graduates of the Biological Sciences course at UFRPE. The Interdisciplinary Interventional practice was built through four moments in the classroom, in which TDC with Nanobiotechnology topics were used, as well as book and slide presentation texts with the purpose of laying the foundations of this new science. The methodological tool used was the Interactive Didactic Sequence (SDI), for the collection of previous conceptions and post-PIIN, making possible the verification of the potential of the BDD in the promotion of a PIIN with Nanobiotechnology topics. We constructed descriptors that could identify and guide a PIIN according to the guidelines of Fazenda (2008; 2011). In PIIN, the graduates built TDC based on the writing manual proposed by Vieira (2004). The conceptions of the graduates on Nanotechnology, the construction and implementation of an Interdisciplinary Intervention Practice using the TDC and the production of TDC by the students were investigated with the technique of Content Analysis (CA) proposed by Bardin (2009). Thus, according to the results obtained in the analyzes, we infer that the TDC has potential as a support material for the promotion of a PIIN with approaches of Nanobiotechnology.

**KEY-WORDS:** Texts of Science Communication (TSC), Interdisciplinary intervention practice (IIP), Interdisciplinarity, Nanobiotechnology, Nanotechnology.

## SUMÁRIO

1 .INTRODUÇÃO .....	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1 Divulgação Científica (DC): Origens.....	21
2.1.1 DC no Mundo: Panorama geral .....	21
2.1.2 DC no Brasil: O nascimento .....	22
2.1.3 DC no Brasil: O desenvolvimento .....	24
2.1.4 DC no Brasil: A maturidade .....	31
2.2 O Texto de Divulgação Científica: O seu rigor .....	34
2.3 O Texto de divulgação científica: Cienciando .....	42
2.4 TDC: Convite a Interdisciplinaridade .....	56
2.5 A Interdisciplinaridade do “Mundo Nano”: A Mudança Paradigmática .....	67
2.6 Nanoeducação: Nanotícias na Escola.....	77
3. PERCURSO METODOLÓGICO.....	87
3.1 Amostra .....	87
3.2 Instrumentos metodológicos .....	87
3.3 Sequência Didática Interativa (SDI).....	89
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	111
4.1 Análise de Conteúdo (AC) na investigação do TDC como recurso didático através das concepções dos licenciandos .....	111
4.2 Análise de conteúdo (AC) para caracterização da Prática Interventiva Interdisciplinar à luz do Texto de Divulgação Científica.....	143
4.3 AC da produção de TDC pelo licenciandos.....	153
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	170
REFERÊNCIAS.....	173
APÊNDICES .....	183

PLANO DE AULA.....	184
ANEXOS .....	187

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01.</b> A interdisciplinaridade na Nanotecnologia entre as disciplinas desencadeando a produção de materiais _____	73
<b>Figura 02.</b> Fronteiras de oportunidades nas interações de vários setores das ciências _____	75
<b>Figura 03.</b> Pasta com materiais usados pelos participantes durante as intervenções da PDI a luz do TDC _____	93
<b>Figura 04.</b> Licenciandos na SDI individual prévia a PIIN á luz do TDC _____	94
<b>Figura 05.</b> Licenciandos na SDI em subgrupos prévia a PIIN a luz do TDC _____	95
<b>Figura 06.</b> Licenciandos na SDI síntese geral prévia a PIIN á luz do TDC _____	96
<b>Figura 07.</b> Pasta com materiais usados pelos participantes durante as intervenções da PIIN a luz do TDC _____	98
<b>Figura 08.</b> Slides sobre Nanobiotecnologia elaborados para a utilização na PIIN a luz do TDC _____	99
<b>Figura 09.</b> Slides das matérias extraídas nos TDC pré-selecionados e exploradas na PIIN a luz do TDC _____	100
<b>Figura 10.</b> Slides sobre o conceito e uso do TDC elaborados para a utilização na PIIN a luz do TDC _____	101
<b>Figura 11.</b> Licenciandos na SDI individual pós-PIIN a luz do TDC _____	108
<b>Figura 12.</b> Licenciandos na SDI em subgrupos pós-PIIN a luz do TDC _____	109
<b>Figura 13.</b> Licenciandos na SDI síntese geral pós-PIIN a luz do TDC _____	109
<b>Figura 14.</b> Exposição para o confronto da síntese prévia e pós-PIIN a luz do TDC para posterior discussão _____	110
<b>Figura 15 -</b> Parágrafos do TDC 01 _____	165
<b>Figura 16 -</b> Parágrafos do TDC 02 _____	166
<b>Figura 17 -</b> Parágrafos do TDC 03 _____	167
<b>Figura 18 -</b> Ilustração apresentada no TDC 01 _____	168
<b>Figura 19 -</b> Ilustrações apresentadas no TDC 02 _____	168
<b>Figura 20 -</b> Ilustração apresentadas no TDC 03 _____	169

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 01</b> - Descritores criados para a caracterização de uma Prática Interventiva Interdisciplinar a Luz do Texto de Divulgação Científica (PIIN a luz do TDC)	64
<b>Quadro 02</b> - Questão do ENEM 2009, na qual aborda a temática da Nanotecnologia	86
<b>Quadro 03</b> - Instrumentos metodológicos da pesquisa e seus respectivos objetivos	89
<b>Quadro 04</b> - Fluxograma apresentando resumo da SDI.....	91
<b>Quadro 05</b> - Divisão do total de 8h/aulas destinada à coleta de dados em sala de aula da referida pesquisa.....	97
<b>Quadro 06</b> - Conteúdos sobre Nanotecnologia/Nanobiotecnologia apresentados em slides na PIIN à luz do TDC e seus respectivos objetivos e datas dos encontros	100
<b>Quadro 07</b> - Temas extraídos do livro ( <i>Física hoje uma aventura pela natureza: dos átomos ao Universo</i> ) e suas respectivas discussões suscitadas na PIIN à luz do TDC	106
<b>Quadro 08</b> - Conteúdos derivados dos subtemas dos TDC da RDC, com suas respectivas abordagens suscitada na PIIN a luz do TDC	107
<b>Quadro 09</b> - Processo de categorização para a validação do TDC como recurso didático, para abordagens do “Mundo Nano” .....	116
<b>Quadro 10</b> - Critério de análise das concepções utilizadas na pesquisa.....	119
<b>Quadro 11</b> - Processo de categorização da PIIN a luz do TDC de acordo com os descritores pré-estabelecidos .....	145
<b>Quadro 12</b> - Processo de categorização para a análise dos TDC produzidos pelos licenciando .....	155
<b>Quadro 13</b> - Numeração dos textos e vídeo usados na elaboração de TDC na PIIN.....	157.

## INTRODUÇÃO

Hoje o mundo que nos cerca, se move através dos avanços científicos e tecnológicos. Os mesmos acabam se popularizando rapidamente pelos meios de Divulgação. Logo, essa realidade está imersa no dia a dia dos alunos de tal modo que a escola não pode omiti-la. Dessa forma, tais fatos precisam integrar-se nas aulas aproximando o cotidiano e significando os conteúdos. Assim, ocorre a necessidade de atualização dos assuntos ministrados em aula, seguida de mudança e aquisição de novos recursos didáticos ou mesmo materiais de apoio que divulguem a realidade em sala de aula. Portanto, entre os meios de divulgação da Ciência, o texto de divulgação científica (TDC) tem sido inserido nas aulas em sala de aula e se firmado como respeitável recurso didático, complementando os materiais tradicionais (ROCHA, 2010).

O TDC se torna possibilidade de fundamentar o discurso escolar, trazendo novas perspectivas e visões dos conteúdos trabalhados em sala de aula, e ainda concordando com Rosa (2002), os TDC são importantes, pois superam a precariedade do livro didático; permitindo um trabalho de exploração de conceitos científicos, abordando questões atuais ligadas à ciência, à tecnologia e à sociedade.

O TDC é um recurso elaborado a partir de pesquisas do domínio científico, e que seu texto está “tomado” de termos, processos e métodos puramente desse campo. Eles são construídos através da reformulação dos textos restritos ao domínio científico os adaptando para o público não especializado, pois o mesmo, de maneira geral, concebe a Ciência como algo distante da sua realidade cuja linguagem é de difícil compreensão e que é praticada por pessoas fora-do-comum, superdotadas, contribuindo com as visões deformadas das ciências e que acabam induzindo o leitor a se ver como incapaz de entender o desenvolvimento das ideias nas Ciências.

É pensando na aproximação das ideias científicas com o cotidiano dos alunos que o TDC tem a possibilidade de resgatar em sala de aula assuntos dessa ordem e torna-los

inteligíveis para os estudantes, complementando o material adotado pela escola que pode ser livro didático, apostilas e outros.

É dentro dessa perspectiva de liberdade para do material didático que o professor deve se apoiar, todavia o mesmo não pode apenas se deter ao livro didático, como fonte exclusiva de conhecimento, resultando em aulas restritas as imposições dos livros e as opiniões do professor. Portanto, concordando com Terrazan e Gabana (2003), é de fundamental importância que os professores percebam o potencial didático de outros textos, que estejam mais próximos da leitura espontânea de seus alunos do que os livros didáticos. Seria desejável também que estas leituras fossem organizadas em atividades didáticas que permitissem e estimulassem um maior grau de discussão e participação dos alunos nas aulas.

É sabido que tanto a problematização quanto a investigação, realmente tem espaço significativo nas aulas que estão pautadas na perspectiva da contextualização, valorizando através das situações-problemas, as concepções prévias que os alunos já têm sobre tal temática, levando-os a significação ou ressignificação dos conteúdos trabalhados em sala de aula. Essa prática que resgata a experiência do aluno na sua vida diária alimenta sua participação e dialogicidade em sala de aula, colaborando na construção de cidadãos críticos e autônomos diante das diversas situações que irão encontrar em suas vidas.

Segundo Chaves (2002), o TDC trata questões de ciência e tecnologia buscando através de uma linguagem comum, próxima da jornalística e através da exploração de questões do cotidiano das pessoas, fazer uma ponte entre o conhecimento científico elaborado e os anseios e necessidades das pessoas compreenderem os termos e as ideias científicas e suas aplicações na vida cotidiana, favorecendo a contextualização, problematização e como resultado a dialogicidade entre os “atores” da sala de aula. Além disso, o TDC é percebido como recurso didático facilitador de discussões de temáticas contemporâneas, sendo as mesmas amplamente discutidas e disseminadas nos diversos meios de comunicação. Nessa perspectiva, os TDC situam-se em posição privilegiada em relação aos diversos textos possíveis e disponíveis para utilização didática, pois esses textos são

mais prováveis de serem lidos pelas pessoas quando desejam se informar sobre assuntos científicos (TERRAZAN; GABANA, 2003).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), quando propõe a importância dos alunos entenderem os impactos das tecnologias da comunicação na sua vida, nos processos de produção, no desenvolvimento do conhecimento e na vida social (BRASIL, 2000), estão reforçando a responsabilidade das escolas em trazer abordagens dessa natureza, contemplando questões que possivelmente fazem parte do “rol” de curiosidades reais dos alunos. Nesta visão, o TDC pode ser uma alternativa para os professores modificarem suas práticas pedagógicas tradicionais, envolvendo temas das novas ciências, novas tecnologias e suas constantes transformações, bem como a forma de se utilizar e fazer uso das linguagens da Ciência e da Tecnologia (ROSA, 2002),

No uso de TDC é importante observar que eles devem ser escolhidos e selecionados previamente ou mesmo quanto a construção de um, pode ser feita uma reescrita baseado em um TDC mais específico tornando suas ideias científicas simples e compreensíveis aos diversos leitores. Portanto, os TDC não devem exagerar no aprofundamento em detalhes específicos nem no uso de simbologia matemática como costuma acontecer em livros didáticos (LD), ao contrário, devem apresentar os conhecimentos científicos a partir de suas aplicações, ou através de explicações sobre a construção, o funcionamento e os usos de aparatos tecnológicos, ou ainda do estudo de fenômenos presentes no cotidiano das pessoas (TERRAZAN; GABANA, 2003).

Esses fatores nos auxiliam a defender seu uso didático em sala de aula. Acrescentando a isso concordamos com Valério e Bazzo (2006), quando os mesmos afirmam que a divulgação científica se coloca no contexto da educação de diversas áreas como é o caso da científica e tecnológica, aliando-se ao ensino formal na construção de uma sociedade alfabetizada científica e tecnologicamente, capaz de refletir criticamente e atuar a respeito dos assuntos de ciência e tecnologia em seu contexto.

É a partir das possíveis relações entre diversas áreas do conhecimento que percebemos o TDC como recurso didático que permite o entrelaçamento entre os diversos saberes, fazendo surgir entre as mesmas, situações e possibilidades que não existem sem tais

relações. Esse nível de discussão situa-se no campo da interdisciplinaridade que segundo Nicolescu (2006), é uma interação entre disciplinas, inclusive com a transferência de métodos de uma disciplina para outra, todavia se nos limitarmos a essa definição acabamos por reduzir a interdisciplinaridade a uma visão simplista, em que a mesma se restringe ao inter cruzamento de disciplinas. Porém a interdisciplinaridade vai muito além dessas relações, pois concordando com Fazenda et al. (2008) a compreensão do conceito de interdisciplinaridade amplia-se a partir de um novo olhar sobre as ciências. Na escola, a interdisciplinaridade ganha mais sentido no movimento que vai além das conexões de conteúdos entre as disciplinas, buscando uma maior interação professor-aluno, aluno-aluno e escola-família, para dotar de significados os conteúdos da realidade (relação teoria/prática).

Segundo a ótica de Fazenda et al. (2008) a abordagem interdisciplinar do ensino nasce da necessidade de conceber relações mais fortes entre as disciplinas, começando a quebrar a visão de ensino tradicional pautado nas disciplinas separadas, que contribui para um conhecimento fragmentado e reducionista, sem diálogo entre as diferentes áreas do conhecimento.

Essa prática interdisciplinar auxilia a motivação dos alunos transformando aulas puramente disciplinares, pois na visão da autora supracitada a vida não é disciplinar e as situações impostas no mundo real, que são de interesse dos alunos, são temas gerais como água, rios, energia e outros, que não pertencem a nenhuma disciplina em particular e devem ser trabalhados observando um contexto mais global e relacional sobre essas e outras temáticas.

Nesse contexto, as questões interdisciplinares começaram a ganhar “força” devido ao crescimento da ciência e ao fato que o aumento das questões globais nas quais as disciplinas em separado não davam conta de respondê-las, surge à necessidade de dialogar com outras áreas com o objetivo de responder e respaldar diversas situações. Portanto, a partir desse diálogo surgem diversos conhecimentos e áreas como é o caso da Bioquímica, Biofísica, Nanotecnologia, Bionanotecnologia e outras. Esta última trata-se de uma nova ciência de natureza Interdisciplinar, em que seu objetos de estudo são amplamente discutidos pelos meios de divulgação.

No termo NanoBioTecnologia torna-se possível entender seu objeto de estudo, através da fragmentação da sua palavra; dessa forma, temos “Bio” relacionado as estruturas biológicas, “Nano” referindo-se a escala Nanométrica e “tecnologia” no tocante às inovações dos materiais produzidos.

A Nanobiotecnologia visa o estudo e a manipulação de matéria na escala nanométrica a fim de produzirem substâncias e/ou materiais para uso em estruturas biológicas, atuando muitas vezes na cura de doenças. Aqui, fica claro que a Nanobiotecnologia é por natureza uma área Interdisciplinar na qual vai unir a medicina e as diversas tecnologias, nesse sentido exemplificamos uma das ações da Nanobiotecnologia de acordo com Quispe (2010), que diz ser a Nanobiotecnologia direcionada para manipular células, moléculas e átomos.

Nessa perspectiva a Nanobiotecnologia surge a partir da necessidade da aplicação de métodos da nanotecnologia em estruturas biológicas, percebemos aí a origem da Nanobiotecnologia advinda da nanotecnologia. Essa última se insere na escala Nanométrica, assim é importante ressaltar que a mesma tem esse prefixo *nano*, pois na ciência ela é uma medida de grandeza que designa um bilionésimo da grandeza. Em outras palavras, segundo Silva (2003), um nanômetro (símbolo *nm*), é relativo à escala manométrica.

Por sua vez, no raciocínio matemático, um milímetro como sabemos, é muito pequeno, mas podemos enxergá-lo até numa régua. Já um micrômetro ( $1\mu\text{m}=1 \times 10^{-6} \text{ m}$ ) corresponde a um milionésimo de metro e a um milésimo do milímetro e, por sua vez, um nanômetro ( $1\text{nm}= 1 \times 10^{-9} \text{ m}$ ), equivale a bilionésima parte de um metro, ou seja, a um milionésimo de milímetro ou, ainda, a um milésimo de micron.

É bem perceptível que o mundo “Nano” ainda pouco conhecido, não seja facilmente assimilável, pois trata-se de um mundo além de muito ínfimo, regido por diferentes leis que não se equivalem com as leis clássicas que regem o mundo macroscópico. Nesse pensamento, contemplamos os níveis atômicos e suas interações em condições distintas do campo de visão humano.

Em razão desse potencial da Nanobiotecnologia em atingir estruturas tão pequenas, é que a mesma tem sido assunto de interesse pela mídia em geral, com suas diferentes tecnologias no campo das ciências, destacando-se a Medicina regenerativa que se utiliza de novos métodos pautados na escala Nanométrica. Como exemplo tem-se o desenvolvimento e utilização de estratégias destinadas a reparar ou substituir órgãos e tecidos de células lesionados, doentes ou deficientes metabolicamente, aqui encontramos um possível tratamento para o câncer (LECHUGA, 2008).

Outro exemplo bastante divulgado de acordo com Herbst et al. (2004), é a construção de NanoTubos de Carbono NTC (CNT, do inglês *carbon nanotube*) e suas aplicações na medicina. Visto que os mesmos são cilindros ocos de escala Nanométrica, formados por átomos de carbono que possuem extraordinárias propriedades mecânicas, elétricas, térmicas e aplicações na medicina, logo são extremamente pequenos e leves, podendo chegar ao interior de uma célula para serem utilizados como sensores para diagnósticos e tratamentos médicos. Dessa forma, é possível perceber a importância que tais temáticas têm sobre o desenvolvimento da ciência atual, as possibilidades de interação dos fenômenos atômicos e subatômicos, que proporcionam o arranjo de estruturas químicas com alto poder de ação em estruturas biológicas.

A questão é como trazer esses novos conhecimentos como conteúdos a serem ensinados em sala de aula. Este é um grande desafio que o docente tem enfrentado nos dias atuais, sendo levado a trabalhar através de resolução de problemas ou por projetos e com temas que envolvem várias ciências, como é o caso da Bionanotecnologia, que envolve a Física, Química, Biologia e suas aplicações tecnológicas e várias outras áreas do conhecimento, como a Medicina, a Sociologia, a Ética etc.

As temáticas que envolvem a Bionanotecnologia pelo fato de ainda serem recentes e estarem em estudos, não são apresentadas em livros didáticos e quando o são, citam-nas de forma muito “tímida”. Nessa realidade, como forma de acesso prático, o professor pode “lançar mão” dos textos de divulgação científica, como material de apoio para complementar e contextualizar suas aulas envolvendo diversas áreas, as tornando, mais

interessantes e atualizadas com “toque” Interdisciplinar, permitindo aos alunos a exposição de seus conhecimentos prévios.

Essa atividade em que o professor busca ir além dos conteúdos propostos na “praxe” do livro didático, fazendo interação entre as diferentes disciplinas caracteriza uma Prática Interventiva Interdisciplinar (PIIN), a mesma possibilita a pesquisa por novos conhecimentos afirmando ser esse ato imprescindível para o ensino como uma constante motivadora tanto dos conteúdos teóricos como a busca por novas práticas e metodologias instigadoras da participação dos alunos em sala de aula.

Espera-se que esse estudo possa contribuir para a linha de pesquisa em formação de professores, e ainda oferecer subsídios para reflexões no tocante a busca por metodologias e possibilidades de práticas interventivas em sala de aula, visando à contextualização e atualização dos conteúdos curriculares.

Por fim o presente trabalho tem como questão de pesquisa compreender, quais as possibilidades dos Textos de Divulgação Científica (TDC) sobre Nanobiotecnologia serem incorporadas em sala de aula como material de apoio na promoção de uma Prática Interventiva Interdisciplinar (PIIN)?

Diante da exposição da investigação do referido trabalho, tem-se que os objetivos são:

### **Objetivo geral**

Analisar as possibilidades dos Textos de Divulgação Científica sobre Nanobiotecnologia como material de apoio a serem incorporados em sala de aula na promoção de uma Prática Interventiva Interdisciplinar.

### **Objetivos específicos**

1. Analisar o TDC como recurso didático que possibilitem abordagens da Nanobiotecnologia;
2. Elaborar descritores que permitam identificar uma Prática Interventiva Interdisciplinar a luz do Texto de Divulgação Científica (PIIN à luz do TDC);

3. Analisar os recursos textuais de linguagem e forma usados pelos sujeitos de pesquisa na produção de seus TDC.

Diante de todo o exposto respaldamos as propostas explicitadas anteriormente através fundamentação teórica que está dividida em capítulos que abordam tais temáticas: A divulgação científica e suas origens, fazendo um panorama geral da divulgação científica (DC) no mundo bem como o nascimento, desenvolvimento e maturidade da DC no Brasil, também foi discutida a questão das técnicas utilizadas na construção do TDC, qual a sua importância didática e suas possibilidades interdisciplinares utilizando a nanobiotecnologia como temática abordada pelo TDC desembocando em uma prática interventiva interdisciplinar (PIIN)

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta fundamentação será construída a partir de tópicos na qual dará respaldo a toda discussão e problematização da referida pesquisa, favorecendo uma melhor organização e compreensão do texto.

### 2.1 Divulgação Científica (DC): Origens

Este tópico se dedica a discorrer sobre um resgate sócio-histórico mundial e Brasileiro das origens e desenvolvimento da divulgação científica (DC). Inicialmente é descrito resumidamente as origens e um panorama mundial da DC e consecutivamente é realizada uma descrição mais minuciosa sobre a DC no Brasil. Esse último é dividido em subtópicos e são eles: *DC no Brasil: O nascimento*, *DC no Brasil: O desenvolvimento* e *DC no Brasil: A maturidade*.

#### 2.1.1 DC no Mundo: Panorama geral

O termo divulgação de acordo com Rojo (2008) significa a ação de “dar ao vulgo” (à plebe, aos pobres, aos trabalhadores, aos que falam a língua vulgar – o povo). Assim, a disseminação e acesso à cultura e ao conhecimento por parte das massas populares nascem sendo patronizada pelos intelectuais da Revolução Francesa – os conhecidos iluministas que devem levar as luzes (da ciência) ao século XVIII. É desta vontade política de “dar ao vulgo” o conhecimento da ciência, que surge a divulgação científica.

Todos os bens culturais já produzidos na época eram disputados por diversas classes sociais, desde homens livres até mesmo padres, este último tinha grande influência, pois ainda existiam resquícios da imposição catolicista típica da Idade Média. Todavia, ao final da chamada Idade Moderna, tínhamos já, em boa parte do ocidente, uma situação em que todas as classes têm acesso à escolarização – inclusive, como mecanismo de disciplina(riza)ção dos “bárbaros” –, que passa a ser obrigatória e universal. Em

princípio, todos devem ter acesso à escola obrigatória, por conseguinte, aos conhecimentos científicos selecionados para compor o currículo escolar (ROJO, 2008).

Nesse momento muitos achados científicos já compunham os textos dos livros didáticos, porém já era sentida necessidade de divulgá-los fora da escola. Neste contexto, é organizada uma *Enciclopédia*, por Diderot e d'Alembert, ação que tomou de seus organizadores e colaboradores mais de vinte anos e resultou em 28 volumes, com verbetes sobre temas e conceitos científicos, organizados pela primeira vez em ordem alfabética, dando origem à enciclopédia como hoje a conhecemos.

O *verbeta* é um gênero clássico da DC, primeiro a surgir nessa esfera de circulação de textos, nele existem informações do campo científico com uma escrita, mas simplificada e inteligível ao público leigo. Hoje, encontramos informações científicas nas bancas de jornal, na internet, nas bibliotecas, em textos (artigos, reportagens, resenhas, resumos) de divulgações científicas confiáveis e atualizados, publicados em diversos veículos de comunicação (ROJO, 2008).

Desse modo, a DC que teve como origem os escritos do *Enciclopedismo*, que persiste sendo produzida pelos cientistas, com o objetivo que um público não especializado possa ter acesso a essas informações.

### **2.1.2 DC no Brasil: O nascimento**

A divulgação científica no Brasil, ocorreu de forma “lenta e atrasada”, pois seus colonizadores não tinham nenhum interesse em formar ou mesmo informar os nativos dessa Terra. Nos séculos XVI, XVII e XVIII, existiam muitas colônias portuguesas de exploração, em que atividades científicas ou mesmo de difusão das ideias modernas eram praticamente inexistentes. Nesses séculos o Brasil, no tocante ao quadro sociocultural, aliava um poder dominante da Coroa Portuguesa, que controlava rigidamente o país, com uma população pouco letrada, onde o ensino era detido unicamente pelos jesuítas (MOREIRA; MASSARANI, 2002)

O Brasil no século XVIII compunha um cenário crítico, que não cooperava com seu desenvolvimento científico, assim ocorreria à proibição de publicação de livros, a imprensa era inexistente, o sistema de ensino era deficiente, logo os indivíduos que tinham acesso aos novos conhecimentos científicos, o faziam no exterior, dessa forma estava garantida a educação apenas para as classes dominantes da época. De forma a colaborar com essa situação, temos que as intenções do governo português para com as atividades científicas no Brasil, se detinham apenas as necessidades militares, tais como astronomia, cartografia, geografia e outras.

Segundo os autores supra as várias tentativas foram feitas como o propósito de organizar movimentos destinados a difusão da ciência, uma delas foi à criação da Academia Científica do Rio de Janeiro pelo marquês do Lavradio, em 1772. A academia era constituída por nove membros e pretendia se dedicar à física, química, história natural, medicina, farmácia e agricultura. Porém, os autores ainda relatam que em 1779 a academia se esvaziou, decretando seu fechamento. Sendo reaberta com o nome de Sociedade Literária do Rio de Janeiro e fechando suas portas novamente em 1794, acarretando na prisão de seus membros que foram acusados de conspirar a favor da independência da Colônia.

É importante frisar que as referidas academias tinham como objetivos a disseminação da cultura científica entre os interessados da elite local. Aqui se pode reforçar o fato histórico da ligação entre ciência e política que perdura até os dias atuais.

Com o passar dos anos, mas exatamente no final do século XVIII e início do século XIX, muitos brasileiros que foram estudar em Portugal, França, Bélgica e Escócia, começam a voltar, trazendo concepções científicas que vinham a contribuir com a disseminação da ciência.

Após as várias tentativas de movimentos intencionados ao progresso científico, a chegada da corte Portuguesa resulta em um estímulo mais consistente para tal atividade, pois esse fato proporcionou à abertura dos portos, a suspensão da proibição da imprensa, e o surgimento de instituições de ensino ligadas a ciência, como a Academia Real Militar e o Museu Nacional.

Já em 1810, com o surgimento da Imprensa Régia, de textos e manuais com informações científicas mesmo em número reduzidos, estes começaram a ser divulgados pelo país. Nesse período, os primeiros jornais como *A Gazeta do Rio de Janeiro*, *O Patriota* e o *Correio Braziliense* (editado na Inglaterra) publicaram artigos e notícias relacionados à ciência (OLIVEIRA, 1998).

Ainda explica os autores que o Brasil estava passando por um período politicamente conturbado entre a Independência e a consolidação do Segundo Império, nota-se então um decréscimo relativo nas atividades de divulgação da ciência. Comprovando tal situação temos o crescimento lento de periódicos, tais como *Miscelanea scientifica* (1835), *Nictheroy* (1836) e *Minerva brasiliense* (1843), publicando também artigos relacionados à ciência.

### **2.1.3 DC no Brasil: O desenvolvimento**

Influenciado pela revolução industrial em meados do século XIX, as atividades de DC, se intensificam, dando início a um movimento de valorização das atividades tecnocientíficas, expressando-se na realização das grandes Exposições Universais, iniciadas em Londres, em 1851, e nas quais o Brasil teve participação a partir da exposição de 1862. Isto demonstra um avanço quanto aos interesses em fazer ciência e divulgá-las, ainda assim a mesma se encontrava centrada nas “mãos” de poucos, como os estrangeiros residentes ou mesmo de passagem pelo país, ou aqueles brasileiros que seguiram cursos em instituições estrangeiras.

O cenário ainda era o de atividades científicas restritas e realizadas de forma individual e em poucas áreas, limitado a uma pequena elite; o analfabetismo atingia a maior parte da população e para cooperar com essa realidade o Brasil era um dos poucos países em que ainda existia escravidão (AZEVEDO, 1995).

Quanto aos conteúdos das divulgações, havia um grande interesse na ciência aplicada às artes industriais, todavia pelas análises das divulgações da ciência nos periódicos e

catálogos da Biblioteca Nacional vemos que ao longo de todo o século, foram produzidas cerca de 7.000 publicações em periódicos no Brasil, desses aproximadamente apenas 300 foram relacionados à ciência (MOREIRA; MASSARANI, 2002).

Nesse contexto, é válido ressaltar que quando se referem aos periódicos de ciências, o critério de classificação está baseado em serem produzidos pelas associações científicas da época ou mesmo terem o termo “ciência” em seu título. No entanto, os conteúdos de tais publicações se limitavam a notícias curtas ou curiosidades científicas. Aqui se pode perceber “imaturidade científica” das divulgações e a inconsistência de tais conteúdos.

Outro fato importante expressado pelo o autor supra é quanto às publicações que de acordo com as datas das criações dos periódicos percebe-se o grande crescimento do número de periódicos de caráter geral entre 1850 a 1880. Tendo também um crescimento acentuado na criação de periódicos relacionados à ciência a partir de 1860, com ápice em 1875, o que ilustra o aumento relativo de interesse pelos temas de ciência. Em meio a essas publicações surge em 1857 a *Revista Brasileira – Jornal de Sciencias, Letras e Artes*, incluindo em seu corpo de edição vários intelectuais. Essa revista era dirigida pelo engenheiro e matemático Cândido Batista de Oliveira, tendo como associados Guilherme Schüch de Capanema, Freire Alemão e Emmanuel Liais (MOREIRA; MASSARANI, 1997).

Essa revista teve grande influência na disseminação dos conhecimentos científicos do Brasil, conforme declaram os autores supra, pois além de tratar de produções do próprio grupo de edição da revista, a mesma tratava de artigos extraídos de publicações nacionais ou estrangeiras. Eles ainda relatam que em 1874, os jornais começam a fazer publicações mais atualizadas sobre os acontecimentos e descobertas científicas, pois foram estimulados pela criação das ligações telegráficas entre o Brasil e Europa por meio do Cabo Submarino.

Passados dois anos da criação telegráfica brasileira, mais precisamente em 1786 surge a *Revista do Rio de Janeiro*, sendo importante ressaltar que pela centralização da estrutura política e educacional, parte significativa dos periódicos era originada no Rio de Janeiro. De acordo com levantamento em dois volumes publicados em seu 1º ano de

publicações mostrou que, de seus 98 artigos, 21% eram de DC, 18% técnicos e 4% referiam-se a notícias curtas científicas. Dentre os textos divulgados que podem ser considerados científicos estão: história da Terra, sonambulismo, cérebro, classificação zoológica, hidrografia, respiração, pneumonia e febre amarela (MOREIRA; MASSARANI, 2002).

Os autores mencionados, ainda explicitam que várias revistas começaram a ser lançadas com os mais variados contextos científicos e são elas, a revista semanal *Ciência para o povo* com artigos sobre ciência, em particular saúde e comportamento, em 1886 a *Revista do Observatório do Rio de Janeiro*, que além de publicar observações e trabalhos executados no Observatório, relatava também as descobertas e progressos científicos. Porém, a mesma tinha uma organização diferenciada das outras que se assemelhavam a livros, a mesma ainda tinham uma difícil linguagem bastante específica o que dificultava a sua leitura por um público não especializado.

Com o passar dos anos a curiosidade e a troca de descobertas científicas começaram a ser supervalorizadas ao passo que, foi surgindo as grandes exposições universais e as grandes conferências entre países para discutirem sobre as grandes questões de sua época. Nesse sentido, em 1873 iniciou-se uma das atividades de DC mais significativas da história brasileira e que duraria quase 20 anos: as *Conferências Populares da Glória*, tratando dos variados assuntos, tais como, glaciação, clima, origem da Terra, responsabilidade médica, doenças, bebidas alcoólicas, ginástica, o papel da mulher na sociedade, educação, entre outros (FONSECA, 1996).

Essas conferências eram publicadas juntamente com as discussões parciais ou na íntegra, sendo divulgadas para a população por meio do *Jornal do Comercio*, a *Gazeta de Notícias* e o *Diário do Rio de Janeiro*. Dessa forma, se percebe a grande relação entre as várias divulgações como o jornal e revistas, tratando das mesmas questões da época. Ainda, muitas dessas conferências eram escolhidas para comporem a coletânea *Conferências Populares*. Somando a isso de acordo com Lopes (1995), temos também a atuação dos museus de história natural, como espaços destinados para a DC dos estudos das ciências naturais, e conforme afirma Sá e Domingues (1996), incrementando com atividades internas, como oferecimento de *cursos públicos* nos museus e *palestras*

fundamentados em estudos da botânica, zoologia, agricultura, mineralogia e outros, assim era dada a oportunidade as pessoas a conhecerem estudos científicos específicos.

Um marco na história da DC no Brasil foi a elaboração do documento redigido pelo biólogo francês Louis Couty, que trabalhava no Rio de Janeiro. Preocupado com o desenvolvimento da ciência brasileira e muito ativo nesse particular, Couty escreveu o primeiro artigo de uma coluna dedicada à nova propaganda científica na *Revista Brasileira*, em 1875. Nele, Couty defendia arduamente o desenvolvimento das ciências experimentais no Brasil e dava ênfase especial à vulgarização científica. Quando tratou da divulgação científica, mencionou seu grande desenvolvimento na Europa naquele momento e analisou possíveis maneiras para se estimular o público não especializado em direção à ciência (MOREIRA; MASSARANI, 2002).

Os autores ainda mencionam que no século XX, o Brasil até então não tinha despertado vigorosamente para a DC, apenas no Rio de Janeiro surgia um grupo de pesquisadores em diferentes áreas, e que timidamente começaram a incentivar a DC. Como fruto desses incentivos foram criados vários grupos relacionados à pesquisa científica dentre eles se destacam, a Sociedade Brasileira de Ciências (SBC), que se transformaria depois na Academia Brasileira de Ciências (ABC) e dessa última dentro dos seus salões fundou-se a Rádio Sociedade do Rio de Janeiro, que teria sido a primeira rádio brasileira, objetivando-se na popularização das pesquisas científicas (MOREIRA; MASSARANI, 2001).

A rádio divulgava programas variados, desde músicas, informativos, palestras e até cursos de diversas áreas. Em sua visita ao Brasil, em maio de 1925, Einstein fez uma breve locução em alemão na Rádio Sociedade, que foi traduzida em seguida para o português. Ele comentou sobre a importância da difusão cultural e científica pelo novo meio de comunicação:

Após minha visita a esta sociedade, não posso deixar de, mais uma vez, admirar os esplêndidos resultados a que chegaram a ciência aliada à técnica, permitindo aos que vivem isolados os melhores frutos da civilização. É verdade que o livro também o poderia fazer e o tem feito, mas não com a simplicidade e a segurança de uma exposição cuidada e ouvida de viva voz. O livro tem de ser escolhido pelo leitor, o que por vezes traz dificuldades. Na cultura levada pela radiotelegrafia, desde que sejam pessoas qualificadas as

que se encarreguem da divulgação, quem ouve recebe, além de uma escolha judiciosa, opiniões pessoais e comentários que aplainam os caminhos e facilitam a compreensão. Esta é a grande obra da Rádio Sociedade (MOREIRA; MASSARANI, 2002).

Os autores explicam que as expectativas quando as divulgações eram muitas, as pessoas pensavam em serem informadas a um custo barato, fácil e rápido, esse benefício foi tão bem aceito que em torno de 1927, cerca de 30.000 residências tinham equipamento receptor de rádio e aproximadamente 150.000 pessoas ouviam a Rádio Sociedade diariamente (ROQUETTE-PINTO, 1927 p. 236).

Com o passar do tempo a rádio começou a publicar diversos tipos de revistas em diversas áreas principalmente ligadas a *Radiocultura* na qual trazia temáticas sobre técnicos de radiotelefonia, notas sobre a criação de novas rádios e ainda notas científicas ligadas à ciência.

Algumas outras áreas começam a serem exploradas, tais como a publicação da revista ligada a educação, *Scientia e Educação* e a revista da *Sociedade Brasileira da Ciência*. Entretanto, não só as revistas e a Rádio, mas também os jornais da época se interessavam pelas notícias relacionadas a ciências, fato que comprova isso, é o relato de Moreira e Massarani (2002), afirmando que, *O Jornal, Jornal do Brasil, O Imparcial, A Noite, Jornal do Commercio e Gazeta das Notícias*, divulgaram a vinda de Einstein e Marie Curie ao Brasil.

Anda esclarece os autores que a divulgação começava a influenciar notadamente nas produções científicas, pois alguns livros começam a ser publicados. Portanto, fruto desses grupos de DC, como exemplo tem-se o livro, *O valor da ciência e Ciência e Método* e ainda algumas coleções científicas tais como, *Biblioteca de Filosofia Científica* e a *Coleção Cultura Contemporânea*.

Na década de 20 dava-se início aos estímulos mais consolidados as conferências públicas relacionadas à difusão científica, aonde vinham cientistas de diversos países para discutirem sobre aspectos e paradigmas científicos expondo-os e traduzindo-os de tal forma que pessoas leigas compreendiam o cenário científico da época. Aqui começa

a se manifestar movimentos de ressignificação do conhecimento científico contemplando a sociedade em geral (MOREIRA; MASSARANI 2002).

Os autores ainda informam que o Brasil estava passando por transformações na DC, para tanto fazendo um comparativo com o final do século XIX, se percebe que as ações de DC estavam voltadas mais para a difusão de conhecimentos da ciência pura e menos para a exposição e a disseminação dos resultados das aplicações técnicas dela resultantes. Somando a isso, com o passar do tempo através da criação de condições para o desenvolvimento da pesquisa básica, no país começa a se perceber a melhoria da organização dos grupos e órgãos relacionados a DC.

Dessa forma, a grande questão era instigar o poder público, para a criação e manutenção de instituições ligadas à ciência, valorizando a atividade de pesquisa. Ao passo que o Brasil estava passando por grandes dificuldades nas décadas 30 e 40, pois o caráter da divulgação realizado se mostrava frágil, promovido pela instabilidade vigente no meio científico de então.

Mesmo em meio a essa situação instaurada no Brasil, de acordo com Moreira e Massarani (2002), ocorreram importantes eventos que contribuíram com o desenvolvimento do meio científico, tais como a criação das primeiras faculdades de ciências e de institutos de pesquisa importantes como o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, em 1949, o Instituto de Matemática Pura e Aplicada e o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, ambos em 1952 e em 1951, organizou-se a primeira agência pública de fomento à pesquisa, o Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq).

Ainda declara os autores que na década de XX, ocorreram produções de filmes pelo Instituto Nacional do Cinema Educativo (INCE), por outro lado nos anos 30 e 60, esse instituto produziu mais de uma centena de filmes curtos (em geral, com duração entre 3 e 30 minutos), voltados para a educação em ciências, para a divulgação de temas científicos e tecnológicos.

Nos anos 40, começa a atuação do médico, microbiologista, economista e divulgador da ciência José Reis que teve sua carreira iniciada na DC como escritor de ciência na *Folha*

*da Manhã*, colaborador em várias Revistas, escreveu livros para crianças e foi colunista de temas científicos na *Folha de São Paulo*.

Em sua Tese, Mendes (2006), afirma que José Reis, compreendia que a ciência estava a serviço da reforma social. Assim a dedicação de José Reis a DC, ocorreu de forma consistente, coerente e ininterrupta por 60 anos, constituindo-se em um instrumento de visibilidade e de legitimidade da ciência. Assim, diante de tais contribuições ele é considerado o “Pai da Divulgação Científica no Brasil”, não apenas pelos jornalistas científicos, que o têm como mestre, mas para o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Ainda esclarece a autora que o CNPq, em homenagem as atividades e trabalhos de José Reis criaram em 1978, o *Prêmio José Reis de Divulgação Científica* para premiar anualmente indivíduos e instituições que tenham desenvolvido trabalhos relevantes na área da divulgação científica.

Ele também foi um dos fundadores, em 1948, da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), se tornando a partir dos anos 70, a principal entidade a promover eventos e publicações voltadas para a DC.

Já nos anos 50, a questão da energia nuclear despertava atenção pelas classes militares e civis, agregando a isso o cientista brasileiro Cesar Lattes que tinha participado da descoberta da partícula nuclear Méson Pi , que foi objeto posteriormente do premio Nobel de Física em 1950, ganho pelo cientista Cecil Frank Powell, contribuindo assim para o interesse público generalizado pelas ciências físicas. Grande parte desse interesse foi promovida pelas revistas de circulação geral, que relatavam sobre tais temáticas.

Consecutivamente nos anos 60, influenciados pela educação dos EUA, o Brasil se destina a um movimento educacional inovador, que levou ao surgimento de centros de ciências espalhados pelo país que, embora ligados mais diretamente ao ensino formal, contribuíram em certa escala para as atividades de popularização da ciência. É nesse período, no entanto, que ocorre o golpe militar (1964) que viria a ter profundos reflexos na vida social, econômica, educacional e científica do país (MOREIRA; MASSARANI, 2002).

A fundação de espaços para desenvolvimentos científicos só estaria consolidada segundo Mendes (2006), após uma grande reforma na institucionalização da ciência no Brasil que possibilitou a sua organização em sociedades científicas, e ao mesmo tempo, exigiu o desenvolvimento de um novo padrão de comunicação científica, realizado tanto na imprensa geral como em Revistas de Divulgações Científicas (RDC).

#### **2.1.4 DC no Brasil: A maturidade**

As últimas décadas têm sido um período particularmente rico em experiências na DC. No entanto nos anos 70, as reuniões anuais da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, por razões políticas ligadas à oposição à ditadura militar, ganharam grande repercussão pública e na imprensa e atraíram milhares de cientistas, professores e estudantes. Nas reuniões dessa sociedade a DC passa a ser considerada como significativa por uma parcela da comunidade científica, especialmente aquela que via a ciência como um elemento importante de superação do subdesenvolvimento e das mazelas sociais.

Nos anos 80 muitas atividades de divulgação surgiram inclusive nos jornais diários, nas quais seções de ciência foram criadas, programas de TV começaram ser criados, como é o caso do programa de DC *Globo Ciência* que está no ar desde 1984. Já em 1982, foi criada, no Rio de Janeiro, a RDC *Ciência Hoje*, da SBPC, com o objetivo de divulgar a produção científica brasileira. Dessa derivou-se a RDC *Ciência Hoje para as Crianças*, destinada a DC, numa linguagem acessível para o público infantil, mostrando aqui a preocupação em difundir a ciência, já nas primeiras fases do desenvolvimento humano (MOREIRA; MASSARANI, 2002).

Também foram publicadas a *Globo Ciência* (hoje, *Galileu*) e *Superinteressante*, com assuntos diversos sobre a DC, bem acessíveis, porém com menores preocupações quanto à qualidade e à dimensão crítica da ciência. Atualmente, uniu-se a elas a versão brasileira da *Scientific American*.

A televisão também acompanhou o ritmo da DC conforme cita Moreira (2008), criando em 1979 o programa “*Nossa Ciência*”, posteriormente o “*Globo Ciência*”, “*Globo ecologia*”, “*Globo Rural*”, todos televisionados pela *TV Globo* da fundação Roberto Marinho, se constituindo um marco na história da DC brasileira. Outros programas de outras emissoras também foram televisionados tais como, *Ver ciência*, *Minuto Ciência*, *Mundo de Beakman*, *Ciência Travessa*, *Tome Ciência e outros*, sem contar com os programas de TV a cabo (emissoras fechadas), como *Discovery Channel*, *Discovery Kids*, *Animal Planet* e a *National Geographic*, todos eles com intenções educativas de disseminar conhecimentos científicos.

Desde os anos 80 até os dias atuais, vêm sendo criados dezenas de centros de ciências. Hoje temos cerca de 80 centros e museus de ciência e outras instituições dedicadas à popularização da ciência, desses a maior parte se encontra no estado de São Paulo, seguido do Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, assim demonstrando a desigualdade na distribuição da riqueza, dos recursos em ciência e tecnologia e dos bens educacionais.

Dentre os primeiros museus de ciências criados estão o Centro de Divulgação Científica e Cultural, de São Carlos em 1980, o Espaço Ciência Viva (organização não governamental e sem fins lucrativos, no Rio de Janeiro) em 1982, a Estação Ciência em 1987, que foi criada inicialmente pelo CNPq e que está agora sob a direção da Universidade São Paulo (USP).

Nesse sentido, os maiores museus de ciências do país são o Museu de Ciências e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica, em Porto Alegre e o Museu da Vida da Fiocruz, no Rio de Janeiro, ambos inaugurados há poucos anos. Temos também o Espaço Ciência da Secretaria de Educação e Esportes de Pernambuco, situado na cidade do Recife, um museu com espaços ao ar livre que se dedica a divulgação de vários conteúdos científicos tais como Astronomia, física, química, matemática e biologia.

Uma característica importante é o fato de quase todos esses museus e centros de ciência ser visitados frequentemente por escolas, constituindo um público de crianças e adolescentes. Logo, muitos museus preparam atividades voltadas à interação desse público. Temos também os museus itinerantes que não tem um espaço físico fixo, mas divulgam suas exposições por diversos lugares.

Segundo Moreira e Massarani (2002) do ponto de vista da organização de profissionais e instituições ligadas à divulgação da ciência, alguns eventos merecem ser citados quanto a DC e são eles:

- Em 1977, foi fundada a Associação Brasileira de Jornalismo Científico;
- Em 1990, foi criada a Rede de Popularização de Ciência e Tecnologia para a América Latina e Caribe (RED POP);
- Recentemente, foram criadas a Associação Brasileira de Divulgação Científica (ABRADIC) e a Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciências, com pretensões de aproximar as diversas instituições e promover o intercâmbio e a cooperação entre elas;
- Atualmente foram originadas as Atividades das secretarias regionais da SBPC, que tem influenciado as conferências sobre ciência voltadas para o grande público e para jovens nas escolas;
- Hoje grandes telejornais, dedicam espaços em suas transmissões para a DC, enquanto as questões globais que repercutem a sociedade e são alvos e manchetes de jornais e revistas.

No aspecto editorial, o número de livros e coleções de livros de DC aumentou significativamente nas últimas duas décadas. Mas a produção de textos por pesquisadores ou escritores nacionais ainda é diminuta, predominando as traduções de livros do exterior.

Nos últimos anos tendo havido pela academia um interesse crescente pela divulgação científica a mesma ainda se mostra muito frágil, pois tais atividades são consideradas marginais e, na maioria das instituições, não influenciam na avaliação de professores e pesquisadores.

Dessa forma, iniciativas dos órgãos nacionais de fomento à pesquisa, poderiam colaborar com esse processo, mas ainda é muito tímida ou mesmo inexistente. Todavia se sabendo de tais potenciais, que a Divulgação Científica proporciona, a mesma deve

ser introduzida nas discussões em sala de aula e ainda se sugere a criação de um programa nacional de divulgação científica.

Mediante a importância da DC e tendo a escola como espaço estratégico para tal, é que a presente pesquisa se dedicou ao estudo do Texto de Divulgação Científica (TDC), como uma forma de divulgar a ciência para a sociedade, sendo também um recurso didático a incorporar as práticas docentes.

## **2.2 O Texto de Divulgação Científica: O seu rigor**

Sabendo que o propósito da presente pesquisa é a análise das possibilidades do TDC sobre Nanobiotecnologia como recurso didático, para a promoção de práticas docentes interdisciplinares, se faz necessário entender sua função e características, assim como seus elementos de construção e estruturação. Para tanto, discorreremos sobre tais pontos.

A escrita é um marco na história mundial, pois é a garantia do conhecimento de boa parte dos registros que originaram as diversas culturas, existindo várias produções desde as mais primitivas até os relatos atuais sobre o funcionamento de inúmeras estruturas microscópicas do Universo.

É através dessa arte de *divulgar* ou mesmo *disseminar* conhecimentos, descobertas e fatos que na ciência hoje, se tornaram conhecidos mundialmente e seus avanços têm sido apreciados pela população. Dentro dessa perspectiva e como foco da presente pesquisa, aprofundaremos a divulgação abordando alguns detalhes do TDC, a começar por sua definição, em que se trata de um tipo de divulgação escrita de conhecimentos científicos, transcritos e adaptados para o público leigo. Apoiando-nos em Nascimento (2008) para conceituar o TDC, pois ela afirma que são textos que materializam o discurso da divulgação científica e que, por sua vez, veiculam conhecimentos científicos em diferentes suportes para pessoas que possuem formações e graus de instrução diversos.

Entretanto os textos em geral têm funcionalidades discursivas divergentes, pois uns servem para entreter, outros para instruir, enfim, distintas são as intenções propostas pelo emissor ao redigir algo. Em contra partida a escrita destinada a DC tem uma organização específica para torna-la compreensível as pessoas, pois a mesma aproxima os conhecimentos altamente especializados para a sociedade em geral. Assim concordando com Zamboni (2001), que diz ser a DC uma atividade de *difusão*, que é direcionada para fora de seu contexto originário de conhecimentos específicos, que são produzidos e circulam dentro de comunidades de limites restritos e mobilizam distintos recursos, técnicas e processos para a veiculação das informações científicas e tecnológicas.

Dentro dessa visão da definição de DC, Alferes e Augustini (2008), diz que a DC é uma forma de vulgarização dos saberes científicos, uma vez que se trata de uma *disseminação* na qual não há uma preocupação premente em se manter a "cientificidade" do que é divulgado, já que o faz para o público em geral (desde que escolarizado), não se restringindo a um grupo específico da sociedade.

Diante de tais argumentos, percebe-se a variedade de terminologias quanto à atividade da DC, como a questão da *difusão* e *disseminação científica*, apontadas pelos autores supracitados, para tanto é preciso fazer algumas distinções desses termos e outros que caracterizam a DC. Dessa forma utilizaremos os fundamentos descritos por Zamboni (2001), para fazer tais distinções.

A autora explica que a *difusão científica*, é uma atividade ampla, na qual engloba as espécies: *disseminação científica*, *jornalismo científico* e *divulgação científica*, cada um contendo suas peculiaridades de construção. Dentro dessas especificações de *difusão* tem-se a função intencional como primordial, pois a mesma pode ser direcionada para especialistas e também para o grande público em geral. Logo a *disseminação científica* está para os especialistas enquanto a *divulgação científica* está para o grande público. Neste último se insere o TDC.

É bem verdade que o TDC, se constrói através de releituras e reescritas, como forma de “tradução”, para uma escrita fundamentada no senso comum, passando por um processo

de “recodificação” da qual afirma Zamboni (2001), residir aí a maior tarefa de envergadura que cabe ao divulgador. Somando a essa realidade temos ainda que o TDC pode ser encarado como instrumento de formação sócio-política da sociedade. Logo nos parece que decorre dessa relação o fato da DC se pautar, predominantemente, em resultados científicos referentes à saúde e à tecnologia, haja vista que são estas as áreas científicas de maior destaque em nossa sociedade capitalista.

No entanto, quando nos referimos às ciências humanas, ainda é vigente o paradigma de compreender seus estudos como de caráter não científico. Um exemplo que confirma essa visão é ressaltado por Alferes e Augustini (2008), dizendo que os textos de ciências humanas são, muitas vezes, inscritos, nas revistas especializadas em DC, em outras seções que não aquelas denominadas DC, como é o caso da revista Pesquisa FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) que as inclui na seção "Humanidades".

Contudo quando analisamos os TDC em geral essa aproximação com sociedade se faz pertinente, pois a mesma se objetiva em atender as dúvidas e curiosidade da sociedade com relação às produções científicas. Em conformidade com a concepção de Nascimento (2008), esses textos são direcionados a um público geralmente eclético e, de acordo com o meio ao qual estão relacionados, possuirão uma determinada linguagem que pode se aproximar mais ou menos daquela utilizada por especialistas e uma organização estilística própria.

Também dialogando com Salem e Kawamura (1996), quanto à intencionalidade dos TDC, se tem uma grande diversidade de materiais com naturezas de abordagens distintas, tais como paradidáticos, jornais, revistas, TDC, mídias eletrônicas e outros, também com públicos-alvo diferenciados, através de vozes com perfis profissionais também diferentes. Entretanto, nos estudos dos autores acima citados, sobre as características e potenciais desses materiais, foi verificado que as análises apresentadas têm um caráter generalista, ou seja, em nenhum momento é feita uma discriminação das especificidades de cada tipo de material e suas possíveis relações com a mídia que os origina. Logo aos olhos dos autores as diferentes mídias apresentam características próprias às quais podem ser refletidas nos materiais por elas publicados.

Quanto ao estilo de organização do TDC, ressalta-se a ocorrência da metaforização pela transferência do vocabulário científico para o vocabulário comum, ou seja, sem termos técnicos. Dessa forma Nascimento (2008), ainda afirma que metaforizar é produzir outros efeitos de sentidos diferentes para um termo, ocorrendo por assim dizer, uma "transferência", tornado a linguagem adaptada ao público.

Assim, o gênero em discussão compreende um texto alterado e/ou reformulado, na qual pode ter sido originado a partir de um artigo ou relatório acadêmico-científico, de uma entrevista ou até mesmo de uma tradução de um texto em língua estrangeira, direcionado para a população distanciada do vocabulário e das práticas científicas, mas que deseja e necessita do conhecimento das ciências.

Em consequência desse fato é exigido do divulgador em questão que assuma as duas facetas: de um lado o especialista e seu discurso altamente específico, e por outro lado o destinatário, uma vez que Campos (2006), alerta que assumir a posição de um, como divulgador, é assumir uma dupla exterioridade e uma dupla excelência com o acabamento e a completude provisórios, associados a tal duplicidade.

Conquanto, embasados nos comentários já relatados é possível entender que quando o divulgador reescreve sobre um determinado estudo ou descoberta científica, ele o faz da forma mais contextualizada e compreensível, e por essa ação o mesmo acaba (re) atualizando (se podemos dizer assim) o discurso da ciência em outra ordem, a do senso comum, através de um gesto de interpretação.

Outra questão na estrutura do TDC, é que neles não devem ser encontrados traços de pessoalidade, tal como o uso de primeira pessoa (eu) no discurso empregado, logo, o divulgador expressa as descobertas, resultados realizados, sem deixar se revelar, ou seja, sem expor suas marcas pessoais, prevalecendo o padrão formal da linguagem, por meio do uso dos verbos na terceira pessoa do singular (eles).

Ainda falando acerca dos traços estruturais da linguagem, apesar de tal modalidade não obedecer a uma norma rígida, o que normalmente se atesta é a predominância de um

parágrafo introdutório, revelando a ideia principal a ser abordada seguida pelo desenvolvimento, sendo esse manifesto de exemplos, comparações, dados estatísticos, relações de causa e efeito, resultados, objetivos de experiências, etc., e culminando nas conclusões acerca do que foi anteriormente abordado.

Diante dessa caracterização de um TDC, traremos aqui um exemplo desse texto, extraído da Revista Científica Ciência Hoje, publicada em outubro de 2014, Vol. 54, n. 319, p. 48-49, onde a mesma se objetiva na divulgação de pesquisa científica brasileira que teve bastante repercussão, e trouxe grande contribuição para a ciência. O texto se trata de divulgar uma opção mais barata para *Dessalinizar Águas do Subsolo do Nordeste*, a revista relata que:

A predominância de rochas cristalinas no subsolo em grande parte do semiárido brasileiro impõe características salobras a muitas das reservas de água subterrâneas na região, dificultando ou impedindo seu aproveitamento para o consumo humano. Diversas iniciativas buscam alternativas para dessalinizar essas águas usando variados tipos de filtros. Uma nova membrana semipermeável criada no país pode ajudar e baratear esse processo, além de apresentar potenciais aplicações em outras áreas, como na medicina e preservação ambiental [...] A principal aplicação do nanofiltro é a dessalinização da água [...] Os cavitandos possuem o tamanho ideal para deixar passar as pequenas moléculas de água e alguns eletrólitos [sais minerais], o que é interessante, pois consumir água destilada (ausência de minerais) causa diarreia [...]. Ao mesmo tempo, não deixa passar vírus, bactérias, fungos ou qualquer outra molécula maior, o que torna a água ótima para o consumo (CIÊNCIA HOJE 2014, p. 48-49).

Aqui é percebido importância da difusão das pesquisas científicas, como forma de propagar e tornar conhecidas as descobertas e possibilidades quem venha otimizar a vida da sociedade. Ainda caracterizando o TDC, se faz necessário expor seus tipos, que são artigos em geral das RDC, panfletos, folhetins e outros. Ferreira e Queiroz (2011) descrevem existir TDC nas mais diversas formas como artigos de revista, livros etc. E somando a esses exemplos nos apoiamos em Nascimento (2008), a qual afirma ser TDC, os textos de reportagens jornalísticas, documentários televisivos, programas de rádio, jornais, boletins e revistas impressas, sítios da Internet, livros (não didáticos), filmes, folhetos, histórias em quadrinhos, que versam sobre ciência e tecnologia e que têm como alvo um público de não especialistas.

Colaborando com os requisitos anteriormente expostos para a construção de um TDC, nos apoiamos em alguns critérios quanto à linguagem e a forma do TDC, elaborados pelo jornalista *Cássio Leite Vieira*, que estão situados em seu livreto *Pequeno manual de divulgação científica – dicas para cientistas e divulgadores da Ciência*, publicado em 1999, essa iniciativa surgiu do trabalho na revista *Ciência Hoje*, veículo de DC publicado pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, e na qual Vieira vem contribuindo desde 1982. Vale ressaltar que foi utilizado como fundamento da presente pesquisa um resumo do citado manual, encontrado na internet (<http://www.redpop.org/>), publicado em 2004, numa associação de vários pesquisadores e materiais destinados a DC.

Assim quanto aos critérios de linguagem, Vieira (2004), começa relatando em seu resumo que a linguagem para um TDC deve ser diferente da linguagem de um artigo puramente científico, reforçando a questão da *disseminação científica e divulgação científica*, abordados no tópico anterior, ele afirma que o texto não pode se iniciar complicado, com fórmulas e conceitos difíceis, essa é uma receita infalível para fazer o leitor abandonar a leitura depois das primeiras linhas, dessa forma a introdução ou o primeiro parágrafo de um TDC são cruciais para "fiscar" a atenção do leitor e motivá-lo a chegar até o fim do texto. Portanto, ao contrário dos romances e contos, que em geral, guardam o melhor para o final, no texto de divulgação científica é preferível que se comece com uma imagem de impacto, com uma passagem marcante. Enfim, algo que surpreenda o leitor.

Outra possibilidade de acordo com o mesmo autor é o uso de analogias, pois são essenciais em um TDC. Recomenda-se usar aquelas que aproximem os conceitos científicos de fenômenos do dia-a-dia do leitor. Mas, sempre que necessário, se deve apontar os limites da analogia empregada, para evitar que o leitor faça extrapolações indevidas.

Quanto à precisão da informação o TDC deve seguir o rigor do método científico, pois, na DC, é vital distinguir especulações de resultados comprovados. Também Vieira (2004), afirma que é de suma importância que o TDC, seja destinado a um público específico seja ele infantil, adulto ou mesmo especialista. Além disso, o autor informa

que é bom se utilizar do humor tornando a leitura mais agradável para o leitor, aumentando as chances do mesmo ir até o final do artigo. Porém, não exagere, para não ofendê-lo, ou até mesmo fazer com que o TDC venha perder o seu caráter científico.

Outra orientação é no uso de uma linguagem simples, direta e informal, “sem rococós”. Pois para o autor a simplicidade da linguagem não é incompatível com a riqueza de conteúdo. É recomendado evitar o uso de jargões, pois os mesmos tornam o artigo "pesado". Mas, se for preciso usá-los, explique-os entre parênteses ou num glossário. Porém, é quase impossível evitar alguns conceitos científicos, portanto, explique-os da forma mais simples possível. Exemplos: cloreto de sódio (sal); hidróxido de sódio (soda cáustica); mitocôndria (fábrica de energia da célula).

Também evite usar siglas sem sua descrição por extenso, pois ninguém é obrigado a conhecê-las, como por exemplo, "Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC)" em vez de apenas "SBPC", ainda evite usar um termo científico para explicar outro: férmions (partículas que obedecem à estatística de Fermi-Dirac). Quando uma explicação parecer impossível, esforce-se um pouco mais, use uma analogia. Transmita o conceito de forma aproximada – isso é preferível a mantê-lo ininteligível em nome do preciosismo.

Desse modo, Vieira (2004), alerta para quando for necessário citar o nome de algum pesquisador e/ou cientista, deve-se abrir um pequeno parágrafo na qual é explicada algumas informações da vida do mesmo. Como esse exemplo: O autor diz que prefere "o físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962)" em vez de "Bohr", ou mesmo além de relatar seu ofício, citar seu local de trabalho se este for relevante no texto, "em 1998, o físico britânico Joe Olmi, do Departamento de Inteligência Artificial da Universidade do Reino Unido, publicou um artigo sobre Nanorrobôs no Journal of Robotics (vol. 20, n. 456, p. 457)..." em vez de "Segundo Olmi (J. ROB, 1998)...".

O autor supra informa que, na produção de um TDC é de extrema importância que artigos médicos não deem falsas esperanças, por isso deixe claro, se for o caso, que os resultados apresentados estão longe de se tornarem um medicamento ou um tratamento

para a cura da doença. O leitor (ou algum parente ou amigo dele) pode ser um portador da doença em questão.

Quanto à forma o TDC deve obedecer à ditadura do espaço-tempo, pois tanto em jornais, revistas e artigos em geral o número de palavras escritas deve se adaptar ao espaço reservado para o seu artigo. Portanto, seja conciso e se conforte com o fato de que nem mesmo a Enciclopédia Britânica contém toda a informação sobre um determinado assunto (VIEIRA, 2004).

Somando a isso é de suma importância que o autor do TDC sugira títulos para seu artigo, pois o mesmo é o “cartão de visita”, para o leitor, pois o título na maioria influencia na decisão do leitor em continuar ou não a leitura. Por isso, criá-los é um tipo de arte e é muito praticada por editores experientes – em jornais, os títulos obedecem a critérios rígidos em relação ao número de palavras. No entanto, sugestões são sempre bem-vindas por qualquer editor.

Outro parâmetro importante e a construção dos parágrafos que devem ser curtos de preferência, dessa forma, é dada uma pausa ao leitor, para que mesmo tenha maior facilidade na interpretação do texto, pensando e respeitando o que ele leu. No tocante a tabelas e gráficos, a orientação de Vieira (2004), é bem mais específica nos diferentes tipos de divulgações, pois para jornais e algumas revistas gráficos e tabelas não é interessante pelo fato de não ser acessível a grande parte da população não habituada à interpretação de tabelas e gráficos, ou seja, ficando sem sentindo tal informação.

Por outro lado, as tabelas e gráficos, são pertinentes nos artigos e revistas e RDC, em que sua escrita se destina a um público que mesmo não tendo uma formação específica da matéria em questão, mas tem conhecimento suficiente para a compreensão do texto. Como exemplo temos um leitor com formação em biologia lendo uma matéria sobre uma pesquisa em na área da astrofísica.

É importante se possível, incluir outro ponto de vista sobre o tema em discussão em seu artigo. A falta dele pode dar ao leitor a ideia errada de que seu texto é a palavra final sobre o assunto.

Diante de todo o exposto, é perceptível o rigor e cuidado na construção de um texto que tenha como objetivo a divulgação de seus escritos. É dentro desse contexto de grande adaptação dos escritos que o TDC se insere como recurso didático no ambiente escolar, que por muitas vezes não tem acesso ao que acontece no mundo em sua volta, desconhecendo vários fenômenos e pesquisas que hoje tem interferido na vida da humanidade.

Nesse sentido entra em cenário o TDC, colaborando para a alfabetização científica dos alunos, dando possibilidades aos mesmos ao conhecimento sobre o verdadeiro mundo científico, desmistificando muitas visões distorcidas da ciência que acabam não permitindo a aproximação dos jovens com a cultura científica.

Assim Chassot (2003), nos fornece uma maneira de apresentarmos a ciência para os estudantes:

Como fazer uma alfabetização científica? Parece que se fará uma alfabetização científica quando o ensino da ciência, em qualquer nível – e, ousadamente, incluso o ensino superior, e ainda, não sem parecer audacioso, a pós-graduação –, contribuir para a compreensão de conhecimentos, procedimentos e valores que permitam aos estudantes tomar decisões e perceber tanto as muitas utilidades da ciência e suas aplicações na melhora da qualidade de vida, quanto às limitações e consequências negativas de seu desenvolvimento (CHASSOT 2003, p. 99)

Diante dessa perspectiva do TDC poder ser usado como recurso didático a contribuir significativamente para uma maior compreensão do que é ciência?, e do fazer ciência, é que dedicamos o próximo capítulo desta pesquisa.

## **2.3 O Texto de divulgação científica: Cienciando**

Considerando a realidade que alunos têm grandes dificuldades em compreender os termos e fenômenos científicos no ensino das ciências, resultando em um desânimo e desinteresse pelo conhecimento científico, alegando serem de difícil compreensão, é que se fazem necessárias renovações das práticas docentes incrementando-as com o uso de recursos didáticos que facilitem o processo de ensino-aprendizagem.

O ensino de ciências na educação básica e na formação do professor de ciências historicamente vem sofrendo, múltiplas influências por parte da crescente evolução tecnológica, da disseminação de técnicas para controlar o aumento dos impactos ambientais, do uso cada vez maior das mídias eletrônicas na comunicação homem-homem, homem-máquina e outros (CONCEIÇÃO; NOGUEIRA, 2014).

A partir dessas influências, tanto os professores quanto suas práticas necessitam de uma reformulação, se objetivando a contemplar a inserção do mundo científico na sala de aula, dessa forma Cachapuz (2005), relata que a mudança e renovação no ensino das ciências necessitam não só de uma renovação epistemológica dos professores, mas que essa venha acompanhada por uma renovação didática, ou seja, na metodologia de suas aulas.

Portanto, fazendo uma análise da relação, escola e conhecimento científico, este último desenvolve no estudante a capacidade de organizar seu pensamento de maneira lógica, além de auxiliar na construção de uma consciência mais crítica em relação ao mundo que o cerca, e, além disso, permite o estabelecimento de conexões entre o mundo em que estudante/cidadão vive e os significados que dessas retiram construindo um saber para a vida social e pessoal.

Desta forma, pode-se compreender que os conhecimentos estão vinculados à vida cotidiana do estudante, em toda a sua diversidade contextual do dia a dia, e assim, articulando-se entre as diferentes áreas do conhecimento. Essa visão de aproximar a ciência da sociedade corrobora com a questão da Alfabetização Científica, pois nos apoiando em Bueno (2009), diz que a Alfabetização Científica que deve estar prevista na DC, não pode servir de instrumento para distanciar os que produzem ciência e tecnologia (C&T) do cidadão comum. Ao contrário, precisa abrir espaço para aproximação e diálogo e, inclusive, convocar pessoas para debates amplos sobre a relação entre ciência e sociedade, ciência e mercado, ciência e democracia.

Essa entender a DC atrelada a Alfabetização Científica não apenas se encerra no âmbito pedagógico, e sim permeia também o contexto social de forma a ser elemento básico

constitutivo da formação do cidadão, sendo assunto polêmico e defendido por Chassot (2003, p. 91), que diz:

[...] entender a ciência nos facilita, também, contribuir para controlar e prever as transformações que ocorrem na natureza. Assim, teremos condições de fazer com que essas transformações sejam propostas, para que conduzam a uma melhor qualidade de vida. Isto é, a intenção é colaborar para que essas transformações que envolvem o nosso cotidiano sejam conduzidas para que tenhamos melhores condições de vida (CHASSOT 2003, p. 91).

Assim, a Alfabetização Científica, não deve se corromper com a concepção do presente e reducionista de ciência, conforme explica o autor supra. Significando que a Alfabetização Científica, não pode se limitar aos acontecimentos presentes, todavia deve contextualizar dados, fatos e resultados de pesquisa de modo a garantir sua temporalidade, o desvelamento de intenções e de oportunidades para sua produção e aplicação (BUENO, 2009).

Nesse ponto de vista o aluno tem a possibilidade de aprender a identificar, classificar, questionar e levantar hipóteses sendo de fundamental importância para o desenvolvimento das habilidades de planejar, prever e interpretar dados de fenômenos do mundo natural para se apropriar do conhecimento científico a partir do conhecimento de seu cotidiano. Esses são os “passos” que conduzem o olhar a alfabetização científica como uma possibilidade para fazer correções em ensinamentos distorcidos (CHASSOT, 2003).

Nesse contexto a figura do professor é indispensável, agindo como mediador e norteador dos diversos momentos em sala de aulas, pois conforme os autores Delizoicov; Angotti e Pernambuco (2011), os mesmos relatam sobre a importância do professor propiciar um bom ensino de Ciências aos estudantes, pois eles estão inseridos no processo de ensino e de aprendizagem não como sujeito neutro, mas que interage apropriando-se das linguagens de toda uma dimensão sociocultural.

Essas considerações requerem que o professor compreenda que o estudante traz para a escola suas experiências do cotidiano, vivências com a sua família, colegas e que esses conceitos são indispensáveis na discussão de um novo tema em sala de aula. Levar o

estudante a perceber a importância de outros saberes requer que o planejamento das aulas do professor propondo problematizações diversificadas, podendo basear-se em leituras de artigos, revistas, livros, exercícios, aulas experimentais, relatórios, entre outras.

É dentro dessa perspectiva que o professor pode elaborar seu planejamento enquanto conteúdos e práticas, utilizando recursos muito acessíveis como é o caso do Texto Divulgação Científica (TDC), disponíveis através de pesquisas rápidas na internet, por meio do Google ([www.google.com.br](http://www.google.com.br)), tendo acesso a diversos artigos e Revistas de Divulgação Científica (RDC), por assinatura ou on-line dedicadas à pesquisa científica de diversas áreas. É baseado nessas novas concepções do ensino, que têm como pressupostos formar cidadãos críticos e atuantes na sociedade, que os textos de divulgação científica (TDC) podem se firmar como um respeitável recurso didático, complementando os materiais tradicionais (ROCHA, 2010). Este autor foi enfático ao afirmar sobre a necessidade da discussão sobre o aprofundamento acerca da incorporação didática destes materiais, de como eles podem complementar os livros didáticos, e da natureza das reelaborações discursivas envolvidas na articulação com temas do currículo de ciências. Essas também serão minuciosamente abordadas na presente pesquisa.

A preocupação com o potencial educacional de materiais sobre ciência publicados em jornais e revistas não é recente. Reis (1967) já fazia apontamentos sobre a importância do papel educativo de artigos e notícias. Portanto nessa perspectiva algumas pesquisas sobre os potenciais didáticos do TDC já foram realizadas, assim destacamos a pesquisa de Rocha como fundamento para tal, pois a mesma descreve que foram entrevistados alguns professores, onde relataram que o TDC, desempenha um importante papel educativo diante de uma concepção de ensino apoiada no desenvolvimento de condições para o exercício da cidadania através de ações educativas que estejam voltadas à realidade social na qual o aluno está inserido.

Também temos Almeida (1998) que discute as contribuições do TDC no ensino, no sentido de dar destaque a valores associados às condições de produção do conhecimento

científico, assim como de aproximar o estudante de diferentes discursos e formas de argumentação, presentes nesses materiais.

Com relação a essa aproximação a múltiplos discursos que o TDC oferece, ele colabora substancialmente para a elaboração do discurso escolar relativo à ciência, já que boa parte dos TDC apresenta uma linguagem semelhante àquela usada cotidianamente pelos alunos. Em outros casos há a inclusão de quadrinhos, tirinhas ou comentários com humor, além dos aspectos biográficos dos cientistas a que se referem ou mesmo fatos históricos que marcaram a produção desses conhecimentos, além de abranger possíveis consequências das produções científicas para as sociedades (ALMEIDA, 2010).

Já com relação à criação de roteiros, Gabana, Lunardi e Terrazan (2003), usaram os mesmos para guiar professores em suas práticas com o uso do TDC.

Já Alvetti (1999), visando a renovar os conteúdos programáticos escolares, descreve uma investigação sobre as potencialidades pedagógicas dos textos publicados pela Revista Ciência Hoje na formação inicial e continuada de alguns professores.

Como ponto positivo com a inserção do TDC nas aulas, ocorre a possibilidade de unir a contextualização de fatos e fenômenos relatados em tais divulgações com a temática específica que compõem o currículo escolar, pois de acordo com Martins (2001), o TDC passa a ser um importante recurso didático atualizador das aulas, uma vez que aborda temas recentes de forma contextualizada, dinâmica e reveladora de alguns aspectos da natureza da atividade e da comunicação científica. Dessa forma os alunos poderão ter acesso a textos diversos observando as peculiaridades de cada um e ainda enriquecendo seu vocabulário com os termos específicos por tais textos.

Dessa maneira é notável os ganhos da inserção do TDC no espaço escolar, pois nos apoiando em Ribeiro e Kawamura (2005), os autores defendem que o uso do TDC em ambientes de educação formal pode favorecer a introdução de novos sentidos para o ensino-aprendizagem de ciências, proporcionando ao aluno o contato com diferentes linguagens e discursos.

Dentro dessa visão o uso do TDC passa a seguir as recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de Ciências Naturais, que enfatizam sobre a importância da familiarização dos estudantes com diversos tipos de textos científicos, o que permite a expansão de suas possibilidades de entendimento e de expressão através das linguagens da ciência (BRASIL, 2000).

Um contributo ao olhar o TDC como recurso didático é pelo fato de tratarem muitas vezes de temáticas recentes, e que ainda não foram incorporadas no livro didático, pois segundo Assis e Teixeira (2003) o uso de textos de divulgação científica na educação formal possibilita o acesso do aluno a informações atualizadas sobre ciência e tecnologia e, assim, tornar o conhecimento científico mais significativo para ele, formando-o para a ação social responsável.

Nesse sentido destacamos a precariedade e a pobreza dos conteúdos discutidos nos livros didáticos e a necessidade de reformulações permanentes nas orientações abordadas nos PCN, pois tem acarretado uma lacuna entre o que se ensina nas escolas e a realidade do mundo atual. Dessa forma a atualização permanente dos PCN será útil no apoio às discussões pedagógicas na escola, na elaboração de projetos educativos, no planejamento das aulas, na reflexão sobre a prática educativa e na análise do material didático (BRASIL, 1997).

Gomes (2012) relata que o TDC no que diz respeito ao acesso às informações atualizadas, é resultado da transformação rápida e versátil da ciência devido aos avanços da tecnologia, e ainda declara que os livros didáticos não conseguem acompanhar tais atualizações por serem produzidos para um contexto escolar serial. Ainda que o livro didático contenham textos contemporâneos, não detém informações atualizadas no contexto em que a realidade local do aluno esteja inserida. Diante disto, é notável a contribuição que TDC pode trazer como recurso didático preenchendo as possíveis lacunas dos conteúdos e discussões quanto à realidade atual. Em concordância com Nascimento (2008), acreditamos que o TDC pode assumir a finalidade de auxiliar a prática escolar em contexto de insatisfação com o livro didático, devido à ausência de uma abordagem da ciência contemporânea das questões sócio científicas ou sobre a natureza da ciência. Porém ressalta-se que esses textos não podem substituir os livros

didáticos, que são preparados criteriosamente a promover a aprendizagem dos conteúdos pelos alunos.

Assim, a autora ainda explica que:

Os textos de divulgação científica por circularem em diferentes meios de comunicação e terem como função central informar as questões relacionadas à ciência e à tecnologia ao leitor/ouvinte/expectador, compõem o gênero textual que cria as melhores condições para que os alunos reconheçam ao seu redor fenômenos naturais estudados em sala de aula, de modo a estabelecerem relações entre eles e questões políticas e econômicas presentes na sociedade em que eles estão inseridos (NASCIMENTO 2008, p.30).

Nesse sentido alguns estudos de investigação quanto ao livro didático e o TDC, foram elaboradas tais como as de Silva e Almeida (1999), que realizaram uma ampla revisão de estudos sobre o funcionamento de textos alternativos ao livro didático (textos literários, artigos originais e TDC) no ensino, sob a perspectiva do papel da leitura nas aulas de ciências. Na mesma linha, encontramos em Salem e Kawamura (1996) numa análise de TDC e textos didáticos, na qual são enumeradas características que diferenciam esses dois tipos de materiais quanto ao contexto, ao conteúdo, à função, à relação com o leitor, à estrutura do texto, às abordagens e linguagens, às imagens de ciência e a natureza do aprendizado em potencial, decorrente de sua utilização como recurso educacional.

Assim em alguns de seus trabalhos as autoras já mencionadas, defendem que os TDC “subentendem uma concepção de saber ou aprender diferente daquela predominante nos textos didáticos” (SALEM; KAWAMURA 1996, p. 595). As mesmas têm sinalizado para algumas características presentes nos textos de divulgação que justificam seu uso em situações de ensino. Portanto, em consonância com as autoras, o TDC apresenta uma variedade de temáticas, dando ênfase na História e Filosofia da Ciência e nas aplicações no ensino das ciências no cotidiano dos leitores. Ainda a linguagem é marcada pelo uso de metáforas e analogias, pelo convite à reflexão e pelo apelo à curiosidade. Tais textos procuram desmistificar o conhecimento científico, através de uma concepção de ciência como atividade humana, acessível e compreensível por todos. Colaborando para uma visão não elitista dos pesquisadores.

Além disso, estabelece uma conversa direta com o leitor, o que não acontece nos artigos originais escritos com o formato despersonalizado. Em grande parte dos textos, o autor volta a se referir diretamente ao leitor, seja para animá-lo a enfrentar as dificuldades do texto, seja para colocar perguntas e questões, para em seguida, convencê-lo de suas ideias ou questionar preconceitos bem estabelecidos.

Já os textos didáticos em sua grande maioria possuem um discurso direto que estimula apenas a memorização de termos e processos científicos, e que muitas vezes não permite as relações com outros conteúdos ou mesmo com seu contexto. Sendo assim, percebemos que os TDC têm correspondido aos interesses manifestados pelos alunos acerca da ciência contemporânea.

Frente a essas questões entre o TDC e o livro didático e também o fato da tradução desses textos para os alunos, está à figura do professor que tem a oportunidade de resgatar em sala de aula processos de uma pesquisa científica explorando os erros e as etapas que a mesma passa, até ser considerada válida pela comunidade científica. E ainda conforme com Terrazan e Gabana (2003) e Carvalho (2010), o professor que toma essa postura para com sua prática diminui o grau de mistificação, exaltação ou ainda de recusa que costuma permear a imagem pública da Ciência, ocorrendo a superação do nível de acumulação de conceitos e conteúdos evitando que os estudantes vejam a ciência como pronta e acabada.

Nesse sentido a ação dos professores em utilizar os materiais de divulgação científica como recurso didático, requer atenção, pois esses textos devem ser acompanhados por uma reflexão prévia, acerca das condições de produção destes materiais e de seus efeitos no espaço escolar uma vez que quando vão para a escola os TDC passam a cumprir papel pedagógico.

Compreendemos então que o professor ao querer se utilizar de tais textos, tem total liberdade para fazer leituras prévias analisando as concepções dos mesmos, os pontos interessantes, ou até mesmo fazer algumas adaptações próprias suprimindo alguma parte do texto que de fato não tenha sentido para o nível em aprendizado. Assim de acordo com uma pesquisa realizada por Rocha (2010), quanto aos critérios elencados por

professores ao se disporem a trabalhar com TDC, foram apontadas algumas questões, como a de ter valor didático referindo-se quando o assunto tratado no TDC tem relação com os assuntos trabalhados pelo professor com os alunos, também quanto à credibilidade da fonte e do autor do artigo, aqui alguns professores ainda comentaram sobre o fato de selecionarem TDC de fontes não muito confiáveis pelo fato dessas serem as mais lidas pelos estudantes, e por último relataram se preocupar também com a adequação da linguagem do artigo à faixa etária dos alunos.

Nesse contexto de faixa etária, ocorre que a análise do uso do TDC os adequando ao nível do aluno, tendo em vista sua idade, é fator indispensável para o sucesso da aula, pois é a partir desse que o professor norteará os limites e possibilidades da discussão que o mesmo terá com a turma, os conduzindo um processo muito além de exposição e sim a um nível de investigação. Dessa forma os PCN descrevem sobre a importância de o professor incentivar os estudantes na investigação científica, formulando perguntas: “esse procedimento permite conhecer as representações e conceitos intuitivos dos alunos, orientando o processo de construção de conhecimento” (BRASIL 1997, p. 63).

No tocante aos TDC elaborados especialmente para o público infanto-juvenil, esse atualmente tem sido pouco explorado no país. Entretanto, de acordo com Neves e Massarani (2008)

[...] experiências educacionais vêm demonstrando que o público infantil tem grande capacidade de lidar com temas de ciência. No entanto, essa capacidade não tem sido explorada em sua plenitude, especialmente fora do espaço escolar. A divulgação científica bem feita pode ser um instrumento útil para a consolidação de uma cultura científica na sociedade. Mas, enquanto a educação científica formal tem encontrado fóruns importantes de discussão, são reduzidos os espaços para discutir a divulgação científica para o público infanto-juvenil (NEVES; MASSARANI 2008, p. 10).

Assim, considerando que a divulgação da ciência contribui para a formação de cidadãos responsáveis, críticos e cientes de seu papel na sociedade, e que este processo de formação científica torna-se mais eficiente se iniciado já na infância, portanto algumas instituições midiáticas têm realizado um relevante trabalho neste sentido, como

exemplos apontados por Silva e Terrazzan (2003), através das revistas *Disney Explora*, *Dever de Casa*, *Lição de Casa*, *Recreio*, *Ciência Hoje das Crianças*, ou mesmo por meio de programas de televisão, tais como *O Mundo de Beakman*, *Minuto Científico*, *Globo Ciência* e outros. Os autores ainda reforçam dizendo que os textos tratam com naturalidade o conhecimento científico mediante aplicações e aparatos tecnológicos bem como de fenômenos presentes no cotidiano das crianças.

Quanto pesquisas sobre TDC para o público infantil, merece atenção a de Aires et al. (2003) na qual realizaram um estudo sobre as contribuições da Revista *Ciência Hoje das Crianças* para o ensino de ciências, assim para essa análise, cujo objetivo voltava-se em avaliar a adequação desses textos como instrumentos de divulgação e como inserção didática, os autores utilizaram como categorias, na forma de caracterizar os textos, sua linguagem, precisão científica, apresentação espacial e estética, uso de recursos linguísticos (analogias e metáforas), abordagem e terminologia científica utilizada.

Nesse sentido, quando se refere aos TDC direcionados a esse público, devem-se perceber as características (estratégias linguístico-discursivas e situação comunicativa), com que os modos de organização tais como o narrativo e o explicativo, relacionam-se entre si na construção de um texto que, ao mesmo tempo, informa fatos científicos e capta a atenção e a curiosidade das crianças.

Quando o TDC é elaborado para crianças, pesquisas relatam algumas estratégias que têm sido adotadas por algumas revistas infantis brasileiras, como o uso de narrativas para explicar fatos e fenômenos, especialmente se estes dizem respeito a temas científicos. Essa estratégia de narrar para explicar é uma clara evidência de que um único gênero textual é capaz de admitir mais de um modo de organização discursiva.

Portanto, é possível dizer que tal estratégia resulta em textos que são, ao mesmo tempo, narrativo e explicativo, uma vez que apresentam características de ambos os modos de organização. Isso significa que esses textos atendem aos objetivos de um texto explicativo, questionando a realidade e solucionando questões.

Além dessas estratégias didáticas no nível de elaboração do TDC, os professores também “lançam mão” de estratégias para trabalhar o TDC de forma mais interativa e compreensível para os alunos. Segundo a pesquisadora Rocha (2010), na qual tem se dedicado arduamente na investigação do TDC, relata que através de pesquisas com os professores, os mesmos declaram que como estratégia propõe atividades em grupo, onde cada grupo analisa uma matéria de TDC, sobre determinado assunto e, posteriormente, abre-se a discussão com a turma, de maneira que as informações de cada grupo sejam socializadas e discutidas e ao mesmo tempo o professor esclarece dúvidas acerca do conteúdo e da linguagem do artigo. Outros professores trabalham com o TDC na perspectiva em que o cerne está nos debates produzidos, onde é pedido que os alunos a partir da leitura do artigo coloquem suas ideias e argumentos na discussão com a turma. Ainda tem casos em que os professores propõem na conclusão destas atividades, a elaboração de murais a serem expostos na sala de aula e em locais visíveis ao público escolar, outros também vão mais além, desenvolvendo habilidades artísticas em seus alunos como a elaboração de maquetes, painéis e até encenações teatrais.

O TDC também tem sido usado em temas de Educação em Saúde para a Educação de Jovens e Adultos (EJA), vale ressaltar que este é um tipo de modalidade educacional que visa aceleração dos estudos em virtude do estudante já está fora da faixa escolar, portanto nesse nível temos alunos com grandes dificuldades de aprendizagem (OLIVEIRA; ZANCUL, 2014). Entretanto, mesmo diante dos desafios do EJA as pesquisadoras acreditam que os TDC, são fortes instrumentos para essa prática já que abrangem temas de saúde atuais e de interesse por esse público, ainda sendo de fácil aquisição pelos professores, já que muitos estão disponíveis em modo eletrônico, podendo ser reproduzidos para os alunos.

Mesmo diante de tantas contribuições e estratégias a facilitar o trabalho do professor quanto à inserção do TDC em sala de aula, ainda estamos diante um desafio pedagógico que se estabelece no uso de recursos que motive nos professores uma vontade de promover ensino de qualidade e anseio de aprender nos alunos (GOMES; ZANCUL, 2010), este fato ainda é reforçado por Terrazan e Gabana (2003), quando diz que a utilização de TDC em sala de aula, pode deixar o professor inseguro, pois esses textos

relatam sobre uma gama de assuntos, na qual o professor pode não conhecê-los em sua totalidade. O autor ainda esclarece que essa insegurança surge possivelmente pelo professor não dominar assuntos variados que extrapolem a “focalização” dos livros didáticos, já que muitas vezes somente estes são utilizados para sua leitura.

Ainda cooperando com essa realidade alguns professores tem apontado alguns fatores a dificultar o uso do TDC como recurso didático e são eles a limitação da grade curricular, o custo para reprodução do material, o tempo destinado às atividades didáticas e o número de alunos em sala de aula (ROCHA, 2010).

Além das diversas vantagens advindas da utilização dos TDC no contexto escolar ainda destacam-se, o desenvolvimento de habilidades de leitura, o domínio de conceitos, de formas de argumentação e a familiarização de certos termos científicos, tais como clonagem, radicais livres, camada de ozônio, ultravioleta, efeito estufa entre outros e também a ampliação da discussão sobre questões atuais dentro da sala de aula.

Nesse sentido de Terrazan e Gabana (2003), alerta que o relatório “Habilidades de leitura para o Mundo de Amanhã”, publicado em conjunto pela OCDE (Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico) e pela UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura), indicou que os estudantes brasileiros estão tendo sérias dificuldades em usar a leitura como uma ferramenta para avançar e estender seus conhecimentos e habilidades em outras áreas (UNESCO, 2003).

Dentro dessa perspectiva o autor ainda afirma que o estabelecimento do hábito da leitura nos alunos, é fundamental para que possam participar plenamente do desenvolver de qualquer disciplina escolar, não sendo uma tarefa exclusiva dos professores da área de linguagem, mas sim uma tarefa que deve mobilizar todos os professores. Diante desta realidade, estudos têm mostrado o interesse crescente por parte dos professores pelas atividades que incorporam os TDC na escola (ROCHA; MARTINS, 2002; MARTINS et al., 2004; MELO; HOSOUIME, 2007; ROCHA, 2010).

Um fato animador é que interesse na adesão dos TDC como recurso didático pelos professores é que de acordo com Terrazan e Gabana (2003), mesmo a população

brasileira tendo pouco hábito de leitura, aliado ao fato de ter graves limitações culturais e financeiras para aquisição de jornais e revistas, ainda assim o “consumo” de Revista de Divulgação Científica (RDC) é relativamente alto entre jovens e adolescentes.

Valendo-se de alguns relatos de professores pesquisas demonstram que o uso do TDC tem provocado uma quebra da rotina escolar, rompendo com os tempos determinados dos rituais escolares e, por fim, introduzindo na escola componente de outras culturas, ou seja, articulado a cultura escolar com a cultura científica (ROCHA, 2010).

No tocante a cultura científica hoje se percebe que as diversas áreas da ciência têm fusionado seus objetos de estudos a fim de responder várias questões em que a solução só existe através da junção de tais conhecimentos. Aqui ressaltamos o campo da interdisciplinaridade que tem como frutos o surgimento de várias áreas e disciplinas principalmente aquelas ligadas à tecnologia, estas podendo permear qualquer área do conhecimento.

Pois, segundo Fazenda et al. (1993), o pensar interdisciplinar parte da premissa de que nenhuma forma de conhecimento é em si mesma racional. Tenta, pois, o dialogo com outras formas de conhecimento, deixando-se interpenetrar por elas. Assim, por exemplo, aceita o conhecimento do senso comum como válido, pois através do cotidiano que damos sentido a nossas vidas. Ampliado através do dialogo com conhecimento científico, tende a uma dimensão maior, a uma dimensão ainda que utópica capaz de permitir o enriquecimento da nossa relação com o outro e com o mundo. Nesse sentido a autora aponta para a interdisciplinaridade declarando que os professores devem se esforçar, para integrar os conteúdos de disciplinas distintas e atividades que venham compor o currículo e ainda afirma que dessa forma se progride muito mais em sala de aula.

Dentro dessa perspectiva o TDC vem auxiliar nessa integração, pois a partir do fato divulgado seja ele de quaisquer âmbitos, pode ser explorado junto aos alunos, desvelando as diversas facetas que estão inseridas nesse caso. Como exemplo o professor pode trazer para sala de aula um TDC que relate sobre um desastre ambiental, e abordar junto aos alunos relevantes temáticas estudadas por diversas áreas, tais como a

parte dos impactos biológicos quanto à ecologia e biodiversidade do local, as supostas alterações químicas produzidas, as deformações geográficas originadas, como o direito ambiental no tocante as legislações ambientais devem se posicionar diante de tal desastre, as consequências econômicas e sociais para a população da região local do ocorrido desastre e outros.

Em contradição a essa realidade segundo Campos e Montoito (2010), ainda que os textos alternativos ao livro didático apareçam como recurso didático em algumas salas de aula, sendo utilizados esporadicamente por uma parcela ainda que pequena dos professores, eles concentram-se nas suas áreas específicas: poesias, músicas e charges para o ensino de Língua Portuguesa, reportagens de jornais, TDC e revistas para o ensino de Geografia ou História, tabelas e índices para o ensino de Matemática, reportagens e TDC sobre meio ambiente ou animais para o ensino de Biologia e outros. No entanto, o TDC e outras fontes alternativas ao LD nem sempre são usados adequadamente, pois continuam focando conteúdos específicos que conduzem a uma visão pontual e limitada, e que não levam em conta as articulações entre os diversos conceitos e conteúdos que devem ser ensinados.

Esse fato também tem profundas raízes no próprio sistema educacional que de acordo com Fazenda et al. (2011), diz que o ensino está pautado em currículos organizados pelas disciplinas tradicionais, conduzindo o aluno a uma acumulação de informações que de pouco ou nada valerão na sua vida profissional. Dessa maneira temos uma escola fincada a expor a seus alunos concepções divididas e fragmentadas acerca de um mundo regido por interações e conexões. A autora ainda fala que estamos vivendo em um novo paradigma emergente de conhecimento, passando por um estado de transição em termos de conhecimento e “bastante divididos entre um passado que negamos um futuro que vislumbramos e um presente que está muito arraigado dentro de nós” (FAZENDA et al., 2011 p. 16).

Dentro dessa linha de raciocínio de perceber o conhecimento de forma integrada, sem hierarquias e que o TDC se torna um recurso didático com potenciais ao estímulo de tal atividade é que dedicamos um capítulo da presente pesquisa para esclarecer as possibilidades de relações entre o TDC e o pensamento Interdisciplinar.

## 2.4 TDC: Convite a Interdisciplinaridade

Muito antes de falar em tecnologia e muito menos de utiliza-la, para promover estudos inter-relacionados com diversas áreas da ciência, essa última era fortemente baseada em estudos muito específicos em que a possibilidade de diálogo entre tais estudos eram praticamente inexistentes, ou seja, a interação aqui era quase nula.

A disciplinarização era forte havia a Química, Física, Biologia, Zoologia, Botânica, Anatomia, Fisiologia, Genética, Embriologia, Histologia e outras, logo, estavam impregnadas da ciência experimental, predominando a ideia de que o mundo é observado com base no real, no observável e no controle prático da natureza. Nesse mesmo patamar de acordo com Fazenda et al. (2011), ela afirma que ainda a opção que tem sido adotada é a da inclusão de novas disciplinas ao currículo tradicional e que esse feito, só faz avolumar as informações, logo, o que era disciplinar, tende a um conhecimento ainda mais disciplinar. Ela ainda complementa descrevendo que a regra principal seria o policiamento maior em relação às fronteiras das disciplinas e que o efeito disso, seria a punição aos que quisessem transpor essas barreiras.

Tendo em vista esse cenário, se torna lógico e compreensível a urgente necessidade de uma vivência metodológica de investigação pautada na capacidade do pesquisador de problematizar a realidade, formular hipóteses sobre os problemas suscitados pela observação dos fenômenos, planejar metodicamente e executar as investigações para desvendar as causas ou os efeitos dos fenômenos, mensurar e analisar dados, estabelecer críticas e fechar o ciclo com suas conclusões. Portanto, eram produzidas as verdades absolutas, e havia explicações para tudo, resultando em paradigmas estipulados e aceitos.

A visão da ciência previsível esteve muito forte até o início do século XX, aqui reinava a visão determinista que segundo Fazenda et al. (2008) proporcionava um olhar para o mundo onde tudo estava ordenadamente colocado, a regularidade e a previsibilidade absoluta era o cerne de tudo, de fato essa situação confortava a sociedade e ao mesmo tempo abrigava o paradigma da simplicidade e da perfeita ordem universal. Porém Morin (2002) afirma que esta imagem era empobrecida e limitada a ponto de perceber

apenas as repetições não vendo o novo e suas mudanças. Como resultado, nessa época a ciência era tida como pronta e acabada, cada conhecimento restrito ao seu campo específico, acarretando conhecimentos fragmentados, sem diálogo com outros saberes, ou seja, todas as propriedades que surgem das interações entre as ciências aqui ainda eram desconhecidas.

Por conseguinte essa realidade estava tão viva, que Fazenda (2008 et al., p. 68) faz um relato do pensamento da época, “Não havia respostas para as questões fundamentais: O que são seres vivos?, não sabemos o que é vida; desconhecemos nossa origem e nosso destino”, ou seja, a vida de fato era desconhecida, isso reforçado pela visão unidirecional do momento, todavia para tal conhecimento, era preciso de vários olhares entrelaçados, um complementando o outro, assim ainda tomando os seres vivos como exemplo, podemos observá-lo quanto as suas estruturas biológicas, células, tecidos, órgãos, sistemas formando todo o organismo, que se organizam a partir dos arranjos atômicos estudados na química, sendo estes controlados por forças e campos eletromagnéticos que regem os mecanismos corporais e seus fluídos, sendo esses estudos referente a física. Ao passo que todo esse funcionamento corporal tem relações intrínsecas com o psicológico e emocional na qual conduz o indivíduo diante das diversas situações, na socialização e outros.

Com o passar do tempo várias situações começaram a surgir e as explicações que até então se sabiam não davam mais conta das respostas para tais indagações. Começava então a se instaurar um clima de tensão, a nova realidade ultrapassa os conceitos fundamentais, o tempo e espaços que antes era calculado, começam a dar lugar a imprevisibilidade e o indeterminismo. Aqui a disciplinarização tem seus limites contestados, o real rompe com as barreiras e paradigmas existentes começam a ter exceções e dependências. Portanto, em consonância com a autora supra ela explicita significativamente as características da mudança paradigmática que se manifestava:

Uma época de crise configura-se como uma época de rupturas e questionamentos. Um tempo no qual somos convidados a pensar em outras possibilidades, rever antigos conceitos e concepções com um olhar que acolha múltiplas perspectivas e rejeite as explicações únicas ou as verdades universais que até agora nortearam nosso entendimento. É fato que a humanidade vive um momento histórico sem precedentes (FAZENDA et al., 2008 p.69)

A partir desse momento a ciência para dar espaço para uma visão integradora, conhecida como visão Interdisciplinar que aos olhos da mencionada autora, etimologicamente falando, a interdisciplinaridade significa no geral o resultado da relação entre as disciplinas e que esmiuçando a palavras tem-se que (idem, 2001) o prefixo “inter”, dentre as diversas conotações, pode-se lhe atribuir o significado de “troca”, “reciprocidade” e “disciplina”, de “ensino”, “instrução”, “ciência”, logo, podemos compreender que a Interdisciplinaridade se traduz em um ato de troca, de reciprocidade entre as disciplinas, ciências, ou seja, entre áreas do conhecimento.

Nesse sentido, Fazenda et al. (2008) enfatiza como ocorre o processo relacional entre as disciplinas, dizendo que o conceito de Interdisciplinaridade, como é descrita desde 1979 e agora sendo aprofundada, encontra-se diretamente ligada ao conceito de disciplina, onde a interpenetração ocorre sem a destruição básica das bases epistemológicas de cada uma das ciências que interagem entre si.

Embora o termo Interdisciplinaridade seja mais usado para indicar relação entre disciplinas, existem outras formas de relacioná-las, porém em níveis diferentes, como grau sucessivo de cooperação e coordenação crescente no sistema de ensino-aprendizagem. Portanto fundamentando essas diferentes formas Zabala (2002, p.33) classificam em:

- a) Multidisciplinaridade: é a organização de conteúdos por matérias independentes, não há relações entre elas;
- b) Pluridisciplinaridade: é a existência de relações complementares entre disciplinas mais ou menos afins;
- c) Interdisciplinaridade: é a interação de duas ou mais disciplinas. Essas interações podem implicar transferências de leis de uma disciplina a outra, originando, em alguns casos, um novo corpo disciplinar, como, por exemplo, a bioquímica ou a psicológica;
- d) Transdisciplinaridade é o grau máximo de relações entre disciplinas, de modo que chega a ser uma interação global dentro de um sistema totalizador;
- e) Metadisciplinaridade: refere ao ponto de vista ou à perspectiva sobre qualquer situação ou objeto, mas, não é condicionada por apriorismos.

Essa nova realidade de conceber o conhecimento mais unificado, tem exercido grandes influencias no contexto escolar, pois se tem percebido o surgimento de atitudes pedagógicas que visam à elaboração de práticas e projetos tendo como fundamento a

Interdisciplinaridade, que se ajustam ao pensamento de Fazenda et al. (2011), quando diz que um projeto Interdisciplinar de trabalho ou de ensino consegue captar a profundidade das relações conscientes entre pessoas e entre pessoas e coisas. Bufrem (1998, p. 23) também colabora com essa visão ressaltando que “A Interdisciplinaridade a que se almeja deve ser encarada na sua dimensão histórica, e sua prática exige um processo em que as ciências não sejam tratadas como disciplinas isoladas e os objetos passem a ser tratados em seu contexto”.

Nesse olhar a prática Interdisciplinar pressupõe uma desconstrução, uma ruptura com o tradicional e com o cotidiano tarefairo escolar, pois segundo Fazenda et al.(2008) a Interdisciplinaridade escolar não pode confundir-se com Interdisciplinaridade científica. Pois, na concepção de Chervel (1988), citado pela autora supra, na Interdisciplinaridade escolar a perspectiva é educativa, na qual se entende que os saberes escolares procedem de uma estruturação diferente dos pertencentes aos saberes constitutivos das ciências. Ela ainda caracteriza esse tipo de Interdisciplinaridade esclarecendo que as noções, finalidades habilidades e técnicas visam favorecer, sobretudo o processo de aprendizagem, respeitando os saberes dos alunos e sua integração.

O professor Interdisciplinar percorre as regiões fronteiriças flexíveis em que o “eu” convive com o “outro” sem abrir mão de suas características, possibilitando a interdependência, o compartilhamento, o encontro, o diálogo e as transformações.

Fica evidente o grande desafio a ser enfrentado pela escola, na busca da atitude Interdisciplinar, como ainda explica a autora, que para adesão de um projeto Interdisciplinar, comumente encontramos barreiras, tanto de ordem pessoal, institucional e material. Entretanto tais barreiras poderão ser transpostas pelo desejo de criar, de inovar, de ir além.

É visando este pensamento que acreditamos ser o TDC um recurso didático na qual possibilita a interação entre os conhecimentos, desprivilegiando hierarquias disciplinares, rompendo barreiras existentes entre os conhecimentos, pois nos apoiando em Morales, Azevedo e Mariuzzo (2014), a leitura e a interpretação de artigos, reportagens, podcasts, infográficos, entrevistas, quadrinhos, poesias etc., sobre um

mesmo assunto – relacionado à ciência –, pode ser trabalhada tanto por professores da área de ciências naturais, servindo como elemento disparador para a verticalização de um conteúdo específico, quanto por professores de qualquer outra área, possibilitando o tratamento horizontal dos temas e a ampliação da ciência como um fenômeno cultural. Quanto às atividades desenvolvidas com TDC em conteúdos específicos, acredita-se que o trabalho com esse tipo de material em sala de aula terá o grau de produtividade elevada na proporção em que transcender os limites disciplinares.

A partir dessa concepção entendemos que os TDC possibilitam também a integração das áreas e dos objetos de conhecimento, já que o professor tem a possibilidade de usar todos os recursos dos TDC unindo-os com outros materiais fundamentalmente didáticos e, a partir da abordagem dada, promover conexões entre as diversas áreas do conhecimento, fortalecendo o trabalho integrado – indispensável tanto para a apreensão do conhecimento, quanto para a ampliação do Universo cultural do estudante de ensino básico, como também recomenda os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM) deste nível de ensino:

A intenção de completar a formação geral do estudante nessa fase implica, entretanto, uma ação articulada, no interior de cada área e no conjunto das áreas. Essa ação articulada não é compatível com um trabalho solitário, definido independentemente no interior de cada disciplina, como acontecia no antigo ensino de segundo grau – no qual se pressupunha outra etapa formativa na qual os saberes se interligariam e, eventualmente, ganhariam sentido. Agora, a articulação e o sentido dos conhecimentos devem ser garantidos já no ensino médio. (PCNEM, 2002, p.9).

É respaldado nessas orientações dadas pelos instrumentos normativos, que os professores as garantem ao trabalharem com os TDC, pois aqui ocorre a chance de extrapolar as condicionantes barreiras conteudistas que por muito tempo obteve valor de melhor ensino, acabando por adentrar no espaço da coletividade, recaindo numa abordagem interdisciplinar que segundo Fazenda et al. (2011) busca a construção coletiva de um novo conhecimento.

Temos assim, a junção do TDC como recurso didático a possibilitar práticas Interdisciplinares segundo orientações dos parâmetros educacionais, nesses percebemos as conexões existentes, colaborando na aceitação do outro, essa atitude coopera com a

diluição da insegurança frente à Interdisciplinaridade, assim nos apoiando na autora supra a insegurança individual que caracteriza o pensar Interdisciplinar é desfeito na troca, no diálogo, no aceitar o pensar do outro.

Quando falamos em práticas pedagógicas entendemos que são todas as ações e atividades executadas pelo professor para promover sua aula, inserindo a elaboração das mesmas. Dessa forma Altet (2002) a prática pedagógica pode ser definida, como os atos singulares de um profissional da educação assim como os significados que esse profissional lhes atribui. Fazenda et al. (2008) complementa a partir de duas citações uma por Bru (2002, p. 55), dizendo que a uma prática pedagógica é entendida como aquilo que faz o professor no seu estabelecimento de ensino em presença ou não dos alunos e outra por Bru e Talbot (2001, p. 55), na qual relatam que ela compreende, além da prática em classe com os alunos, os atos efetuados fora do tempo escolar no tocante aos planos de aula e todas as ações quanto à elaboração das mesmas

Nesse sentido, muitas produções acadêmicas têm sido realizadas quanto a investigação da melhoria do ensino aprendizagem por meio de práticas Interdisciplinares, dentre elas as pautadas no TDC, tais como, relata Nunes (2012), sobre a experiência do uso do TDC, descrito no livro “Os botões de Napoleão – 17 moléculas que mudaram a história” (Penny Le Courteur e Jay Burreson, 2006, Editora Jorge Zahar), como literatura interdisciplinar de DC em uma turma de 3º ano de ensino médio, os pesquisadores já partiam do pressuposto de que o TDC mostra-se como uma possibilidade altamente viável para envolver as diversas áreas do conhecimento, dessa maneira os autores perceberam como resultado que durante as apresentações houve um alto envolvimento dos alunos, mesmo daqueles que não possuem muita afinidade com a química, pois puderam também explorar conhecimentos em outras áreas como Biologia, História, Geografia e Medicina. Os autores ainda complementaram relatando que o resultado mais interessante dessa experiência foi revelando-se ao longo do semestre, à medida que se avançava com a disciplina por diversas vezes os alunos remetiam-se aos trabalhos apresentados por eles na atividade Interdisciplinar.

Por outro lado Morales, Azevedo e Mariuzzo (2014) considerando previamente que os instrumentos normativos relativos à educação básica recomendam a utilização de TDC,

como recurso didático de grande potencial para a contextualização da ciência em sala de aula, descreveram experiências no uso de conjuntos de conteúdos de TDC de revista eletrônica de divulgação científica (RDC), em atividades escolares.

A partir de materiais e de plano de atividades publicados por revistas, realizaram-se Práticas Interdisciplinares do tipo projeto e oficinas com alunos do ensino médio. Entre os resultados obtidos, percebeu-se que o TDC, tem um grande potencial didático e cumpre sua função de elemento disparador, promovendo o interesse do aluno pelo assunto e instigando-o a opinar, ampliando tanto o conhecimento acerca das unidades curriculares quanto o repertório cultural do aluno.

Dessa forma a prática Interdisciplinar diz respeito à importância da cultura geral em articular os conhecimentos específicos de uma determinada área à totalidade do ensino. Tendo em vista essa articulação, as Diretrizes para a Formação Inicial de Professores, orientam professor para a sua capacidade de “compreender o papel do recorte específico da sua disciplina na área de organização curricular em que se insere”, bem como na elaboração e execução de projetos e atividades interdisciplinares (BRASIL, 2001).

Outra pesquisa com relação ao TDC e a Interdisciplinaridade foi elaborada, de acordo com Gulate et al. (2013), essa tendo um fator ímpar, pois foi fruto do projeto PIBID, de tal forma que o desenrolar do trabalho aconteceu nas atividades dos alunos Pibidianos em sala de aula. Essa pesquisa se objetivou na produção de TDC como atividade interdisciplinar, na cooperação de uma alfabetização científica.

Diante desses argumentos percebemos a possibilidade da execução de uma Prática Interdisciplinar através do uso do TDC, e a partir disso, foi possível a criação de uma tabela de descritores (Ver tabela 1), sobre algumas visões que podem nortear uma *Prática Interventiva Interdisciplinar a luz do TDC (PIIN a luz TDC)*. É importante frisar que usamos como principal aporte teórico para a elaboração de tais descritores, os estudos em Interdisciplinaridade da pesquisadora Ivani Fazenda, baseada em sua obra *Práticas Interdisciplinares na Escola*, 2011. Esses descritores serviram de base para fundamentar a prática interventiva realizada na referida pesquisa a ser detalhada na metodologia.

**Quadro 01.** Descritores criados para a caracterização de uma Prática Interventiva Interdisciplinar a Luz do Texto de Divulgação Científica (PIIN a luz do TDC)



**Fonte:** Autora

Para caracterização de uma Prática Interventiva Interdisciplinar (PIIN) a Luz do Texto de Divulgação Científica (TDC) propomos os descritores mostrados no esquema acima e que serão descritos a seguir:

- Descritor 01: *Visão integradora, total ou holística*

Esse descritor propõe que uma PIIN a luz do TDC, deve ser construída através da escolha de um TDC cujas leituras e práticas realizadas em sala de aula possibilitem o professor atingir uma visão integradora entre os conhecimentos, que é básico num processo Interdisciplinar. Este descritor foi construído a partir do texto de Fazenda et al. (2011, p. 34), quando diz “A interdisciplinaridade perpassa todos os elementos do conhecimento, pressupondo a integração entre eles”. Também a autora clarifica essa visão dizendo que, “a interdisciplinaridade é uma atitude, isto é, uma externalização de uma visão de mundo que, no caso, é holística.” (FAZENDA et al., 2011, p. 22), contemplando a totalidade como ela bem afirma explicitando que “a

interdisciplinaridade pressupõe um compromisso com a totalidade” (FAZENDA et al., 2011 p. 29).

• Descritor 02: Visão múltipla, solidária, flexível e aberta

Quanto ao descritor 02, ele compreende que uma PIIN a luz do TDC, deve permitir ao professor ferramentas para sua prática com o uso desses textos que possibilite ao aluno visões múltiplas, alinhando a uma visão de Interdisciplinaridade que aceita o dialogo entre várias áreas do conhecimento, incorporando-os no todo do objeto em questão, pois a autora enfatiza “Aprende-se com a interdisciplinaridade que um fato ou solução nunca é isolada, mas sim consequência da relação entre muitos outros” (FAZENDA et al., 2011 p. 35).

Complementando essa visão, através dos diversos TDC, o professor promove a seus alunos o contato com diferentes discursos, caracterizando uma visão solidária, flexível e aberta às diversas situações. Esta característica do descritor está de acordo com Fazenda et al. (2011, p. 34) quando afirma “que quando se entende que não existem verdades absolutas, nem Universos acabados, a interdisciplinaridade perde a razão de ser um conceito com definição fechada”. Essa visão considera os conhecimentos prévios, partindo do princípio que o senso comum, ou seja, o cotidiano também são formas de conhecimentos o qual contribuem para a construção de novos conhecimentos, conforme a autora exemplifica dizendo, “Assim, por exemplo, a interdisciplinaridade aceita o senso comum como válido, pois é através do cotidiano que damos sentido às nossas vidas. Ampliando através do diálogo com o conhecimento científico, tende a uma dimensão utópica e libertadora, pois permite enriquecer nossa relação com o outro e com o mundo” (FAZENDA et al., 2011 p. 17).

• Descritor 03: Visão Complexa

Este descritor concebe a PIIN a luz do TDC, na atitude em que esses textos colaborem em sala de aula com a fundamentação dos argumentos que consideram a visão complexa dos fenômenos, coadunando com a Interdisciplinaridade em que valida à complexidade, cooperando para uma visão em que particularizar o ser e/ou as situações

é colaborar para uma visão reducionista, simplista e fragmentada dos mesmos, corrompendo suas possibilidades. Assim, se utiliza de argumentos esclarecendo que, a Interdisciplinaridade quando vista de forma “dinâmica, ultrapassaria a segmentação, recupera o homem da esfacelamento e mutilação do seu ser e do seu pensar fragmentado” (FAZENDA et al., 2011 p. 24).

A autora ainda complementa em outra obra dizendo que a formação Interdisciplinar de professores, se fundamenta na ordenação científica e na ordenação social, sendo que essa última, “tenta captar toda complexidade que constitui o real e a necessidade de levar em conta as interações que dele são constitutivas. Estuda métodos de análise do mundo, em função das finalidades sociais, enfatiza os impasses vividos pelas disciplinas científicas em suas impossibilidades de sozinhas enfrentarem problemáticas complexas” (FAZENDA et al., 2008 p. 19).

- *Descritor 04: Visão democrática e não-hierarquizadora*

Quanto a esse último descritor, ele interpreta que uma PIIN a luz do TDC, oportuniza o professor levar aos seus alunos o acesso às diversas fontes de argumentos, visões e pontos de vista distintos fundamentando-os em seu posicionamento. Essa atitude contribui com uma característica da Interdisciplinaridade, que é uma visão democrática e não hierarquizadora dos conhecimentos e que ressalta sua complementaridade. Esta característica da Interdisciplinaridade pode ser observada na metáfora usada pela autora para expressar o pensamento Interdisciplinar:

O conhecimento é uma sinfonia. Para sua execução será necessária à presença de muitos elementos: os instrumentos, as partituras, os músicos, o maestro, o ambiente, a plateia, os aparelhos eletrônicos e outros. A orquestra está estabelecida. Todos os elementos são fundamentais descaracterizando, com isso, a hierarquia de importância entre os membros (FAZENDA et al., 2011 p. 33 e 34).

Essas visões podem ser vistas como parâmetros que caracterizam práticas Interdisciplinares em que se faz uso dos TDC, que auxiliando de forma eficaz o professor em sua prática na sala de aula, principalmente aquelas na qual o cerne das temáticas se encontra no desenvolvimento científico e tecnológico, pois pelos recentes avanços, as mesmas quando abordadas em sala de aula já se encontram desatualizadas e muitas vezes os professores se sentem desconfortáveis e inseguros de contextualizá-las

com outras áreas que não seja a sua de formação. Essa realidade entra em harmonia com a visão de Fazenda et al. (2008) na qual relata que

Vivemos momentos de transição, de questionamentos, uma época em que nossos saberes e nossos poderes parecem estar desvinculados. Mais do que isso, o saber atual fragmentado dispersou-se pelo planeta, e o centro dessa circunferência que antes era ocupado pelo homem se encontra, agora, vazio. O fantástico desenvolvimento científico e tecnológico que ora vivenciamos também trouxe uma preocupante carência de sabedoria e introspecção (FAZENDA et al., 2008 p.67) [grifos nosso]

Esse desenvolvimento científico e tecnológico trouxe consequências sem precedentes, pois diante de tantos problemas, os caminhos para solucioná-los precisava mudar o percurso. Como exemplo, temos que atualmente as grandes questões do mundo macroscópico já não encontram respostas no mundo microscópico que até alguns anos atrás era o grande foco das pesquisas tecnocientíficas. Em consonância com a autora acima mencionada, ela descreve esse cenário, citando que a tecnologia pormenoriza as distâncias e o tempo não sendo uma figura de linguagem dizer que o mundo é uma pequena aldeia, sendo utilizada e desenvolvida a princípio para atender a atividade econômica, a tecnologia agora se faz sentir em todas as atividades humanas.

Hoje, todavia a ciência foi mais além extrapolando seus estudos para um mundo mais ínfimo, o chamado "Mundo Nano", remetendo a Nanotecnologia, que para compreendê-lo em sua essência é imprescindível a comunicação entre as diversas áreas, não tendo hierarquias disciplinares, mas sim cooperação e complementaridade entre as mesmas. É dentro dessa perspectiva que também temos as áreas como Bioquímica, Biofísica, Astrofísica, Bioinformática, Biotecnologia e ainda com muita força as Nanociências inseridas no "Mundo Nano", como já mencionado, esse novo mundo resumidamente une conhecimentos da Física, da Química, da Biologia, produzindo tecnologias numa escala Nanométrica.

Diante dessa interação entre disciplinas que torna possível o conhecimento das Nanociências, é que acreditamos ser uma temática com possibilidades de ser discutida com grande êxito em práticas Interdisciplinares, e que pelo fato de ser um conhecimento recentemente divulgado, o professor pode ter acesso a essas temáticas por meio dos TDC, que muito tem descrito pesquisas nesse âmbito, e inseri-las no seu discurso

escolar, funcionando como uma “ponte” entre o que se produz na ciência e os componentes curriculares da escola. É dentro dessa perspectiva que contemplamos um capítulo para analisarmos algumas pesquisas dessa área e seus potenciais didáticos Interdisciplinares.

## **2.5 A Interdisciplinaridade do “Mundo Nano”: A Mudança Paradigmática**

Estamos no limiar de uma verdadeira revolução tecnológica, cuja evolução deverá abranger décadas, com um impacto que provavelmente deverá superar o de todas as revoluções técnicas do passado. Dela resultarão materiais inéditos, grandes avanços na medicina e na farmacologia, métodos muito mais eficientes para a indústria química e petroquímica, computadores com um grau de sofisticação e complexidade sem precedentes – provavelmente baseados em outros princípios físicos –, maior eficiência no uso de energia, grandes inovações na área do meio ambiente e vários outros avanços que podemos apenas vislumbrar.” (VALADARES; CHAVES; ALVES, 2005, p. 51-52).

Há muito tempo se sabe que a matéria é formada por massa e ocupa um lugar no espaço, essa massa se refere ao conjunto ou arranjo de moléculas que graças as suas interações proporcionam as mudanças de estados físicos da matéria. Pois segundo Chaves (2002), com base nesse conhecimento, foram obtidos importantes avanços na ciência e tecnologia dos materiais.

Tal tecnologia permitiu a produção de cristais sintéticos diversos, desde diamantes até os cristais de silício com os quais fabricamos os *chips* dos computadores, de materiais magnéticos para gravação e armazenamento de dados, de ligas diversas para a indústria mecânica, de materiais plásticos e vítreos, e mais uma grande variedade de materiais com propriedades específicas e otimizadas para aplicações industriais diversas.

Mas ainda não estamos no campo manométrico, discutimos sobre estruturas miniaturizadas, mas nada comparado ao “pequeno” do mundo nanométrico ou “Nanomundo”.

Nesse sentido Schulz (2005), já relatava em seus artigos sobre as perspectivas de avanços nos estudos sobre as nanociências dizendo que, muitas das notícias parecem

prometer que a presença das Nanociências será mais efetiva em algum futuro mais ou menos distante, embora aplicações de “nano-isso” ou “nano-aquilo” já estejam disponíveis e melhorando a qualidade de vida das pessoas.

Atualmente as Nanociências tem originado diversos conhecimentos, como é o caso da Nanotecnologia tendo um vasto repertório de estudos aplicados a diversas áreas, pois segundo a Agencia Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), entre tantas inovações convergentes, a nanociência e a nanotecnologia atuam significativamente como alternativas para o estudo dos fenômenos e a manipulação de materiais na escala atômica, molecular e macromolecular (BRASIL, 2011).

Muito embora a Nanotecnologia parecer ser tão recente, as origens desse termo retomam o ano de 1959, quando no encontro anual da Sociedade Americana de Física, o americano Richard Feynman expôs em sua palestra “*There’s Plenty of Room at the Bottom*” a possibilidade de deslocar e recombinar os átomos relatando que “Há muito espaço lá embaixo” e destacando falou o problema de se manipular e controlar coisas em escalas extremamente pequenas, inaugurando e antecipando essa revolução tecnológica (FILHO et al., 2011).

Feynman concluiu que, se pudéssemos ter algum controle sobre o arranjo das coisas em pequena escala, seria possível gerar uma variedade muito maior de propriedades que as substâncias podem ter (MARQUES, 2005). Dessa forma, afirmação de Feynman estava correta, pois quando nos referimos ao nível de “Mundo Nano” ou subatômico, estamos mergulhando em um mundo regido por novas leis, por novas interações, e para entendê-lo temos que obrigatoriamente romper os paradigmas estabelecidos durante anos pela física clássica ou aristotélica e começar a conceber os novos aspectos trazidos pela física nuclear e a mecânica quântica.

Colaborando com essa visão, Morin (2006, apud FAZENDA et al., 2008 p. 70) [Grifos nosso], entende as implicações da física clássica, relatando que

Se até o início do século XX a visão determinista de um mundo onde tudo estava ordenadamente colocado, em uma regularidade absoluta e previsível,

confortava a humanidade, ao mesmo tempo abrigou o paradigma da simplicidade e da perfeita ordem universal. Esta imagem de ordem era, na verdade, de uma extrema pobreza, posto que era a imagem da repetição, incapaz de dar conta do novo e da criação

Assim, alguns exemplos podem ser discutidos de acordo com Nicolescu (2000), dizendo que a matéria no nível subatômico não é mais contínua, logo apresenta espaços vazios que são dotados de possibilidades (vazio quântico), confirmando a existência da descontinuidade da matéria, as interações entre as entidades quânticas independem da distancia entre as mesmas, sendo esse fenômeno denominado de não-separabilidade.

Ademais, não importa quão distante estejam às interações continuam as mesmas, quanto à causa e efeito nesse nível, a regra da causalidade local inexistente, pois ela afirma que para toda a causa tem um efeito, entretanto esta afirmação se torna equivocada para os fenômenos quânticos, pois um evento pode ser tanto a causa quanto o efeito de outro, emergindo a causalidade global.

Somado a essas características do nível atômico e subatômico, adicionamos a esse novo paradigma do “Mundo Nano” a questão do indeterminismo quântico, pois nessa escala é impossível determinar as trajetórias percorridas pelas entidades físicas como é o caso do elétron. Nessa perspectiva, muitas teorias quando vistas sobre a ótica deterministas ou mecanicistas não tem sentido, como afirma a autora Fazenda et al. (2008, p. 70-71) no texto abaixo

A teoria da relatividade de Einstein, o princípio da incerteza de Heisenberg, o princípio da complementaridade de Niels Bohr, o princípio da dualidade de Louis de Broglie, o teorema da incompletude de Gödel e a teoria das estruturas dissipativas de Prigogine demonstraram que o universo determinista e mecanicista, passível de ser dividido em partes, era fruto do desejo humano de controle sobre a natureza e refletia apenas uma crença pessoal, não uma característica intrínseca da mesma. Tal concepção mostrou-se semelhante ao antigo universo animista, no qual deuses e deusas dispunham dos objetos à sua volta para satisfazer seus caprichos. Se no mundo determinista não há história nem criatividade, no mundo vivo a história tem um significado importante. E se o futuro é incerto é porque na incerteza reside na semente de toda a criatividade. (FAZENDA et al., 2008 p. 70-71) [grifos nosso]

Quanto a essa incerteza, ela se traduz muito claramente no princípio da dualidade onda-partícula do elétron já citado, pois quanto mais precisos tentarmos ser na velocidade do elétron estaremos distantes da sua posição e vice-versa, é partir desse evento que vários estudos e experimentos foram realizados até se constatar o fenômeno bastante complexo do caráter onda-partícula do elétron aqui a ciência se depara com um momento de tensão, para conceber que algo pode ser duas coisas ao mesmo tempo, outra prova contundente está em nossa própria existência. Nossos corpos têm ao mesmo tempo uma estrutura microfísica e uma estrutura quântica ambos não tem vida, porém quando se organizam em outros níveis possibilitam a emergência da vida.

Nesse sentido é necessária outra visão para conceber tais fenômenos, permitindo-os ter sentido, transcendendo tais eventos. Pois de acordo Fazenda et al. (2011, p. 70) “até mesmo a ciência, que nos oferecia algumas explicações seguras, mostra-se agora povoada por dúvidas e incertezas”. Como exemplo dessas incertezas a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) em sua cartilha sobre Nanotecnologia, esclarece sobre a dinâmica do “Mundo Nano”, dizendo que nesse mundo “é impossível distinguir as propriedades químicas e físicas dos Nanossistemas, as quais dependem fortemente da maneira como os Nanossistemas são sintetizados, arranjados e explorados” (BRASIL 2011, p. 25).

Nessa linha de raciocínio Moraes (2002) diz que tanto a teoria da relatividade quanto a teoria quântica traduzem a necessária visão de mundo como indivisível, no qual todas as partes do Universo, incluindo o observador e seus instrumentos, unam-se em uma totalidade. Um todo indivisível em movimento fluente caracterizando o efetivo estado das coisas. Ainda a autora esclarece que a totalidade é o ponto vital de qualquer paradigma que surge dessas ideias.

É a partir dessa integração que grandes questões ambientais e sociais poderão ser amenizadas, logo demonstrando que os paradigmas clássicos são insuficientes para atender às demandas de nossa sociedade, bem como das futuras gerações. Assim, faz-se necessário o surgimento de um novo paradigma, que tenha como premissa uma visão sustentável do planeta Terra, norteado pela construção de saberes e valores que

priorizem a sustentabilidade do planeta, de todas as formas de vida, bem como das relações humanas (GADOTTI, 2000).

Dessa forma, é perceptível que a nova ciência deve estar aberta a novas ideias, perspectivas e compreensões de mundos tão diferentes em diferentes níveis e muitas vezes até contraditórios com aquilo em que acreditamos boa parte das nossas vidas.

É dentro dessa complexidade que a autora questiona a ilusão da visão fragmentada, se apoiando em Capra (2001 apud FAZENDA et al., 2008 p. 71), argumentando que “além disso, estendemos essa visão fragmentada à nossa sociedade humana, dividindo-a em outras tantas nações, raças, grupos religiosos e políticos. A crença segundo a qual todos esses fragmentos — em nós mesmos, em nosso meio ambiente e em nossa sociedade — são realmente separados alienou-nos da Natureza e de nossos companheiros humanos, e, dessa maneira, diminuiu-nos. Para recuperar nossa plena humanidade, devemos recuperar nossa experiência de conexão com toda a teia da vida”.

Para lidar com essa complexidade, a autora afirma que a interdisciplinaridade se apresenta como uma possibilidade de resgate do homem com a totalidade da vida. É uma nova etapa, promissora, no desenvolvimento da ciência, onde o próprio conceito das ciências começa a ser revisto. Além disso, Santomé (1998) ressalta que apostar na interdisciplinaridade significa defender um novo tipo de pessoa, mais aberta, mais flexível, solidária, democrática. Pois, atualmente o mundo precisa de pessoas com formações polivalentes que enfrentem uma sociedade em que a palavra mudança seja um dos vocábulos mais frequentes e onde o futuro tem um grau de imprevisibilidade como nunca em outra época da história da humanidade.

É dentro dessa visão polivalente de formação que a Nanociência e seus desdobramentos como é o caso da Nanotecnologia se fundamenta, pois de acordo com Brasil (2011), químicos, físicos, especialistas em materiais, engenheiros e biólogos devem trabalhar em conjunto a fim de não só compreender como também utilizar as propriedades dos Nanossistemas.

Ainda nessa mesma linha França (2005) relata que a nanociência tem a possibilidade de promover na escola, um eficiente diálogo entre disciplinas escolares, propiciando aos alunos uma visão que ultrapasse a visão cartesiana configurada como modelo vigente de ensino atualmente. Em consonância com este pensamento, a Nanotecnologia vem se consolidando como ciência e sendo utilizada pelos diversos campos científicos, principalmente como “chave” para o entendimento da auto-organização dos sistemas vivos da natureza. Pois por se tratar de uma escala tão pequena, acaba perpassando por todos os conhecimentos sendo objeto de estudo por todos, conforme mostra a figura abaixo. Aqui nasce um conhecimento sem hierarquia, isso materializa a interdisciplinaridade

**Figura 01.** A interdisciplinaridade na Nanotecnologia entre as disciplinas desencadeando a produção de materiais.



Fonte: Google imagens

Como mostra a figura e também concordando com a ABDI uma das características marcantes da Nanotecnologia é o encontro entre a química, física, engenharia, informática, biologia e medicina. As diferentes interfaces são ricas de relevantes problemas científicos e oportunidades de geração de novas tecnologias (BRASIL, 2011).

A figura nos mostra ordenadamente as grandes relações entre os conhecimentos a partir da perspectiva do “Mundo nano”, pois no primeiro arco após a esfera central da Nano, temos as conexões entre as grandes áreas, em que resultam no segundo arco em alguns conhecimentos mais específicos e a partir desse possibilitam a criação de diversos materiais exemplificados no terceiro e último arco. Estes matérias são de uso frequente da população.

Essa escala de Nanômetros tem esse prefixo *Nano* e descreve uma ordem de grandeza advinda do grego *vavoç*, cujo símbolo é *nm* e quer dizer essencialmente *milionésimo* de um milímetro ou a um *bilionésimo* de um metro, consistindo numa unidade da grandeza física de comprimento, sendo submúltiplo do metro e para converter nanômetros em metros é necessário reduzir nanômetros a metros, isto é,  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ .

Essa pequena escala proporciona a Nanotecnologia, segundo Schulz, (2005) e Chaves (2002), a produção de produtos e processos tecnológicos a partir de partículas minúsculas. Portanto quanto aos aspectos tecnológicos a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), afirma ser possível observar extensas fronteiras de oportunidades nas interações dos setores Biofarma, Informática e Nanotecnologia, alimentados pelas grandes áreas do conhecimento (BRASIL, 2011 p. 25).

**Figura 02:** Fronteiras de oportunidades nas interações de vários setores das ciências



Fonte: ABDI 2011, p. 25

Nas figuras 01 e 02, é possível notar a relação entre a Nanotecnologia e biologia contribuindo significativamente na produção de materiais para melhor qualidade de vida das pessoas. Essa relação que vem se tornando cada vez maior, pois estudos e investimentos tem sido focalizados nessa área, ao passo que atualmente essa relação possibilitou a criação de uma subárea denominada, Nanobiotecnologia, assim, Paull et al. (2003), diz que o termo Nanobiotecnologia refere-se à interface entre a Nanotecnologia com a biologia. Pode significar também qualquer aplicação da Nanotecnologia em pesquisa biológica, descoberta de drogas e sua comercialização, ferramentas de diagnóstico, remédios ou novos biomateriais.

E ainda para Paradise (2008), a Nanobiotecnologia refere-se, especificamente, ao uso da Nanotecnologia em sistemas biológicos ou à utilização ou produção de Nanomateriais derivados de moléculas biológicas. Assim a Nanobiotecnologia é referida como a medicina do futuro, é nela onde as distinções entre a física quântica, a química molecular, a ciência dos materiais e a biotecnologia se tornam menos relevantes. Aqui, se percebe o entrelaçamento entre as áreas e disciplinas em que procedimentos a priori em uma área, são aplicáveis com sucesso em outras, contemplando a interdisciplinaridade.

Ainda dentro desse campo da Nanobiotecnologia, temos estudos focados em produzir matérias no auxílio às ciências médicas, essa atividade se tornou não intensa e eficiente, que foi preciso destacar tais estudos como uma subárea, fundamentada na Nanobiotecnologia. Esse novo conhecimento se intitula de Nanomedicina, que atualmente tem revolucionado a medicina tradicional, produzindo Nanofármacos e Nanomateriais mais eficazes em diversos tratamentos médicos.

Em relação à Nanobiotecnologia é importante comentar sobre o grande esforço que está sendo concentrado nessa área quanto à mimetização de estruturas biológicas naturais a partir de estruturas artificiais produzidas a partir de Nanomateriais. Assim tem-se o maquinário Nanotecnológico tais como, computadores moleculares muito mais poderosos, catalisadores Nanométricos mais diversificados e eficientes simulando as moléculas enzimáticas, materiais avançados para próteses, e até anticorpos sintéticos capazes de encontrar e destruir vírus ou células cancerígenas onde eles se encontrem no corpo.

Mais especificamente a Nanomedicina tem investido maciçamente na área da farmacologia obtendo avanços revolucionários principalmente na produção de Nanofármacos, como é o caso os princípios ativos das drogas (medicamentos) poderem ser agregados à superfície ou encapsulados no interior de macromoléculas projetadas para serem absorvidas por órgãos específicos do corpo, ou por órgãos afetados por determinadas doenças, onde finalmente liberarão a droga. Dessa forma, doses muito menores de drogas podem se tornar efetivas, com a conseqüente drástica redução dos efeitos colaterais e ainda de acordo com vários testes, tem-se que esses Nanofármacos tem um alto poder de penetração nas células cancerosas, não atingindo as células saudáveis, e ainda não aumentando a malignidade tumoral.

Também existe o encapsulamento de fármacos para a elaboração de vacinas sendo liberada dentro do organismo indo em direção ao ponto específico do tratamento, ou seja, não atingindo regiões indesejadas. Segundo Maharana (2010), hoje se tem a vacinas desse tipo que previnem doenças como brucelose, listeriose, toxoplasmose, tétano, entre outras. Nesse sentido nos apoiamos em Duran (2006), que relata sobre a liberação inteligente de drogas no organismo pelos Nanofármacos; esse tipo de sistema

baseado em nanotecnologia é capaz de liberar fármacos no organismo de um paciente de maneira gradual, oferecendo diversas vantagens como diminuição da toxicidade do princípio ativo, maior prazo de validade do medicamento, aumento na eficiência. É importante frisar que essa grande atenção dada a Nanomedicina tem sido influenciada pelo crescente aumento de doenças. Incentivos têm sido dados às pesquisas sobre a aplicação de Nanomateriais no auxílio e combate de muitas doenças, principalmente o câncer.

Dentre os vários setores da Nanomedicina, destacam-se sistemas de imagem molecular, diagnósticos, entrega de fármacos, e biossensores, além da utilização de Nanomateriais em produtos como cremes bactericidas e instrumentos médico-cirúrgicos. É válido ressaltar que apesar do crescente progresso e da aceitação da Nanomedicina, o potencial efeito de Nanomateriais em sistemas biológicos, devido à exposição prolongada em vários níveis de concentração, ainda não foi estabelecido.

A fim de promover o desenvolvimento seguro da Nanomedicina, sendo indispensável avaliar as consequências adversas à saúde, o que requer uma investigação sistemática da influência das propriedades de Nanomateriais.

Em contrapartida a medicina passa a ser personalizada e os medicamentos derivados na Nanobiotecnologia são desenvolvidos à medida do paciente, sendo, por isso, muito mais eficazes. Grande parte das doenças que hoje são consideradas incuráveis, tal como SIDA (Síndrome da Imunodeficiência Adquirida-AIDS), Alzheimer ou estados mais avançados do cancro, poderão ser facilmente ultrapassadas com base no desenvolvimento de Nanomateriais personalizados. Ademais, Maharana (2010), afirma que existem as Nanopartículas que também podem ser utilizadas para a detecção de marcadores de Alzheimer, na quantificação de glucose no sangue (através de Nanopartículas de ouro) e na propensão para ataques cardíacos (através de Nanochips).

Diante de todas essas Nanobiotecnologias citadas, acreditamos que a mesma permeia diversos campos das ciências e dessa forma possa ser interpretada como área interdisciplinar em que aceita vários saberes e os integram na criação de Nanomateriais cada vez mais resistentes e eficazes para a sociedade.

Dessa forma consideramos que tais conhecimentos devam estar inseridos dentro do campo escolar, na promoção de aulas atualizadas, contextualizadas e Interdisciplinares, possibilitando o professor fazer o link do conteúdo curricular a ser estudado através dos olhares de outras disciplinas, suscitando suas atuais aplicações, tornando o conteúdo significativo contribuindo para uma Nanoeducação. Todavia de acordo com França (2005) numa entrevista a Revista Ciência Hoje, diz que a inserção de temas sobre Nanociências requer uma formação mais sofisticada dos alunos, visto que para a compreensão da Nanociência são necessárias ferramentas mentais e conceituais com alto nível de abstração, que possibilitem, aos mesmos, transitar entre estas duas realidades, a macro e a nano, nas quais imperam modelos, conceitos e propriedades distintas.

Para tanto acreditamos ser o Texto de Divulgação Científica um recurso didático, com possibilidades de subsidiar tal ação, pois além de ser um recurso de fácil acesso, é uma forma de familiarizar os alunos com o vocabulário científico e as peculiaridades que envolvem uma pesquisa científica e ainda a grande rotatividade de constantes de produções com publicações recentes.

Em virtude dessa possibilidade de uma Nanoeducação, abordaremos algumas Divulgações científicas com temáticas Nanobiotecnológicas explicitando seus potenciais e benefícios didáticos e Interdisciplinares.

## **2.6 Nanoeducação: Nanotícias na Escola**

Em virtude de tantas questões complexas que permeiam o ensino de ciências e a acelerada produção científica, cabe ao professor trazer tais temáticas para compor seu discurso didático, os tornando os mais reais possíveis. Para tanto, as (Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio-OCNEM), alertam para novos recursos didáticos que se pode integrar a aula complementando-a, logo elas orientam que

Além disso, temas relativos à área de conhecimento da Biologia vêm sendo mais e mais discutidos pelos meios de comunicação, jornais, revistas ou pela rede mundial de computadores – Internet –, instigando o professor a apresentar esses assuntos de maneira a possibilitar que o aluno associe a realidade do desenvolvimento científico atual com os conceitos básicos do pensamento biológico (OCNEM 2006, p. 45) [grifos nosso]

Somado esse novo discurso escolar de inserção das divulgações na sala de aula, as temáticas necessitam se coadunar nessa perspectiva atual, de modo que os fatos recentes do âmbito científico precisam fazer parte da pauta de discussões, mostrando aos alunos os desafios de uma pesquisa e suas possíveis relações com outras áreas, como prega a Interdisciplinaridade. Quebrando os “muros” que isolam os conhecimentos como se fossem únicos e isolados, pois Bochniak (1998 p. 21) diz que:

De modo geral, a interdisciplinaridade, esforça os professores em integrar os conteúdos da história com os da geografia, os de química com os de biologia, ou mais do que isso, em integrar com certo entusiasmo no início do empreendimento, os programas de todas as disciplinas e atividades que compõem o currículo de determinado nível de ensino, constatando, porém, que, nessa perspectiva não conseguem avançar muito mais (BOCHNIAK 1998, p. 21)

É dentro dessa integração que a Nanotecnologia vem permeando diversas áreas e como já foi citado, trazendo grandes contribuições à ciência, pois Japiassu (2005, p. 63), afirma que “com os conhecimentos da Nanobiotecnologia podemos modificar o patrimônio genético e interferir no processo da vida.”

Diante de tal afirmação podemos perceber o quão profundo a Nanotecnologia tem atingido, permitindo a grande aplicabilidade de Nanosubstâncias na prevenção e cura de muitas doenças, sendo de extrema importância tais informações e divulgações consigam chegar ao conhecimento dos alunos, como alternativas no combate a muitas doenças.

Nesse sentido, temos a urgência da inserção destas temáticas ligadas a Ciência e Tecnologia nos currículos escolares com o propósito de permearem a vida cotidiana dos alunos, e esta não pode ser justificada apenas devido às necessidades do mercado de trabalho, mas pelo próprio exercício da cidadania, permitindo que os alunos participem da tomada de decisões e adoção de posturas críticas frente às novas realidades (BRASIL, 1998). Todavia, se observa que a inclusão de temas atuais ainda ocorre de

maneira muito lenta tanto, nos currículos escolares, como nos materiais didáticos de modo geral (DELICZOICOV; ANGOTTI ; PERNAMBUCO 2011).

Muito embora existam dificuldades, é imprescindível destacar de acordo com França (2005) que há um maior interesse e disposição dos alunos no estudo desses tópicos, o que os torna particularmente atraentes, funcionando como elementos facilitadores ou motivadores dos processos de ensino aprendizagem. Além disso, trata-se de uma perspectiva de ensino diferenciada e inovadora, a partir da qual os conceitos tradicionais de física, química, matemática e biologia podem ser construídos de maneira contextualizada (BRASIL, 1998). Dessa forma abordaremos sucintamente sobre algumas temáticas contemporâneas da Nanobiotecnologia e suas possibilidades didáticas interdisciplinares.

Em conformidade com Duran (2006), e ainda sobre a questão dos sistemas inteligentes baseados na Nanobiotecnologia, os mesmo são usados na preparação de emulsões e soluções e no desenvolvimento de sistemas poliméricos de encapsulamento, otimizando a atuação do fármaco na estrutura biológica. Aqui temos a possibilidade de tal abordagem nos conteúdos de química e biologia, quanto à primeira, ocorre ao se tratar do conteúdo curricular de substâncias e soluções. Até mesmo nos exercícios tem-se a possibilidade de contextualizar o enunciado trazendo essas novas pesquisas.

Por outro lado, quanto à biologia tem-se a questão da recepção de tal fármaco dentro do organismo. Como os receptores orgânicos agem em contato com os sistemas Nanobiotecnológicos? E quais as reações metabólicas em resposta a tal contato?

Ainda esses novos sistemas carreadores têm levado ao desenvolvimento de vários fármacos para tratamento de câncer, e outras doenças atualmente sem cura. A preparação de Nanopartículas no encapsulamento de fármacos pode incluir algumas moléculas que possuem receptores específicos em células no fígado, cérebro, ou cancerígenas, proporcionando uma liberação do medicamento em um alvo pré-definido.

Assim como é inegável os potenciais de tais sistemas, também o mesmo acontece em sala de aula, essas novas questões servem de contexto para a abordagem de muitos

sistemas orgânicos, detalhando o funcionamento e servindo de base para as possíveis respostas a tais intervenções. A visão funcional dos sistemas de forma integrada será privilegiada, o que às vezes não acontece numa aula tradicional em que o aluno estuda os órgãos em separado não percebendo a emergência do processo que é a funcionalidade dos sistemas permitindo a vida.

Considerando ainda a questão do Nanoencapsulamento de drogas, segundo Duran (2006), os mesmos são produzidos muitas vezes para agirem semelhantes aos macrófagos (células fagocitárias), fagocitando, ou seja, digerindo diversas estruturas danosas ao organismo. Por certo, tal pesquisa tem possibilidades de estar inserida fundamentando o discurso de sala de aula favorecendo aos alunos perceberem muito além da atividade de defesa do sistema imunológico a que o processo fagocitário se também se destina.

Outras possibilidades também existem, quanto às diversas estruturas químicas de encapsulamentos, principalmente da química orgânica e os campos eletromagnéticos conduzindo esses fármacos. Nesse ponto de vista o professor permite aos alunos perceber as relações entre biologia, química, física e medicina atrelados a Nanotecnologia.

A Nanotecnologia/Nanobiotecnologia vem garantindo seus espaços dentro da cosmética, como pode ser visto em Duran (2006), que descreve uma lista de exemplos, como é o caso das Nanopartículas de óxidos metálicos ( $\text{TiO}_2$  e  $\text{ZnO}_2$ ), que já são aplicadas em protetores solares, garantindo um melhor absorção do produto pela pele, deixando um aspecto incolor do protetor, fato incomum entre os outros protetores tradicionais que deixam a pele esbranquiçada (branco-leite), trazendo desconforto estético ao consumidor. Nesse contexto o professor de ciências ao debater sobre a estrutura da pele e carcinomas com seus alunos, poderá está contextualizando com TDC que tragam tal temática indo muito além do conteúdo didático, mas orientando os alunos aos cuidados da pele quanto à exposição ao sol.

Outra importante pesquisa trazida pelos TDC sobre Nanobiotecnologia e a pele, é quanto à engenharia de tecidos, que segundo Maharana (2010), vem com uma

tecnologia chamada de scaffolds, matrizes ou suportes tridimensionais, biológicos ou sintéticos, que formam um meio apropriado para o crescimento e organização das células em estruturas funcionalmente similares ao tecido original e que, em última análise, podem levar à manutenção e regulação do comportamento natural das células.

Esses Nanomateriais levam a construção e regeneração dos tecidos danificados, implantes e próteses que imitam as funções das células (restabelecendo-as ou melhorando-as), e ao mesmo tempo em que garantem um menor grau de rejeição por parte do receptor, diminui a possibilidade de ocorrência de infecções e inflamações que, em última análise, podem levar à rejeição do implante/prótese.

Outro impacto significativo que esta tecnologia emergente poderá ter no futuro da medicina reside no fabrico de substituintes do sangue, que resolvam os problemas de falta de sangue para transfusões e da possível transmissão de doenças virais, como a SIDA ou a hepatite. Até agora foram desenvolvidos alguns substituintes de sangue que ainda estão em fase clínica (MAHARANA, 2010).

Dentro dessa linha da regeneração dos tecidos o professor tem a possibilidade atualizar sua aula de histologia (área da biologia que se dedica aos estudos dos tecidos orgânicos), utilizando um TDC em que discuta sobre essa nova possibilidade em ajudar a regeneração de tecidos danificados.

Outro aspecto da Nanobiotecnologia pode ser abordado em sala de aula, logo é o efeito “Nano” na natureza, ou seja, existem estruturas Nanoscópicas naturais. Assim utilizaremos exemplos citados pela cartilha da ABDI, esclarecendo que, quando a água é misturada com o óleo, ocorre sobre a superfície um efeito chamado iridescência (efeito arco-íris). Efeito semelhante pode ser observado nas asas da borboleta azul e na própria pena do pavão.

Na verdade isso ocorre porque existem estruturas em escala nanométrica, denominadas Nanoestruturas, que, ao interagir com a luz, modulam o índice de refração causando interessante efeito óptico, no qual a cor muda com o ângulo de observação ou iluminação (BRASIL, 2011) Aqui além das estruturas biológicas dos animais citados,

percebemos fenômenos físicos que fazem parte dos componentes curriculares dos alunos. Essa seria uma temática ideal para professores de física.

Ainda esclarece o autor que os exemplos na natureza não ficam apenas nesses. Um efeito muito interessante creditado à presença de Nanoestruturas é o chamado efeito lótus, que ocorre em muitas folhas de plantas. A presença das nanoestruturas faz com que a superfície fique super-hidrofóbica (tendência a repelir a água). Como resultado, tem-se que a água não escorre, mas, literalmente, “rola”. Nesse contexto professores do ensino de ciências podem se apropriar de tal temática, pois este se insere nos conteúdos de biologia vegetal (epiderme vegetal), a questão das propriedades da água e a formação de ligações entre seus átomos, este último tendo relação com a química.

Por fim o autor ainda menciona outro exemplo: os dentes. Graças à presença de uma organizada Nanoestrutura, os dentes apresentam elevada resistência mecânica, o que permite a mastigação de alimentos sólidos e duros, como amendoim, castanhas, polpa de coco ou uma maçã bem verde. Aqui o professor especificamente de ciências e biologia poderá atualizar suas aulas do sistema digestório incorporando tais informações privilegiando a Nanoeducação.

Ainda hoje infelizmente a organização curricular de muitas escolas, tem privilegiado o não contato dos alunos com o “Mundo Nano”, pois os livros didáticos falam de ciência a partir do nível atômico como caso isolado sem muitas aplicações no caso da química e na biologia o nível microscópico.

Assim o conteúdo de citologia é em geral estudado na escola no início do ensino médio, começando pelo estudo da microscopia eletrônica, sendo este ainda um assunto pouco acessível aos estudantes, que memorizam o conteúdo sem compreendê-lo (ROCHA; BASSO; BORGES, 2006). Logo, uma pergunta nos conduz a reflexão: Se o “Mundo microscópico” já tão conhecido na ciência não é discutido com os alunos, quando o “Mundo Nano” poderá o ser?

Infelizmente essa realidade ainda é um pouco distante, mas já existem de formas pontuais algumas medidas sendo tomadas para a incorporação das Nanotecnologias na

escola, pois de acordo com a pesquisadora França (2005) em sua dissertação, ela relata que desde o final dos anos 90 os Estados Unidos já vislumbrava a formação de pessoas para as Nanociência e Nanotecnologia, criando o mascote “Nanokid”, para a educação infantil. Sendo esta iniciativa reproduzida pela Universidade de Queensland na Austrália no ano de 2003, criando um projeto na qual que permitia alunos dos primeiros ciclos do ensino fundamental observarem formigas no microscópio eletrônico de varredura através de videoconferências. Aqui notamos o incentivo a formação Nanotecnológicas desde o infantil, familiarizando os alunos com aspectos dessa nova realidade.

Outra ação de acordo com a autora é quanto a inserção da nanociência na educação científica fundamental foi realizada, esta por parte do governo alemão em 2004, investindo no projeto denominado “NanoTruck”. Que consiste em um caminhão, munido com modernos instrumentos, sendo usado para visitar instituições, escolas e feiras, nas quais são divulgados experimentos e exposições relacionadas a nanociência. Aqui temos uma abordagem mais refinada da nanociência e nanotecnologia com maior rigor científico. Notamos assim a variedade de possibilidades de inserção dessas temáticas no âmbito educacional, adequando a abordagem ao nível de ensino pretendido.

A autora relata que no Brasil, a primeira iniciativa oficial na área foi lançada pelo CNPq, no ano de 2002, com a criação do RENAMI (Rede de Nanotecnologia Molecular e Interfaces), objetivando-se na agregação de pesquisadores com interesses em comum, estimulando a troca de ideias e colaborações. Temos assim, uma ação mais específica direcionada prioritariamente para a montagem de laboratórios e redes de pesquisa, visando mais o desenvolvimento tecnológico propriamente dito, do que a formação inicial de indivíduos.

Nessa mesma linha temos as Universidades dando espaço para as produções nessa área, como exemplos mais recentes temos que no ano de 2007 a Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, mais especificamente o instituto de macromoléculas-IMA tem implantado a Semana da Nanotecnologia, divulgando muitas pesquisas e estimulando seus alunos na produção científica na área referida.

Dentre as Universidades, a Universidade de São Paulo – USP, tem demonstrado amplo interesse pelas estruturas Nanométricas criando um espaço restrito a tais estudos e suas produções, denominando de Núcleo de Apoio à Pesquisa em Nanotecnologia e Nanociências - NAP-NN.

O interesse pela nanotecnologia tem sido tão forte que tem surgido programas de pós-graduação como é o caso do programa de mestrado na Universidade Federal de Pernambuco-UFPE em Nanotecnologia farmacêutica incentivando a Pesquisa e desenvolvimento de Sistemas Nanoestruturados para moléculas bioativas. E ainda segundo França (2005), quanto ao âmbito educacional, essa Universidade, introduziu em sua grade curricular uma disciplina de Nanotecnologia, voltada ao ensino dessa nova técnica, para estudantes dos cursos de licenciatura. Essa iniciativa tem como objetivo construir esse conhecimento junto aos licenciandos, e estes repassarem para os estudantes do ensino fundamental e médio.

Ainda consideramos que, outros programas de pós-graduação têm aprimorado suas grades curriculares inserindo como disciplinas a Nanotecnologia aplicada, pois a Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, no Centro de Apoio a Pesquisa – CENAPESQ, que sedia a disciplina de Nanotecnologia aplicada à formulação de medicamentos, do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Inovação Tecnológica em Medicamentos.

Dando ênfase no interesse que hoje é vigente quanto aos conhecimentos que emergem dos estudos sobre Nanobiotecnologia, no processo seletivo no ano de 2009 o Exame Nacional de Ensino Médio – ENEM, inseriu uma questão sobre a referida área, no bloco de questões sobre ciências da natureza. Esse fato repercutiu bastante e serviu de alerta para que os professores passem a incluir em suas práticas tais conteúdos. Assim diz a questão:

**Quadro 02:** Questão do ENEM 2009, na qual aborda a temática da Nanotecnologia

ENEM (2009) - A Nanotecnologia está ligada à manipulação da matéria em escala nanométrica, ou seja, uma escala tão pequena quanto à de um bilionésimo do metro. Quando aplicada às ciências da vida, recebe o nome de Nanobiotecnologia. No fantástico mundo da Nanobiotecnologia, será possível a invenção de dispositivos ultrapequenos que, usando conhecimentos da biologia e da engenharia, permitirão examinar, manipular ou imitar os sistemas biológicos.

LACAVA, Z.; MORAIS, P. Nanobiotecnologia e saúde. Com Ciência. Reportagens. Nanociência & Nanotecnologia.

Como exemplo da utilização dessa tecnologia na Medicina, pode-se citar a utilização de Nanopartículas magnéticas (Nanoimãs) em terapias contra o câncer. Considerando-se que o campo magnético não age diretamente sobre os tecidos, o uso dessa tecnologia em relação às terapias convencionais:

(A) de eficácia duvidosa, já que não é possível manipular Nanopartículas para serem usadas na medicina com a tecnologia atual.

(B) vantajoso, uma vez que o campo magnético gerado por essas partículas apresenta propriedades terapêuticas associadas ao desaparecimento do câncer.

(C) desvantajoso, devido à radioatividade gerada pela movimentação de partículas magnéticas, o que, em organismos vivos, poderia causar o aparecimento de tumores.

(D) desvantajoso, porque o magnetismo está associado ao aparecimento de alguns tipos de câncer no organismo feminino como, por exemplo, o câncer de mama e o de colo de útero.

(E) vantajoso, pois se os Nanoimãs forem ligados a drogas quimioterápicas, permitem que estas sejam fixadas diretamente em um tumor por meio de um campo magnético externo, diminuindo-se a chance de que áreas saudáveis sejam afetadas.

**Fonte:** ENEM, 2009

Essa questão está especificamente no âmbito da física, pois relata eventos do campo magnético, muito embora esteja associando a diversas áreas, aqui encontramos um

processo avaliativo na qual valoriza o cruzamento das disciplinas favorecendo a visão de Nanoeducação interdisciplinar na prática docente.

A questão tem como objetivos, reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos. Além dessas habilidades, quanto à questão da própria resolução da mesma, o aluno precisaria de conceitos da magnetização.

Os mesmos partiriam do princípio de que os Nanoímãs são partículas magnetizadas, que poderiam ser orientados por campos magnéticos e, assim, serem direcionados para zonas específicas no corpo humano, aumentando a eficácia dos tratamentos quimioterápicos, marcando como alternativa correta à letra (E).

Diante dessa discussão se percebe que a Nanotecnologia é uma temática atual, presente constantemente nos diferentes tipos de mídia – possibilitando, assim, a contextualização da ciência e da tecnologia, com as demandas atuais da sociedade – além de se constituir como saber essencialmente interdisciplinar (ARAKI, 2007; TEDESCO; SIMIONI; PRIMO, 2007).

Por fim através dessas e outras características que o “Mundo Nano” tem sido alvo de intensos estudos e divulgações científicas em áreas diversas, permeando as disciplinas e inter cruzando-as, se estabelecendo no campo da interdisciplinaridade que defende a aproximação entre os conhecimentos como necessária ao incremento e aparecimento de objetos de pesquisa de interesse comum, a exemplo das criações Nanotecnológicas, influenciando a obrigatória mudança das ciências para além de suas fronteiras (FAZENDA et al., 2008).

### 3. PERCURSO METODOLÓGICO

Este estudo privilegia a abordagem qualitativa, que se trata de um processo e análise da realidade, através da utilização de métodos e técnicas para a compreensão detalhada do objeto de estudo em seu contexto histórico e/ou segundo sua estruturação (OLIVEIRA, 2010). Para tanto, durante o percurso da pesquisa foi feito um levantamento bibliográfico referente aos fundamentos teóricos necessários, a integrar o *corpus* da referida pesquisa, que consiste na DC, TDC, a Prática Interventiva Interdisciplinar (PIIN) e o “Mundo Nano”, logo após aplicamos a PIIN para coleta de dados e os analisamos segundo critérios que será posteriormente explicitados.

#### 3.1 Amostra

Fundamentando-nos em Oliveira (2005) a qual relata que uma pesquisa qualitativa permite a compreensão e classificação de fenômenos sociais contribuindo nos processos de mudanças, criações e até mesmo formações de opiniões de determinados grupos, interpretando as particularidades de cada indivíduo, é que nos utilizamos de tais atributos para a análise de concepções de um grupo de sujeitos.

O grupo de sujeitos da presente pesquisa consistiu em 13 licenciandos do 1º período do curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco do turno da noite que cursavam a disciplina de Biofísica. O reduzido número de sujeitos na pesquisa ocorreu pela falta de assiduidade de alguns dos licenciandos durante as intervenções nas aulas de Biofísica, nos obrigando a fazer o recorte da coleta de dados. A escolha do 1º período decorreu do fato que neste nível os alunos ainda tinham uma memória bastante recente do ensino médio, e podiam relatar as suas experiências prévias tanto com Textos de Divulgações como outras formas de contato com a abordagem da Nanotecnologia.

#### 3.2 Instrumentos metodológicos

Os instrumentos de pesquisa precisam estar alinhados ao objeto de estudo, dando suporte ao mesmo, para que sejam analisados e interpretados de forma coerente, pois

segundo Oliveira (2010, p.78), os instrumentos de pesquisa necessitam estar integralmente adequados aos objetivos do estudo, bem como os questionamentos levantados devem estar harmoniosamente sincronizada(s) com o referencial teórico. Dessa forma o quadro 03, explicita os instrumentos metodológicos de pesquisa usados na presente pesquisa, bem como, seus objetivos.

**Quadro 03.** Instrumentos metodológicos da pesquisa e seus respectivos objetivos.

<b>INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>OBJETIVOS DOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS</b>
1. Intervenção com Aplicação da Sequencia Didática Interativa (SDI) prévia e pós a Prática Docente Interdisciplinar (PDI) com posterior análise a luz da Análise de Conteúdo, proposta pela pesquisadora Bardin (2009);	Investigar o TDC como recurso didático para abordagens da Nanobiotecnologia a partir dos confrontos e inferências das concepções expostas pelos sujeitos através da SDI prévia e pós-PDI;
2. Descritores construídos para nortear a elaboração de uma PIIN a luz do TDC;	Elaborar descritores que permitam uma melhor elaboração de uma PIIN a luz do TDC;
3. Apresentação de slides (Powerpoint);	Introduzir conceitos e características fundamentais do “Mundo Nano” para os licenciandos;
4. TDC sobre Nanobiotecnologia com enfoque interdisciplinar;	Possibilitar a PDI, usar o TDC como recurso didático, contribuindo teoricamente nas discussões das abordagens Nanobiotecnológicas junto aos licenciandos;
5. Vídeo: O incrível e infinitamente pequeno Universo da Nanotecnologia.	Dinamizar para os licenciandos o conhecimento da Nanotecnologia.
6. Resumo do Manual de Divulgação Científica, produzido por Vieira (2004);	Subsidiar aos licenciandos fundamentos para a construção de TDC, como proposta final da PDI;
7. Construção de TDC pelos sujeitos de pesquisa com posterior análise fundamentada em Vieira (2004);	Analisar os recursos textuais de linguagem e forma usados pelos sujeitos de pesquisa na produção de seus TDC

**Fonte:** Autora

A partir do detalhamento dos instrumentos metodológicos e seus respectivos objetivos, passaremos a especificar de que forma utilizamos tais instrumentos nesta pesquisa.

### **3.3 Sequência Didática Interativa (SDI)**

A Sequência Didática (SD) tem sua origem na França no início dos anos 1980. Segundo Oliveira (2010), essa proposta a princípio nasceu em virtude de sanar a fragmentação do ensino da língua Francesa de modo a integrar o idioma, a ortografia, a sintaxe e as categorias gramaticais, promovendo conexões entre as mesmas, caracterizando uma proposta inovadora de ensino integrado.

A autora relata que a priori ocorreram algumas resistências, frente à mudança no ensino do idioma, nesse sentido através dos resultados de algumas pesquisas, pesquisadores da didática logo perceberam os bons resultados da implantação da SD no ensino da língua francesa.

A autora ainda menciona que no Brasil a utilização da SD, só começa a partir da publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), no ano de 1992, sendo trabalhada inicialmente no idioma como exemplo da França. Todavia, atualmente a SD, já está disseminada entre as diversas áreas do conhecimento, inclusive tem sido usada com grande êxito nas pesquisas qualitativas, na qual seguem alguns critérios de percurso, tais como: a escolha do tema a ser abordado, questionamentos para a problematização da temática escolhida, planejamentos dos conteúdos, elencar os objetivos a serem alcançados, delimitação da sequência de atividades incluindo a formação de grupos, seleção do material didático, organizar o cronograma, alinhar entre cada atividade as etapas do processo e a avaliação dos resultados.

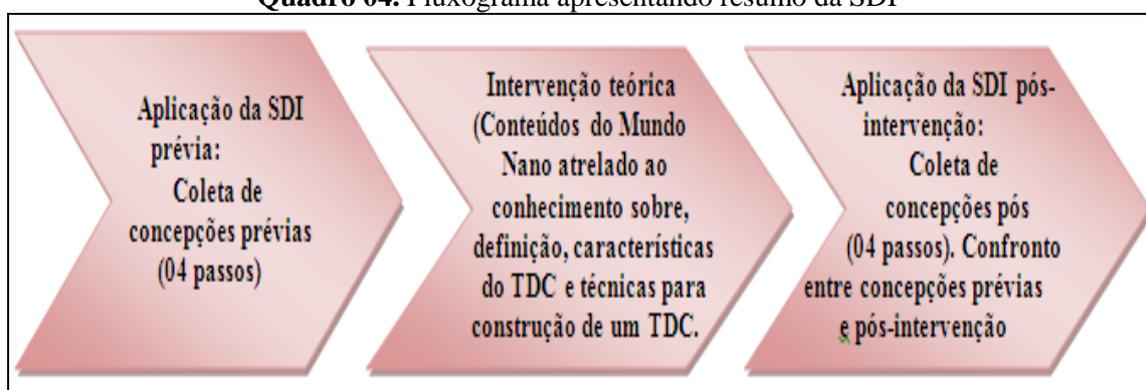
Mediante muitos estudos e análises, a SD obteve alguns incrementos, com o objetivo de conferir maior eficiência em seu uso. Portanto, a partir dessas mudanças a SD, passa a ter uma nova roupagem denominada de Sequência Didática Interativa (SDI), sendo uma nova adaptação da SD, traduzindo nova proposta didático-metodológica para ser utilizada no contexto de sala de aula, visando facilitar o processo de ensino-aprendizagem (OLIVEIRA 2013, p.58). Essa proposta desdobra-se da Metodologia Interativa, tendo como elemento principal o Círculo-Hermenêutico-Dialético (CHD).

A autora esclarece que “essa proposta tem como procedimento a reconstrução de conceitos, sobre diferentes temas dos componentes curriculares pertinentes á educação básica, cursos de licenciatura e pós-graduação” (OLIVEIRA 2013, p. 58). Portanto a partir dessa afirmação que se justifica utilizar a SDI, como proposta para a coleta de concepções prévias e pós a Prática Interventiva Interdisciplinar a luz do TDC, sobre o “Mundo Nano”, de modo a possibilitar análises sobre a construção e reconstrução de tais concepções pelos licenciandos.

- Etapas da SDI na Intervenção

Os momentos da SDI são especificados sob os fundamentos de Oliveira (2013, p. 59), interligando-os com a proposta na presente pesquisa. Será ilustrado a seguir o quadro 04 explicitando um fluxograma na qual apresenta um resumo sobre todas as etapas da SDI e logo após será discriminado de forma detalhada os itens apresentados no fluxograma, de forma a contemplar todos os passos tanto prévios como pós-PIIN.

**Quadro 04.** Fluxograma apresentando resumo da SDI



**Fonte:** Autora

### Primeiro Momento- Aplicação da SDI

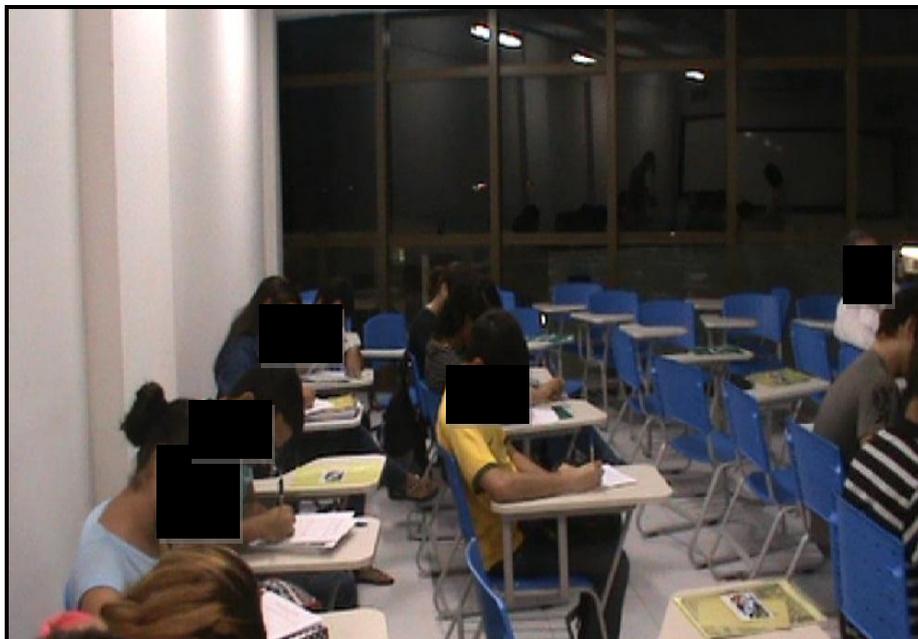
Se faz necessário informar que o primeiro momento da SDI destina-se a coleta de concepções prévias as intervenções teóricas na qual serão utilizados o TDC (PIIN). Todavia neste trabalho foram realizadas duas SDI, uma antes da PIIN a luz do TDC e uma segunda após tal prática, dessa forma quanto ao nível de organização descrevermos algumas peculiaridades das duas SDI juntas, suprimindo a repetição de parágrafos.

- Primeiro Passo: Definimos qual o tema a ser abordado em sala de aula. No caso do referido trabalho o tema foi: *As perspectivas da Nanotecnologia para a medicina (Nanobiotecnologia) e a pesquisa científica.*

A escolha de tal tema nesta pesquisa se justifica, pois a partir desse questionamento sobre a nanotecnologia aplicada a medicina e a pesquisa científica, possibilita obter dados sobre as aplicações biológicas da Nanotecnologia, ou seja, adentrar no território da nanobiotecnologia, área de interesse da referida pesquisa. Dessa forma foi possível analisarmos as concepções prévias dos licenciandos sobre seus entendimentos de Nanobiotecnologia antes da PIIN a luz do TDC, para então depois dessa intervenção, lançar novamente a mesma pergunta, realizando o confronto de tais concepções e analisando-as a luz da Análise de Conteúdo (AC) proposta por Bardin (2009), com o propósito de investigar e fazer inferências sobre as possíveis potencialidades do TDC como material de apoio didático a cooperar com aulas embasadas em abordagens Nanobiotecnológicas com enfoque Interdisciplinar corporificando uma PIIN.

Após ter definido o tema da PIIN a luz do TDC foi solicitado aos participantes que respondessem uma ficha e que nessa relatassem tudo o que eles entendiam sobre a pergunta proposta a partir do tema escolhido. Na presente pesquisa a pergunta derivada do tema e lançada aos licenciandos foi: *Que perspectivas e abrangências a Nanotecnologia pode trazer na medicina e na pesquisa científica?* E a partir dessa foram produzidos 13 concepções individuais antes e pós - PIIN a luz da TDC, de modo que resultaram no total de 26 concepções individuais.

**Figura 03.** Licenciandos na SDI individual prévia a PIIN a luz do TDC



**Fonte:** Autora

A sondagem inicial, para a construção de um conceito na primeira atividade instiga o aluno a descrever um conceito, que é resultante de um conhecimento que foi construído ao longo do tempo de suas existência/experiência, sobre a temática que se pretende trabalhar no contexto de sala de aula ou por meio de oficinas pedagógicas (OLIVEIRA 2013, p. 61). É por meio da orientação da referida autora que o presente trabalho propôs a utilizar a SDI para permitir tal coleta subsidiando investigações das concepções dos licenciandos quanto ao seu conhecimento sobre a Nanotecnologia/Nanobiotecnologia através de questionários e ainda fazer análises quanto a sua experiência com tais temas, questionando o espaço escolar como instituição a oportunizar o contato dos alunos com tais temáticas.

Segundo Passo: Depois de cada participante ter escrito seu conceito sobre TDC, foi pedido que o grupo-classe se dividisse em subgrupos e foi entregue a cada um deles uma segunda ficha solicitando que os mesmos fizessem uma síntese de todas as concepções já postas na ficha anterior, produzindo um único conceito na qual contemplem todas as concepções que cada participante colocou individualmente. Assim, foi feito na presente pesquisa formando 03 subgrupos de licenciandos antes da

PDI a luz do TDC e mais 03 subgrupos pós essa intervenção, resultando em 06 sínteses de concepções de subgrupos. Vale ressaltar que os subgrupos foram formados pelos mesmos licenciando antes e após a PIIN a luz do TDC.

**Figura 04.** Licenciandos na SDI em subgrupos prévia a PIIN a luz do TDC



**Fonte:** Autora

Terceiro Passo: Nesse passo foi solicitado que cada subgrupo escolhesse um representante, estes formaram um novo grupo e a eles foi entregue uma terceira ficha. A esse novo grupo foi solicitado que os seus participantes, sintetizassem novamente em uma única frase todas as concepções que foram colocadas por cada subgrupo, criando assim uma síntese-geral das concepções. Dessa forma, todas as visões foram contempladas desde a individual até a concepção geral. Desse modo aconteceu na presente pesquisa, acarretando em 01 síntese geral prévia a PIIN a luz TDC e 01 síntese geral após tal intervenção, resultando em 02 concepções gerais em todo o processo da SDI.

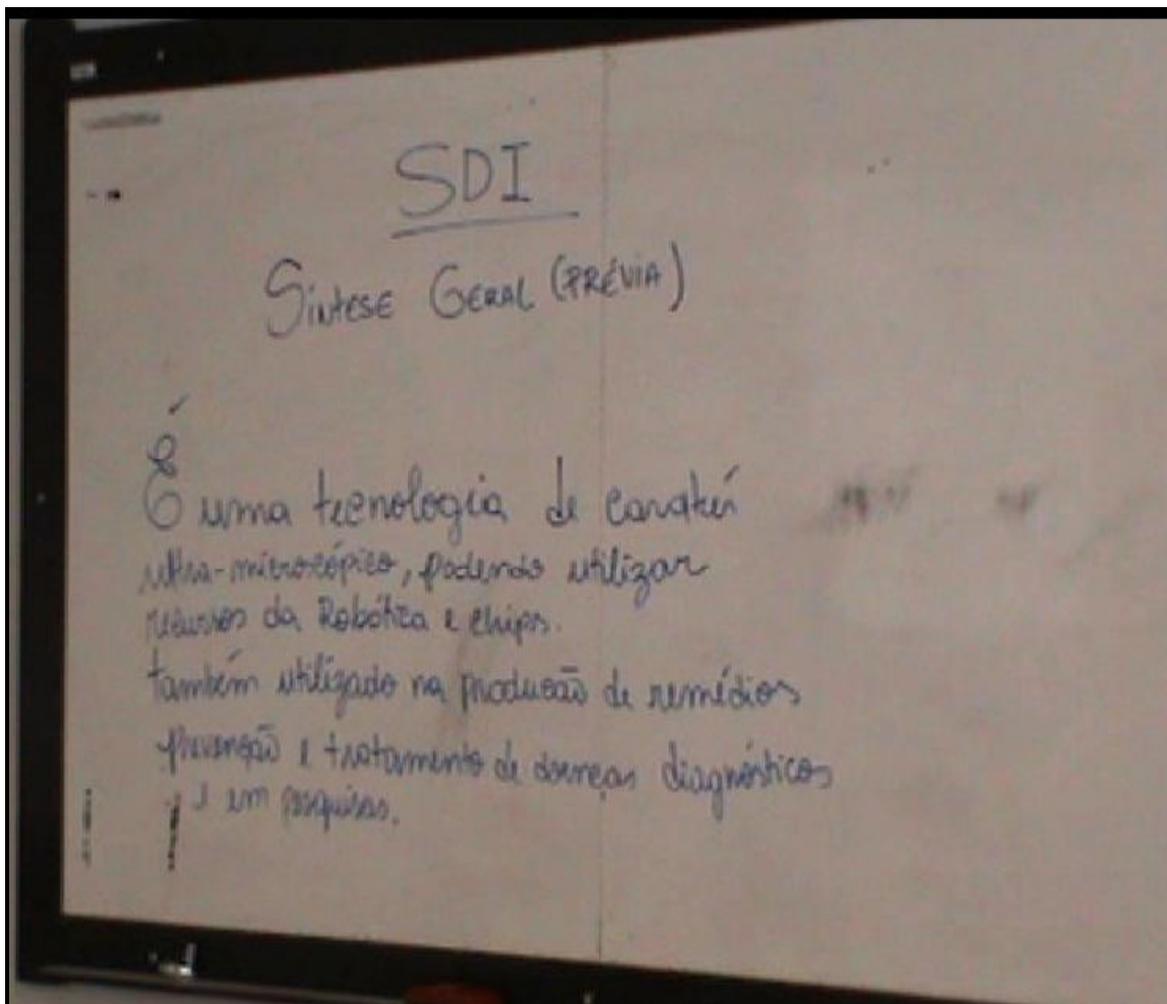
**Figura 05.** Licenciandos na SDI síntese geral prévia a PIIN a luz do TDC



**Fonte:** Autora

Quarto passo: Chegando ao último passo do primeiro momento de sondagem inicial, é concluída a primeira sequência de atividades com a uma definição final quanto a temática proposta. Dessa maneira foi conduzida a parte final desse primeiromomento, chegando a uma síntese geral a qual foi exposta para todos os licenciandos e perguntado a eles se os mesmos viam suas concepções presentes nessa definição final. Vale ressaltar que após a conclusão da segunda SDI, ou seja, pós-PII a luz do TDC, foram exposto para os licenciandos as duas definições gerais construídas por eles antes e após intervenção e discutido com os mesmos sobre as diferenças entre ambas.

**Figura 06.** Exposição da síntese prévia a PIIN a luz do TDC para posterior discussão



**Fonte:** Autora

### Segundo Momento – Prática Interventiva Interdisciplinar (PIIN)

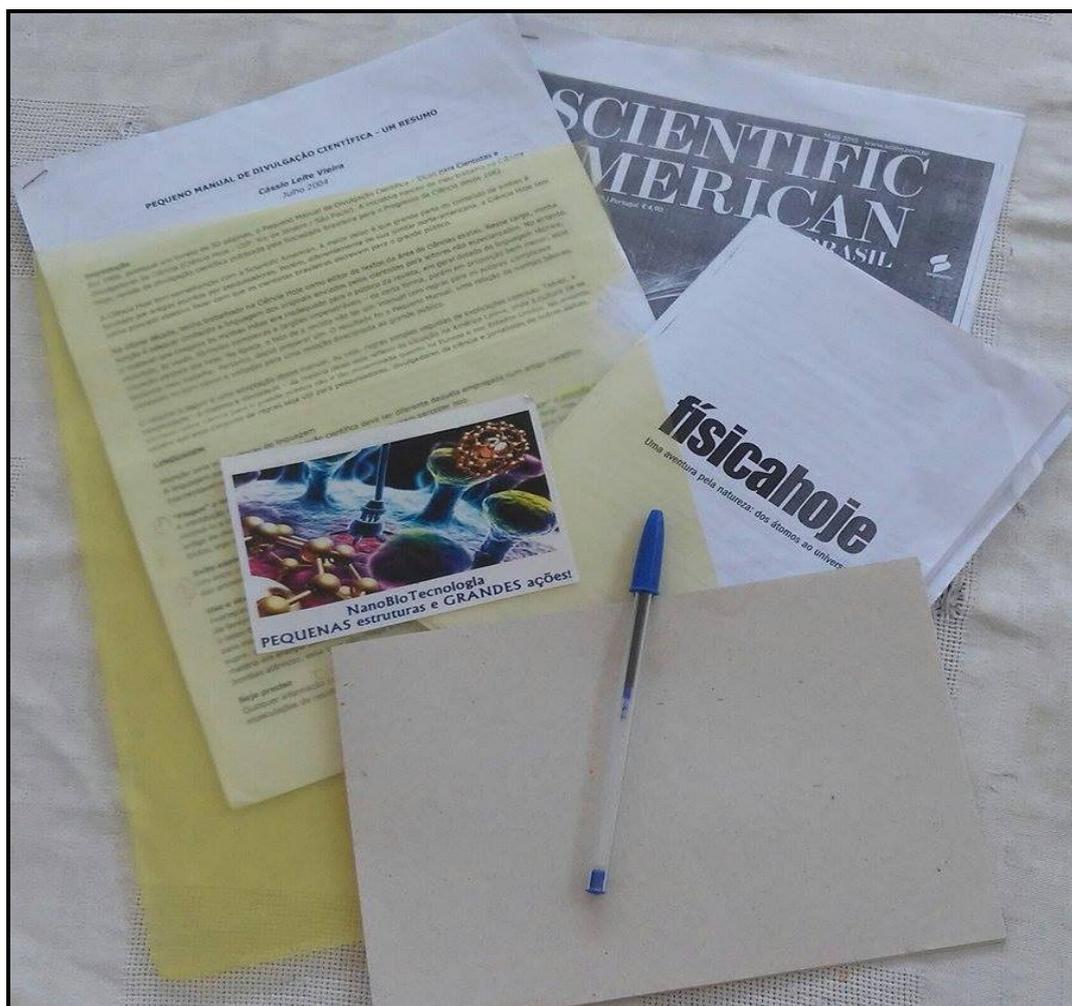
O Segundo momento da SDI se deu a partir da Prática Interventiva Interdisciplinar a luz do TDC, está prática mais as duas SDI, totalizaram quatro encontros de 2h/aulas, resultando em 8h/aulas todo o processo (ver a seguir quadro 05). Todos os encontros foram embasados nos materiais entregues previamente em uma pasta personalizada da referida prática (Pasta, canetas, bloco de anotações e diversos textos).

**Quadro 05.** Divisão do total de 8h/aulas destinada à coleta de dados em sala de aula da referida pesquisa

<b>DIVISÃO DE HORÁRIO ENTRE SDI E PIIN Á LUZ DO TDC REALIZADOS NESTA PESQUISA</b>		
<b>ETAPAS REALIZADAS</b>	<b>CONTEÚDOS ABORDADOS</b>	<b>DURAÇÃO/DIA</b>
<b>SDI prévia a PIIN á luz do TDC + Parcial da PIIN á luz do TDC</b>	Coleta de concepções prévia + Conteúdos do “mundo nano”	2h/aula (02/06/15)
<b>PIIN á luz do TDC</b>	Conteúdos do “mundo nano”	2h/aula (09/06/15)
<b>SDI prévia a PIIN á luz do TDC</b>	Coleta de concepções pós + Conceito, características e como construir um TDC	2h/aula (11/06/15)
<b>PIIN á luz do TDC (Feedback das construções de TDC)</b>	Feedback sobre a análise das construções de TDC segundo critérios elencados por Vieira (2004) em seu Manual de DC.	2h/aula (18/06/15)

**Fonte:** Autora

**Figura 07.** Pasta com materiais usados pelos participantes durante as intervenções da PIIN a luz do TDC

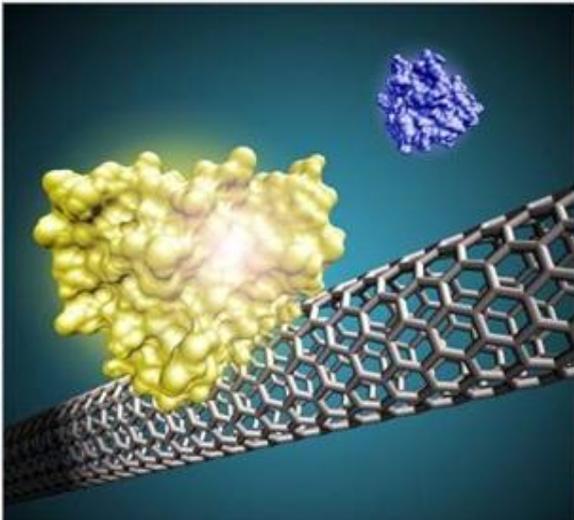


**Fonte:** Autora

A partir do plano de aula (Ver Apêndice A) elaborado para os quatro encontros, foi possível a discussão das características acerca do “Mundo Nano”, utilizando uma apresentação em slides (Powerpoint), pois segundo a autora supra “a fundamentação teórica pode ser apresentada com a exposição em slides (Powerpoint), documentários, imagens, entre outros, sempre em constante diálogo com os participantes” (p. 60), e auxiliando a aula a discussão de alguns TDC sobre tais temáticas com enfoque Interdisciplinar suscitando dos licenciados o constante diálogo e questionamentos.

**Figura 08.** Slides sobre Nanobiotecnologia elaborados para a utilização na PIIN a luz do TDC

**NANOTubos**



Tudo foi possível porque os nanotubos de carbono apresentam uma alteração em sua resistência elétrica quando um proteína toca neles.  
[Imagem: Oregon State University]

Tudo foi possível porque os nanotubos de carbono apresentam uma alteração em sua resistência elétrica quando um proteína toca neles.

Essa alteração elétrica, que pode ser medida externamente, varia de uma proteína a outra, permitindo que o sensor acuse a presença de proteínas específicas.

**NanoBioTecnologias Artificiais**

**NANOfármacos\***



**NANOsensores**



\*Fármacos de liberação controlada (GENNARO, 2004).

CONCEIÇÃO, A. P. S.

Fonte: Autora

Figura 09. Slides das matérias extraídas nos TDC pré-selecionados e exploradas na PIIN a luz do TDC

**NANOMEDICINA EM BREVE**

**ATADURA MAIS INTELIGENTE**

**Problemática p. 31**

No centro Militar de San Antonio, no Texas, cirurgiões haviam enxertado cuidadosamente tecido saudável sobre suas queimaduras e ferimentos, utilizando procedimentos de micro cirurgia para conectar seus vasos sanguíneos à nova pele. Ainda assim, os pacientes enfrentavam uma recuperação incerta. Os vasos talvez não fornecessem suficiente oxigênio para os transplantes progredirem.

CONCEIÇÃO, A. P. S. (SCIENTIFIC AMERICAN, 2015)

---

**NANOMEDICINA NAS PRÓXIMAS DÉCADAS**

**LANCEM OS NANOBÔS**

**Problemática p. 34**

Agente terapêuticos diminutos e inteligentes navegam por conta própria pelo corpo afim de chegarem em locais específicos do corpo.

CONCEIÇÃO, A. P. S. (SCIENTIFIC AMERICAN, 2015)

Fonte: Autora

Figura 10. Slides sobre o conceito e uso do TDC elaborados para a utilização na PIIN a luz do TDC

# Divulgação Científica - DC

CONCEIÇÃO, A. P. S.

# Como elaborar um TDC?

CONCEIÇÃO, A. P. S.

Fonte: Autora

Quanto a esse último à autora esclarece que o professor/coordenador deverá ter uma proposta pedagógica ou metodologia de trabalho, como exemplo a Interdisciplinaridade, logo, percebemos o alinhamento da proposta da autora com os recursos usados na presente pesquisa, utilizando os TDC como recurso didático da presente prática docente, esta dentro de uma perspectiva Interdisciplinar.

Quanto aos conteúdos sobre Nanotecnologia/Nanobiotecnologia que foram apresentados e discutidos com os alunos, são especificados no quadro 06, discriminando seus objetivos e as datas dos encontros.

**Quadro 06.** Conteúdos sobre Nanotecnologia/Nanobiotecnologia apresentados em slides na PIIN à luz do TDC e seus respectivos objetivos e datas dos encontros

<b>CONTEÚDOS SOBRE NANOTECNOLOGIA/NANOBIOTECNOLOGIA MINISTRADOS NA PRÁTICA INTERVENTIVA INTERDISCIPLINAR A LUZ DO TDC (PIIN Á LUZ DO TDC)</b>	<b>OBJETIVOS DOS CONTEÚDOS</b>	<b>DATAS (2015)</b>
<b>1. A grandeza do Mundo Nano (Escala Nanométrica).</b>	Subsidiar a apresentação matemática da escala Nanométrica, comparando as diversas estruturas biológicas nessa escala;	02/06
<b>2. Produtos de mercado que usam a Nanotecnologia.</b>	Possibilitar a percepção da Nanotecnologia no cotidiano;	02/06
<b>3. Gerações de desenvolvimento e aplicações da Nanotecnologia/ Nanobiotecnologia.</b>	Entender como sucedeu o desenvolvimento da Nanotecnologia/Nanobiotecnologia e as perspectivas futuras;	02/06
<b>4. Iniciativas regulatórias quanto ao uso da Nanotecnologia no Brasil.</b>	Explicar a situação legislatória da produção científica da Nanotecnologia;	02/06
<b>5. Nanotecnologias, limites e possibilidade.</b>	Oportunizar o entendimento sobre os potenciais e efeitos dos produtos Nanotecnológicos na natureza e a repercussão social;	02/06
<b>6. Nanobiotecnologias Naturais: A relação permanente da biologia, química e física.</b>	Perceber os componentes Nanotecnológicos existentes na natureza e nos seres vivos, focando suas estruturas químicas e biológicas bem como as forças físicas necessariamente existentes para a constituição dos mesmos;	09/06
<b>7. A Interdisciplinaridade do “Mundo Nano”.</b>	Identificar as relações interdisciplinares entre disciplinas tradicionais com novas áreas específicas da Nanotecnologia, técnicas e produtos elaborados a partir dessas conexões;	09/06
<b>8. Nanobiotecnologias Artificiais: Nanofármacos.</b>	Analisar a introdução dos conhecimentos Nanotecnológicos na medicina e farmacologia integrando diversas ciências, de modo a	

	potencializar a produção de fármacos superando muitas barreiras biológicas na quais os medicamentos tradicionais se tornam impotentes;	09/06
<b>9. Nanobiotecnologias Artificiais: Nanosensores.</b>	Investigar como sensores em escala “Nano”, auxiliam a medicina e como integram conhecimentos de diversas áreas;	09/06
<b>10. TDC: Definição, tipos e objetivos.</b>	Permitir o conhecimento das potencialidades do TDC como recurso didático;	11/06
<b>11. TDC: Características para a produção em relação à linguagem. e forma (Estudo do resumo do Manual de Divulgação Científica, produzido por Vieira (2004);)</b>	Propiciar elementos para a construção de TDC;	11/06

**Fonte:** Autora

Na PIIN a luz do TDC sobre a Nanotecnologia / Nanobiotecnologia os temas foram expostos com slides e textos científicos extraídos do livro *Física hoje uma aventura pela natureza: dos átomos ao Universo* do ano de 2007, p. 68-83 (Ver anexo 8). Neste livro podem ser encontradas várias temáticas do ensino da física contemporânea de forma contextualizada. O quadro 07 explicita os temas dos textos extraídos desse livro e os resumos das discussões suscitadas pelos mesmos.

**Quadro 07.** Temas extraídos do livro (*Física hoje uma aventura pela natureza: dos átomos ao Universo*) e suas respectivas discussões suscitadas na PIIN à luz do TDC

TEMAS DOS TDC DO LIVRO	DISCUSSÕES SUSCITADAS A PARTIR DOS TEMAS DO LIVRO
Nanossensores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensores químicos e biológicos de polímeros Nanoestruturados agindo como “línguas e Narizes” eletrônicos na detecção de várias moléculas lineares inclusive o DNA. Essa detecção é possível graças às mudanças de condutividade da corrente elétrica das moléculas ao passar Nanoporos.</li> </ul>
Nanossensores como marcadores biológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produção de marcadores biológicos fluorescentes, possibilitando o rastreamento de moléculas receptoras, por muito tempo.</li> </ul>
Nanopartículas de materiais ferrofluidos dependente do campo eletromagnético.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nanopartículas de materiais ferromagnéticos gerando ferrofluidos capazes de transportar drogas pelo corpo ou até mesmo de associar a anticorpos identificando células tumorais. Toda essa ação sendo controlado por campos eletromagnéticos no corpo humano.</li> </ul>
Adição de Nanopartículas em produtos diversos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencialização da ação de produtos pela incorporação das Nanopartículas sem comprometer a composição química dos mesmos. Liberando controladamente, através da pele, fármacos, hormônios e até agente de defesa contra ameaças químicas ou biológicas.</li> </ul>
Nanotubos de Carbono (NTCs)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estruturas tubulares de alguns Nanômetros de diâmetro enrolados em folha de grafite. Esses, por suas características físicas se comportam como excelentes condutores ou semicondutores sendo aplicados em Nanodispositivos extremamente rápidos e eficientes.</li> </ul>

**Fonte:** Autora

Na PIIN á luz do TDC, foi utilizado a RDC Scientific American Brasil nº 156, do ano de 2015, p. 27-35 (Ver anexo 9) que destinou em seu conteúdo um grande espaço para o futuro da Medicina. Dentre esses conteúdos a RDC, trás estudos que envolvem a Nanobiotecnologia, mais especificamente a Nanomedicina esclarecendo sobre os novos meios de enfrentar o câncer, curar ferimentos e conduzir medicamentos ao interior das células. Os temas tratados neste periódico foram: *Identificação através de Nanodispositivos, Medicamentos anticancerígenos atingem seu alvo, Ataduras mais inteligentes e lancem os Nanobôs*. Os assuntos relativos a esses temas são elencados no quadro abaixo com suas respectivas abordagens na PIIN a luz do TDC da presente pesquisa.

**Quadro 08.** Conteúdos derivados dos subtemas dos TDC da RDC, com suas respectivas abordagens suscitada na PIIN a luz do TDC

SUBTEMAS DOS TDC DA RDC	ABORDAGENS DOS TDC NA PIIN A LUZ DO TDC
Criação e Identificação molecular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Métodos rápidos e baratos para a identificação de Moléculas como o DNA, facilitando as pesquisas científicas.</li> </ul>
Nanofármacos X Fármacos tradicionais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distintamente dos fármacos tradicionais os Nanofármacos que são encapsulados em nanoestruturas conduzem e liberam medicamentos em tumores, com maior eficiência e direcionamento, menores riscos de ativação da malignidade tumoral e diminuição de dosagens e efeitos colaterais.</li> </ul>
Nanossensores no desenvolvimento de ataduras inteligentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pacientes usando ataduras inteligentes construídas a partir de Nanomoléculas que aceleram a cicatrização a cicatrização de ferimentos graves, ou indicando aos médicos através da mudança de cor, quando essa cicatrização não ocorre de forma adequadamente, sendo distinto dos curativos tradicionais na qual não se tem o controle instantâneo da situação do ferimento.</li> </ul>
Pesquisa do futuro: Uso de Nanobôs no auxílio a terapias medicinais.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais adiante pesquisadores da Nanoengenharia espera acoplar diminutos motores moleculares a medicamentos, orientando-os através da corrente sanguínea até seus alvos.</li> </ul>

**Fonte:** Elaborado pela autora com base na RDC Scientific American Brasil (2015, p. 27-35)

A escolha dos TDC do livro e da Revista como recurso didático para uma PIIN á luz do TDC, concorda com nossa fundamentação teórica, pois o ideal para essa prática se dá pela união do livro como material de apoio didático tradicional, enriquecendo as possíveis discussões com o TDC extraído de Revista de Divulgação Científica (RDC) atualizada. Tal união mediada pelo professor, fazendo as conexões com outras áreas, permite aos alunos irem além do conhecimento específico do tema, colaborando para uma aprendizagem Interdisciplinar na escola.

Após a discussão dos conteúdos propostos sobre o “Mundo Nano” através do TDC com enfoque Interdisciplinar, foi elaborada a segunda SDI, semelhante a primeira SDI, com o propósito da coleta de dados após os licenciandos terem o contato com as temáticas já mencionadas da PIIN a luz do TDC. É importante ressaltar que o orientador da presente pesquisa esteve presente em todos os momentos da coleta de dados da pesquisa, participando até mesmo das discussões junto aos graduandos pesquisados.

**Figura 11.** Licenciandos na SDI individual pós-PIIN a luz do TDC



**Fonte:** Autora

**Figura 12.** Licenciandos na SDI em subgrupos pós-PIIN a luz do TDC



**Fonte:** Autora

**Figura 13.** Licenciandos na SDI síntese geral pós-PIIN a luz do TDC

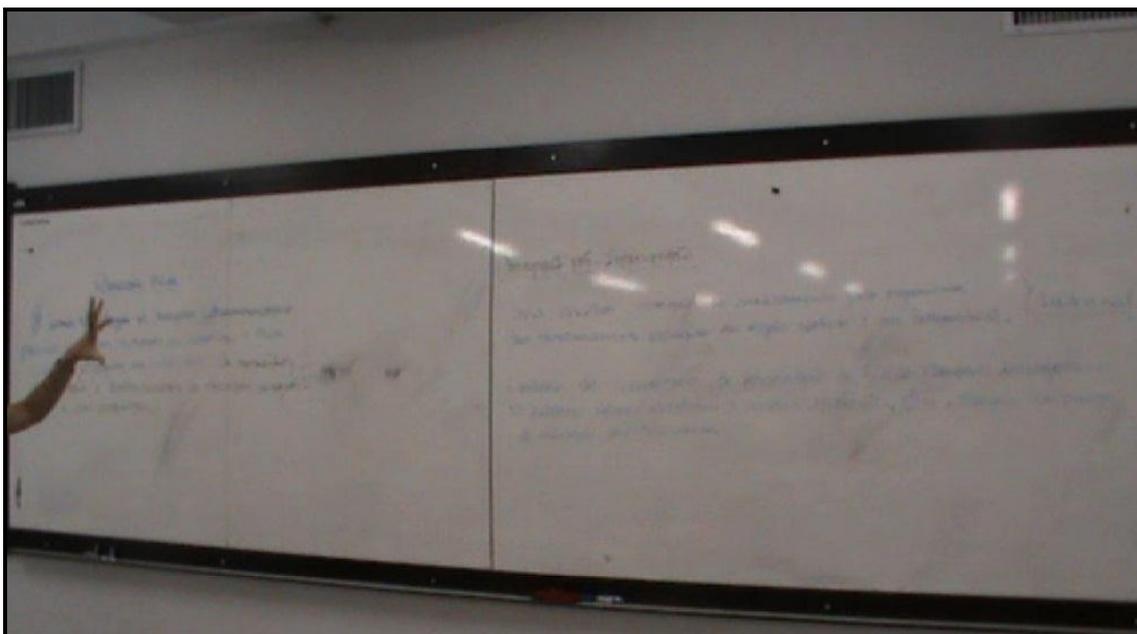


**Fonte:** Autora

Como último passo da segunda SDI a síntese geral produzida foi escrita na lousa da sala de aula, lida e discutida com os licenciandos. Logo após, foi também escrita a seu lado a síntese geral da primeira SDI (concepções prévias da PIIN a luz do TDC), e a partir

disso foi feito o confronto entre ambas concepções, analisando as diferenças quanto ao conteúdo específico sobre o “Mundo Nano” e sua Interdisciplinaridade, como também foi realizada uma reflexão acerca dos potenciais didáticos do TDC, quanto as suas contribuições na presente PIIN a luz do TDC.

**Figura 14.** Exposição para o confronto da síntese prévia e pós-PII a luz do TDC para posterior discussão



**Fonte:** Autora

Consecutivamente foi proposto aos licenciandos à criação de três TDC com temáticas da Nanotecnologia/Nanobiotecnologia, pelos subgrupos formados na SDI. Dois artigos científicos e um vídeo foram usados como motivadores no desenvolvimento desses TDC: Artigo Científico 1: *Nanomedicina e terapia de doenças pulmonares* (Ver anexo 1), publicado em um periódico virtual denominado Einstein, situado na sessão de avanços médicos, no ano de 2014; Artigo Científico 2: *Nanofármacos e o futuro da terapêutica: aplicações, representantes, metodologias e inovações* (Ver anexo 2), um trabalho apresentado na IV Semana de Iniciação Científica de Juazeiro do Norte- BA entre os dias 17 a 20 de outubro de 2012; Vídeo : *O incrível e infinitamente pequeno Universo da Nanotecnologia* (Ver anexo 3), patrocinado pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), disponibilizado em 2014 no site do You Tube ([www.youtube.com](http://www.youtube.com)) e apresentando durante a PIIN.

A produção de TDC corrobora com a sequência de atividades descritas por Oliveira (2013), relatando que para o fechamento da SDI, ela sugere que se construa um novo conhecimento, produzindo um novo saber, podendo solicitar aos participantes que façam uma pesquisa sobre a temática trabalhada e que a partir dessa se construa um pequeno texto ou relatório sobre a sequência de atividades realizada, interligando-as a teoria trabalhada em sala de aula. E ainda especifica que para os alunos de licenciatura deve ser solicitada a produção de artigo científico.

Para facilitar a produção textual dos licenciandos foi incluída durante as apresentações dos conteúdos da PIIN uma discussão sobre as características de um TDC e como produzi-lo com base no resumo do Manual de Divulgação Científica, produzido por Vieira (2004) (Ver anexo 4).

Para produção textual foram disponibilizados 07 dias (á contar do dia 12/06/15 á 18/06/17). Quanto à apresentação dos TDC os subgrupos fizeram oralmente, relatando sobre o conteúdo e ao mesmo tempo sobre a linguagem e forma usadas para torna-lo o mais acessível ao público não especializado. Consecutivamente, após o término das apresentações, foram discutidos junto aos licenciandos alguns pontos sobre a elaboração de seus TDC (Ver Anexo 5, 6 e 7), ressaltando os acertos os classificando dentro da proposta do resumo do Manual de DC usado nessa prática. Foi também observado se os textos contemplavam a Interdisciplinaridade.

É importante enfatizar que esses TDC produzidos pelos licenciandos foram produtos de um processo formativo que contribuiu na investigação desta pesquisa, como também foi usada como ferramenta de avaliação parcial da disciplina de Biofísica.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentadas e discutidas as produções dos licenciandos ao longo de toda PDI a luz do TDC, inclusive das SDI aplicadas nesta pesquisa. Desse modo, serão apresentadas as concepções individuais, grupais e as sínteses gerais das SDI realizadas pelos licenciandos sobre Nanobiotecnologia, visando investigar quais as possíveis contribuições dos TDC como material de apoio didático a promover PIIN.

Para tanto utilizamos a Análise de Conteúdo (AC), proposta por Bardin (2009), verificando como o TDC pode ser no usado no auxílio a abordagens Nanobiotecnológicas contribuindo para aulas com temáticas contemporâneas e juntamente a essa, investigar os contributos em usar o TDC como recurso didático a possibilitar a melhoria do ensino aprendizagem em sala de aula. Utilizamos também a mesma técnica da AC, para caracterizamos uma PDIIN a luz do TDC, a partir dos descritores criados nesta pesquisa, tomando como padrão a pratica realizada na mesma.

E ainda, a partir dos TDC elaborados pelos licenciandos fizemos outra AC, baseada no resumo do Manual de Divulgação Científica, segundo Vieira (2004) detalhando que recursos para a produção textual que foram explorados pelos licenciandos, bem como os que poderiam ser explorados e também os possíveis equívocos apresentados.

### **4.1 Análise de Conteúdo (AC) na investigação do TDC como recurso didático através das concepções dos licenciandos**

A técnica da análise será explicada mediante o relato no desenrolar da SDI aplicada durante a PIIN à luz do TDC.

Para interpretarmos as concepções dos licenciandos durante as SDI prévias e pós-PDI a luz do TDC, optamos pela técnica de análise de conteúdo (BARDIN, 2009). Segundo a

autora, esse tipo de análise é organizada em algumas fases, e são elas: a pré-análise (Permitindo a leitura flutuante, escolha dos documentos, preparação do material e referenciação dos índices e a elaboração dos indicadores), a exploração do material coletado e, por fim, o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação.

Quanto à pré-análise ela se constitui na primeira fase, onde o pesquisador realiza uma leitura flutuante, permitindo-se invadir pelas primeiras impressões do material coletado. Consecutivamente, movido por suas intuições, ele sistematiza as ideias iniciais, com base em um referencial teórico, objetivos e questão de pesquisa, caso eles já tenham sido definidos previamente. Ainda nessa fase, é definido o *corpus* de análise (documentos que serão efetivamente analisados), os objetivos, hipóteses (caso não tenham sido definidos) e indicadores que irão fundamentar a interpretação do material coletado.

Visando a definição do *corpus*, Bardin (2009) recomenda que sejam seguidas quatro regras:

1. Regra da exaustividade: compreende o levantamento de todo material que deverá ser analisado, tendo o cuidado de incluir/categorizar todos os elementos considerados significativos.
2. Regra da representatividade: todo o material escolhido para análise deve representar fielmente o universo da pesquisa.
3. Regra da homogeneidade: os documentos escolhidos deverão ser organizados de forma a contemplar um único critério de classificação.
4. Regra de pertinência: os documentos selecionados devem ser condizer com os objetivos da pesquisa.

Foi realizada a pré-análise, tendo em vistas todas as regras citadas, começamos com a leitura flutuante das concepções dos licenciandos durante as SDI, tendo em vista os objetivos, questão de pesquisa e fundamentação já elaboradas previamente. Logo após, definimos as concepções a serem usadas na pesquisa, pois muitas delas estavam incompletas devido à falta de alguns licenciandos durante todos os encontros da prática.

Para a organização da pesquisa cada licenciando recebeu um número o qual foi usado durante toda a pesquisa, servindo de indicação do mesmo na escrita de suas concepções. Para facilitar as análises os licenciandos foram codificados pela letra L, partindo-se de L1, L2, L3, L4, L6, L9, L11, L12, L13, L15, L16, L17 e L18. Os Licenciandos que não aparecem nessa lista foram aqueles que iniciaram a PIIN, porém foram excluídos pela ausência durante às atividades.

A segunda fase consiste na exploração do material onde o pesquisador se debruça sobre o *corpus* da pesquisa e procura codificar, decompor e enumerar em função de regras previamente estabelecidas (BARDIN, 2009). Assim, será possível elencar as categorias de análise, atentando para os objetivos da pesquisa, hipóteses formuladas e referencial teórico construído.

Nesse sentido é através da categorização podendo acontecer de forma teórica (já estabelecidas a priori) ou empíricas (surgem dos dados da pesquisa) que serão criadas as categorias de análise. Fundamentando essas últimas, Bardin (2009) nos indica a necessidade de elencar as unidades de registro (também chamadas de unidades de análise, sendo representadas por palavras, temas, acontecimentos e outros) e também as unidades de contexto (unidades que contextualizam extraídas dos sujeitos de pesquisa que fundamentam as unidades de análise).

Bardin (2009) ainda esclarece que um conjunto de boas categorias necessita contemplar algumas qualidades, tais como:

- Exclusão mútua: um elemento não pode estar presente em mais de uma categoria;
- Homogeneidade: cada categoria deve obedecer a uma única dimensão de análise;
- Pertinência: as categorias elencadas precisam estar condizentes ao material escolhido, adequando-se também ao referencial teórico construído, objetivos e questões levantadas.
- Objetividade e fidelidade: definir claramente as variáveis e os índices, tendo o cuidado em elencar cada elemento em uma categoria. É importante evitar distorções causadas pela subjetividade do pesquisador.

- Produtividade: apresentar resultados confiáveis e exatos, decorrentes de inferências e interpretações bem feitas.

Para tanto, elencamos de acordo com o objetivo específico (Investigar o TDC como recurso didático que possibilitem abordagens da Nanobiotecnologia) as categorias teóricas (*TDC como recurso didático e TDC como recurso para abordagens do “Mundo Nano”*) empíricas (*cientificidade, contexto, Interdisciplinaridade, atualização e Nanoeducação*) e subcategorias (*familiarização com os termos científicos, aplicabilidade, abordagens Interdisciplinares, temas contemporâneo e a evolução do conceito de pesquisa da Nanobiotecnologia*) derivadas dessas a partir das concepções dos licenciandos, que por sua vez originaram as unidades de registro e de contexto.

**Quadro 09.** Processo de categorização para a validação do TDC como recurso didático, para abordagens do “Mundo Nano”

<b>CATEGORIAS TEÓRICAS</b>	<b>CATEGORIAS EMPÍRICAS</b>	<b>SUBCATEGORIAS</b>	<b>UNIDADES DE REGISTRO (TEMAS)</b>	<b>UNIDADES DE CONTEXTO*</b>
TDC como Recurso didático	Cientificidade	Familiarização com termos científicos	Vocabulário científico	<p>As perspectivas são ótimas já que há vários estudos na área de nanofármacos, nanorôbos [...] (L3).</p> <p>Trará novas formas no tratamento de doenças e manipulação de células (Concepção prévia-Subgrupo 01)</p> <p>[...], podendo utilizar recursos da robótica e chips. Também utilizado na produção de remédios, prevenção e tratamentos de doenças, diagnósticos em pesquisas (Concepção prévia-Síntese geral).</p>
	Contexto	Aplicabilidade	Contextualização dos conteúdos	<p>Melhoria nos diagnósticos, tratamentos e prevenção de doenças e síndromes (L2)</p> <p>Otimização do tratamento e diagnósticos de doenças, por meio e Nanoestruturados, que protegem os medicamentos e facilitam sua entrada no organismo, proporcionando uma absorção mais rápida (Concepção pós Subgrupo 01).</p> <p>Melhor absorção do medicamento pelo organismo (nanofármacos), [...] Criação de nanorobôs, formação de tecidos (roupas) e ataduras inteligentes, protetores solares e incolores mais eficientes. Extensão do prazo de validade dos alimentos (Concepção pós-síntese geral).</p>

	Interdisciplinaridade	Abordagens interdisciplinares	Ultrapassando os limites disciplinares	<p>Várias formas de combate e controle de doenças através de mecanismos cada vez mais eficientes (L4).</p> <p>Sua principal contribuição na medicina são os nanofármacos, capazes de ultrapassar barreiras biológicas [...] (Concepção prévia-Subgrupo 03).</p> <p>Melhor absorção do medicamento pelo organismo (nanofármacos), [...] Criação de nanorobôs, [...] ataduras inteligentes, protetores solares e incolores mais eficientes. Extensão do prazo de validade dos alimentos (Concepção pós-síntese geral).</p>
TDC como recurso para abordagens do “Mundo Nano”	Atualização	Temas Contemporâneos	Nanotecnologia aplicada a Nanobiotecnologia e a Nanomedicina	<p>[...] promovendo uma melhoria no que se refere para o tratamento de doenças e outras enfermidades (L6).</p> <p>Trará novas formas no tratamento de doenças e manipulação de células (Concepção prévia-Subgrupo 01).</p> <p>Melhor absorção do medicamento pelo organismo (nanofármacos), [...] Criação de nanorobôs, formação de tecidos (roupas) e ataduras inteligentes, protetores solares e incolores mais eficientes. Extensão do prazo de validade dos alimentos (Concepção pós-Síntese geral).</p>
	Nanoeducação	Evolução do conceito de Pesquisa da Nanobiotecnologia	Exemplificação de avanços científicos da Nanobiotecnologia	<p>Eles servem como carregadores de remédios e são uma forma da pesquisa ser feita de forma nanométrica e mais avançada, mais direta, por exemplo, no câncer para destruir células específicas (L18).</p> <p>Otimização do tratamento e diagnósticos de doenças,</p>

				<p>por meio e nanoestruturados, que protegem os medicamentos e facilitam sua entrada no organismo, proporcionando uma absorção mais rápida (Concepção pós-Subgrupo 01).</p> <p>[...] Também utilizado na produção de remédios, prevenção e tratamentos de doenças, diagnósticos (Concepção prévia-Síntese geral).</p>
<b>*Estão expressos apenas alguns exemplos da unidade de contexto</b>				

Fonte: Autora

Após a categorização seguimos, portanto, para a última fase, onde ocorre o tratamento dos resultados, inferências e interpretação. Aqui, será dada voz ao material coletado através de inferências por parte do pesquisador. Para a apresentação dos dados, é recomendada a criação de tabelas, quadros e/ou matrizes, além de inferências, interpretações e discussões fundamentadas no quadro teórico desenvolvido pelo pesquisador. Relembramos que a coleta de dados especificamente da SDI, procedeu a partir de tal questionamento: *Que perspectivas e abrangências a Nanotecnologia pode trazer na medicina e na pesquisa científica?*

As análises das concepções dos licenciandos ocorreram de forma distinta, porém todas foram investigadas mediante a inserção das mesmas nas subcategorias de *familiarização com os termos científicos, aplicabilidade, abordagens Interdisciplinares, temas contemporâneos e evolução do conceito de pesquisa da Nanobiotecnologia*. Abaixo serão selecionados os critérios de análise das diversas concepções coletadas.

**Quadro 10.** Critério de análise das concepções utilizadas na pesquisa.

- **Concepções Individuais:** Apenas analisadas as concepções pós-PIIN a luz do TDC, com exceção da última subcategoria (*evolução do conceito de pesquisa da Nanobiotecnologia*), nessa as concepções individuais foram investigadas através do confronto de ambas.
- **Concepções por subgrupo:** Analisadas através do confronto concepções entre as prévias e pós-PIIN a luz do TDC.
- **Concepções da síntese geral:** Analisadas através do confronto entre as concepções prévias e pós-PIIN a luz do TDC

**Fonte:** Autora

#### • **Familiarização com termos científicos**

Essa subcategoria foi elencada, pois uma das importantes funções dos TDC é a aproximação do mundo científico à sociedade, contribuindo para uma alfabetização científica, logo através das leituras, termos e conceitos próprios desse meio passa a fazer parte do vocabulário dos leitores, pois de acordo com Rocha (2010), o conceito de alfabetização científica tem merecido, nos últimos anos, a atenção de inúmeros educadores e pesquisadores, com o desconhecimento dos conceitos mais elementares de

ciências por parte das populações até mesmo dos países desenvolvidos. Esta preocupação volta-se para o fato de que a complexidade da vida moderna exige das pessoas noções básicas em ciências que as permitam participar do mundo em que vivem.

### Vocabulário Científico

#### - CONCEPÇÕES INDIVIDUAIS

Sabendo que a aplicação do TDC em sala de aula como recurso didático promove a ampliação do universo lexical e da competência linguística do aluno (ROCHA 2010), logo, essa unidade de registro investiga tal ação explicitando a situação dos licenciandos, quanto ao nível de vocabulário científico, tendo em vista as leituras e discussões sobre as temáticas dos TDC aplicados na PDI. Nesse sentido L1, L3, L11 e L18, em suas concepções individuais, descreveram termos científicos mais específicos da ciência, não usuais no cotidiano.

As perspectivas que a nanotecnologia pode trazer são: - Estudo do sequenciamento do DNA de forma rápida. [...] - Possibilidade de tratamento efetivo contra câncer, onde os medicamentos poderiam penetrar facilmente na massa tumoral. – Tornar possível o tratamento de doenças que acometem o sistema nervoso central, como a tuberculose, pois o medicamento atravessa barreiras Hematoencefálicas. – Possibilidade de um desenvolvimento de canais iônicos e poros sintéticos, [...] - Criação de nanorobôs ou nanossondas que detectam doenças, como um tratamento direcionado [...] (L1).

As perspectivas são ótimas já que há vários estudos na área de nanofármacos, nanorôbos [...] (L3).

A principal perspectiva é de otimizar a aplicação de medicamentos com auxílio de estruturas nanométricas, que conduzem tais medicamentos [...] (L11).

[...] Para a medicina, principalmente nos nanofármacos é uma forma inovadora de agir com os remédios no corpo. [...] Conseguem identificar proteínas e ainda a Porina Mpa, por exemplo, que identifica o DNA, além de poder ajudar no próprio conhecimento da ciência em relação a estrutura (L18).

Quanto aos demais licenciandos construíram suas ideias sobre a Nanotecnologia de forma superficial, porém não citaram termos específicos que foram explorados na PIIN a luz do TDC, a exemplos temos L06 e L13.

Ele pode seguir [...] promovendo uma melhoria no que se refere para o tratamento de doenças e outras enfermidades e um aproveitamento maior dos recursos naturais para fabricação de itens mais eficazes (camisas, alimentos e afins) (L06).

A nanotecnologia [...], a medicina com certeza será muito beneficiada e com isto a humanidade terá a cura ou até a erradicação de várias doenças e problema que hoje se tem tanta dificuldade em resolvê-los (L13).

A partir das descrições acima de L06 e L13, vemos que ambos falam da importância da nanotecnologia para as questões de saúde, porém, não cita nenhum termo específico discutido durante a PIIN.

## - CONCEPÇÕES POR SUBGRUPOS

### Subgrupo 01

Quanto à análise dos subgrupos resultantes das sínteses individuais, temos que o subgrupo 01 apresentou na concepção prévia a PIIN a luz do TDC sobre a Nanotecnologia um vocabulário simples com uma linguagem usual, porém na concepção pós PIIN a luz do TDC, nota-se a inserção de palavras específicas ao vocabulário científico, bem como a construção de uma ideia introduzindo explicações mais fundamentadas.

Trará novas formas no tratamento de doenças e manipulação de células (Concepção prévia-Subgrupo 01).

Otimização do tratamento e diagnósticos de doenças, por meio e Nanoestruturados, que protegem os medicamentos e facilitam sua entrada no organismo, proporcionando uma absorção mais rápida (Concepção pós Subgrupo 01).

### Subgrupo 02

Já no subgrupo 02 percebemos que na concepção prévia os licenciandos tinham ideia consistente sobre a Nanotecnologia e suas aplicações (*produção de medicamentos, na robótica, desenvolvimento de chips*), porém não traziam termos específicos das áreas, no entanto na concepção pós PIIN a luz do TDC, foi verificado um acréscimo no tocante ao vocabulário científico e específico da Nanotecnologia, com acréscimos das palavras Nanofármacos, Nanochips e Nanobôs.

Logo, os licenciandos mantiveram a mesma linha de raciocínio, substituindo as palavras mais simples usadas na concepção prévias por palavras do campo científico na concepção pós-PIIN a luz do TDC.

É uma tecnologia que pode aumentar a eficácia na produção de medicamentos, na prevenção de doenças, na robótica, desenvolvimento de chips, [...] (Concepção prévia Subgrupo 02).

[...] bem como a criação de nanofármacos direcionados e com efeitos colaterais. Na pesquisa científica a criação de nanochips, nanorobôs e a conservação de alimentos (Concepção pós Subgrupo 02).

### Subgrupo 03

Esse subgrupo apresentou ideias prévias coerentes com as aplicações da Nanotecnologia, explicitando os Nanofármacos como uma dessas. Num entanto na concepção pós-PIIN a luz do TDC, notou-se que a construção da ideia se estendeu, inserindo mais possibilidades da Nanotecnologia, porém quanto ao vocabulário científico houve apenas a repetição do termo usado na concepção prévia.

Sua principal contribuição na medicina são os nanofármacos, capazes de ultrapassar barreiras biológicas. Na pesquisa científica temos métodos mais uteis (Concepção prévia Subgrupo 03).

Acreditamos que é uma tecnologia utilizada para a elaboração de nanofármacos (carregadores médicos), tratamentos específicos e diagnósticos mais precisos. Também é utilizado na pesquisa como um avanço na veracidade dos resultados podendo ser utilizado na substituição microorganismos (Concepção pós Subgrupo 03).

Diante das concepções apresentadas pelos subgrupos, em todos foi evidenciada uma melhor estruturação das ideias após a PIIN a luz do TDC, no entanto apenas os subgrupos 01 e 02 expressaram ampliação no vocabulário científico introduzindo novos termos científicos restritos da nanotecnologia que foram discutidos na PIIN a partir do TDC, a exemplo cita o subgrupo 03 sobre os nanofármacos que conseguem ultrapassar barreiras biológicas que nunca seriam ultrapassadas por um fármaco tradicional.

## - CONCEPÇÃO DA SÍNTESE GERAL

Como concepção geral, mostrando a percepção de todo o grupo de licenciandos temos que na concepção prévia os licenciandos entendem sobre a Nanotecnologia apontando algumas especificidades dessa área. Porém em nenhum momento menciona termos específicos da área. Já na concepção pós-PIIN a luz do TDC, os licenciandos além de comentarem sobre processos da área se utilizam de termos restritos a mesma para comporem suas concepções.

[...] podendo utilizar recursos da robótica e chips. Também utilizado na produção de remédios, prevenção e tratamentos de doenças, diagnósticos em pesquisas (Concepção prévia-Síntese geral).

Melhor absorção do medicamento pelo organismo (nanofármacos), [...] Criação de nanorobôs, formação de tecidos (roupas) e ataduras inteligentes, protetores solares [...]. Extensão do prazo de validade dos alimentos (Concepção pós-Síntese geral).

## INFERÊNCIA

Apoiando-nos em Rocha (2010), quando declara que o TDC conduz ao conhecimento científico resultando no enriquecimento do vocabulário científico, contribuindo culturalmente na instrução do indivíduo e somando as concepções expostas verificamos que os licenciandos a partir da PIIN a luz do TDC, se familiarizaram com termos científicos sobre Nanotecnologia. Assim inferimos a partir das concepções individuais, grupais e síntese geral que o TDC, possui elementos básicos que possibilitam o aluno na ampliação de seu vocabulário científico.

### • **Aplicabilidade**

Muito mais que aprender conceitos científicos que serão avaliados em testes, o autor supracitado relata que se faz necessário uma discussão desses conceitos levando em consideração os contextos sociais, econômicos, históricos e tecnológicos, gerando possibilidades para o aluno se inserir em uma sociedade permeada pelo discurso científico. Assim, percebemos a importância e a significação de contextualizar os conteúdos vistos em sala de aula de modo que os alunos consigam perceber suas

aplicações dentro de um contexto acessível a eles. Nesse sentido elencou-se a subcategorias aplicabilidade, mesma de mostrou nas concepções dos licenciandos um fator de motivação no processo ensino-aprendizagem

### Contextualização dos conteúdos

Essa unidade de registro se destina a mostrar as abordagens do TDC, de forma aplicada em diversas atividades do cotidiano, principalmente as que as ações médicas. Assim, segundo as PCNEM (2010, p. 25) deve-se desenvolver esse gênero de textos de forma oral e escrita, a fim de que, por meios diferenciados, os TDC veiculados por revistas sejam introduzidos como recurso de grande potencial didático, na medida em que trazem a discussão atual e contextualizada da ciência para a sala de aula (MARTINS, 2001), apresentando pontos de vista diferentes sobre temas de relevância social (ROCHA, 2010).

### - CONCEPÇÕES INDIVIDUAIS

Dentro desse ponto de vista, curiosamente todos os licenciandos apontaram, pelo menos uma aplicabilidade dos conhecimentos do “Mundo Nano”, trabalhados nos TDC da PIIN desta pesquisa.

[...] Criação de medicamentos que podem agir diretamente no local afetado, reduzindo drasticamente os efeitos colaterais. Criação de alimentos com prazo de validade indeterminado. Possibilidade de tratamento efetivo contra câncer[...]. Criação de nanorobôs ou nanossondas que detectam doenças, como um tratamento direcionado. Criação de curativos (bandagens), que indicam com está ocorrendo o processo cicatrização. Criação de produtos mais modernos como protetores solares (L1).

Melhoria nos diagnósticos, tratamentos e prevenção de doenças e síndromes (L2).

[...] Com o avanço e quando a perfeição chegar pode pelo menos ajudar a combater várias doenças ou ajudar em diagnósticos. Com isso ajudar o tratamento (L3).

Várias formas de combate e controle de doenças através de mecanismos cada vez mais eficientes. Na pesquisa possibilita uma melhor análise de experimentos ampliando a forma de compreender um objeto (L4).

[...] promovendo uma melhoria no que se refere para o tratamento de doenças e outras enfermidades e um aproveitamento maior dos recursos

naturais para fabricação de itens mais eficazes (camisas, alimentos e afins) (L6).

A nanotecnologia vai ajudar no tratamento e diagnósticos de doenças. Essa nova tecnologia trará formas de tratamentos mais eficazes, que diminuam o sofrimento dos pacientes (L9).

A principal perspectiva é de otimizar a aplicação de medicamentos com auxílio de estruturas nanométricas, que conduzem tais medicamentos e também outras substâncias até o local desejado, [...]. Extremamente promissor no combate ao câncer (L11).

Facilitar a entrada dos medicamentos (absorção), para melhorar a eficácia, na indústria de alimentos, cosméticos e aparelhos eletrônicos (L12).

A nanotecnologia nos mostra um futuro muito promissor, [...] a medicina com certeza será muito beneficiada e com isto a humanidade terá a cura ou até a eliminação de várias doenças e problema que hoje se tem tanta dificuldade em resolvê-los (L13).

Tratamento de doenças de forma mais eficaz e mais rápida com menor dano ao paciente. [...] Podendo assim até curar doenças que hoje são tidas como incuráveis (L15).

Inúmeras aplicações. Desde a identificação, passando pela profilaxia e até o monitoramento das diversas patologias [...](L16).

A nanotecnologia traz muitos benefícios à medicina a partir do momento que faz descobertas científicas que pode auxiliar na prevenção, diagnósticos e cura de doenças. Trazendo muitos benefícios para a sociedade (L17).

[...] Para a medicina, principalmente nos nanofármacos é uma forma inovadora de agir com os remédios no corpo. No corpo eles tem uma maior especificidade, conseguem passar despercebido pelo sistema imunológico, programar a distribuição do princípio ativo, agir no sistema e região, como por exemplo, no câncer sem atingir células “boas” [...](L18).

Ainda se faz pertinente relatar que L9, relata em sua concepção que *a nanotecnologia trará formas de tratamentos mais eficazes, que diminuam o sofrimento dos pacientes*, indicando que o mesmo entende que no contexto atual os tratamentos terapêuticos no geral causam sofrimentos em muitos pacientes.

Somando temos L13 esclarecendo sobre a aplicabilidade da nanotecnologia em *promover a cura ou até a eliminação de várias doenças e problema que hoje se tem tanta dificuldade em resolvê-los*. E ainda L15 corrobora com essa visão de reconhecimento do contexto com posterior aplicabilidade dos conhecimentos da

Nanotecnologia dizendo que ela pode até curar doenças que hoje são tidas como incuráveis.

## - CONCEPÇÕES POR SUBGRUPOS

### Subgrupo 01

Este grupo apresentou em ambas as concepções, tanto prévias quanto pós PDI a luz do TDC, conhecimentos acerca do contexto na qual a Nanotecnologia, pode ser aplicada, porém nas concepções prévias eles relatam tal aplicabilidade de forma superficial, sem esmiuçar algum comportamento específico ou mesmo algum benefício que tais conhecimento podem trazer, e ainda expressa tal concepção a partir do verbo “Trará” como se as aplicações da Nanotecnologia estivessem disponível futuramente.

No entanto as concepções pós-PIIN a luz do TDC, expressam um contexto de aplicabilidade da Nanotecnologia bastante específico entrando em acordo com várias temáticas abordadas pelo TDC. Vale ressaltar que em ambas as concepções são notáveis a estreita relação entre a Nanotecnologia com conteúdos biológicos aplicados na medicina, *manipulação de células e tratamento e diagnósticos de doenças*, caracterizando a Nanobiotecnologia como é demonstrado nos fragmentos abaixo expondo as concepções prévias e pós-PIIN dos subgrupos dos licenciandos .

[...] tratamento de doenças e manipulação de células (Concepção prévia-Subgrupo 01).

Otimização do tratamento e diagnósticos de doenças, por meio e Nanoestruturados, que protegem os medicamentos e facilitam sua entrada no organismo, proporcionando uma absorção mais rápida (Concepção pós Subgrupo 01).

### Subgrupo 02

Neste subgrupo percebemos que a concepção prévia trouxe várias aplicabilidades da Nanotecnologia, tanto para medicina como também em outras áreas, logo os licenciandos previamente a PIIN a luz do TDC, tem ciência do contexto na qual a Nanotecnologia abrange.

Já quanto à concepção pós-PIIN a luz do TDC, expressaram maiores possibilidades de aplicações da Nanotecnologia, indo além da concepção prévia de *produção de medicamentos e prevenção de doenças*, mas relatando sobre a *identificação, diagnóstico e monitoramento de patologias*, citando ainda a aplicabilidade dos conhecimentos Nanotecnológicos na *conservação de alimentos*.

É uma tecnologia que pode aumentar a eficácia na produção de medicamentos, na prevenção de doenças, na robótica, desenvolvimento de chips[...](Concepção prévia Subgrupo 02).

Na medicina são usados para ampliar desde identificação, definição, diagnóstico, monitoramento e tratamento das diversas patologias, bem como a criação de nanofármacos [...] a criação de nanochips, nanorobôs e a conservação de alimentos (Concepção pós Subgrupo 02).

### Subgrupo 03

Os licenciandos aqui agrupados expressaram em sua concepção prévia ter conhecimento sobre as aplicações da Nanotecnologia, porém em confronto com a concepção pós-PIIN a luz do TDC, percebemos uma maior fundamentação de seus argumentos quanto a essa temática, apontando ainda que a Nanotecnologia tem possibilitado pesquisas mais precisas, assuntos esse discutido durante o uso do TDC na referida prática.

Sua principal contribuição na medicina são os nanofármacos, [...] Na pesquisa científica temos métodos mais uteis (Concepção prévia Subgrupo 03).

Acreditamos que é uma tecnologia utilizada para a elaboração de nanofármacos (carregadores médicos), tratamentos específicos e diagnósticos mais precisos. Também é utilizado na pesquisa como um avanço na veracidade dos resultados [...] (Concepção pós Subgrupo 03).

### - CONCEPÇÃO DA SÍNTESE GERAL

Na concepção prévia os licenciandos relatam sobre muitos contextos de aplicabilidade na qual a Nanotecnologia se insere, no entanto somando a isso na concepção pós-PIIN a luz do TDC, os licenciandos vão mais além na explanação da aplicabilidade de tal

conhecimento (*formação de tecidos e ataduras inteligentes, protetores solares e incolores mais eficientes e extensão do prazo de validade dos alimentos*), abrangendo diversas contribuições da Nanotecnologia para uma melhor qualidade de vida para a sociedade.

[...] podendo utilizar recursos da robótica e chips. Também utilizado na produção de remédios, prevenção e tratamentos de doenças, diagnósticos em pesquisas (Concepção prévia-síntese geral).

Melhor absorção do medicamento pelo organismo (nanofármacos), [...] Criação de nanorobôs, formação de tecidos (roupas) e ataduras inteligentes, protetores solares e incolores mais eficientes. Extensão do prazo de validade dos alimentos (Concepção pós-síntese geral).

## INFERÊNCIA

Assim diante do vislumbre de uma maior fundamentação quando a aplicação da Nanotecnologia nas concepções pós-PIIN a luz do TDC e concordando com Rocha (2010) inferimos que essa ação de aplicabilidade dos conteúdos é favorecida pelos dos TDC, que através da exposição de resultados e pesquisas em seus textos, valorizam as situações que há relação direta com o dia a dia dos leitores, favorecendo a contextualização dos conhecimentos na mente do leitor ou provocando extrusões com o saber cotidiano.

### • **Abordagens interdisciplinares**

A ciência como elemento de ensino amplia-se como conhecimento de formação geral e específica e de acordo com Morales, Azevedo e Mariuzzo (2014) para essa finalidade, os TDC constituem-se como estratégia para o desenvolvimento de habilidades de diferentes níveis, assim como para as atividades interdisciplinares.

E ainda Campos e Montoito (2010), afirmam que a intenção em utilizar esses textos, é ir além do conceito, articulando ideias, varias disciplinas e conhecimentos envolvendo as dimensões cognitivas e afetivas do aluno. Dentro dessa proposta percebemos que os

TDC, são grandes aliados a cooperar com práticas docentes focadas em abordagens Interdisciplinares.

### Ultrapassando os limites disciplinares

A referida unidade de registro se traduz na possibilidade da relação entre as disciplinas, de modo que possamos vê-las como complementares e não como excludentes, como certas vezes acontece, por isso a necessidade da interdisciplinaridade impõe-se não só como forma de compreender e modificar o mundo, como também por uma exigência interna das ciências, que busca o restabelecimento da unidade perdida do saber (FAZENDA et al., 1996). A autora ainda esclarece que a interdisciplinaridade se faz na ação unificadora do conhecimento resgatando na dialética homem-mundo a possibilidade de serem educadas as novas gerações numa outra perspectiva (FAZENDA et al., 2011).

Assim, em todas as concepções dos licenciandos, percebemos argumentos interdisciplinares na qual os conhecimentos sobre o “Mundo Nano”, se fundamentavam em outras áreas do conhecimento.

As perspectivas que a nanotecnologia pode trazer são: Criação de medicamentos–tratamento efetivo contra câncer, onde os medicamentos poderiam penetrar facilmente na massa tumoral. [...] Possibilidade de um desenvolvimento de canais iônicos e poros sintéticos, simulando os efeitos nas membranas biológicas. Criação de nanorobôs ou nanossondas que detectam doenças[...] (L1).

Melhoria nos diagnósticos, tratamentos e prevenção de doenças e síndromes. (L2).

As perspectivas são ótimas já que há vários estudos na área de nanofármacos, nanorobôs e vários outros. [...] ajudar a combater várias doenças ou ajudar em diagnósticos. Com isso ajudar o tratamento (L3).

Várias formas de combate e controle de doenças através de mecanismos cada vez mais eficientes (L4).

Ele pode seguir contribuindo para o avanço de diversos ramos – biotecnologia, farmacologia [...] promovendo uma melhoria no que se refere para o tratamento de doenças [...] fabricação de itens mais eficazes (camisas, alimentos e afins) (L6).

A nanotecnologia vai ajudar no tratamento e diagnósticos de doenças (L9).

A principal perspectiva é de otimizar a aplicação de medicamentos com auxílio de estruturas nanométricas[...] (L11)

Facilitar a entrada dos medicamentos (absorção), para melhorar a eficácia, na indústria de alimentos, cosméticos e aparelhos eletrônicos (L12).

A nanotecnologia nos mostra um futuro muito promissor,[...] a medicina com certeza será muito beneficiada e com isto a humanidade terá a cura ou até a eliminação de várias doenças [...] (L13).

Tratamento de doenças [...]. Podendo assim até curar doenças que hoje são tidas como incuráveis (L15).

Inúmeras aplicações. Desde a identificação, passando pela profilaxia e até o monitoramento das diversas patologias (L16).

A nanotecnologia traz muitos benefícios à medicina a partir do momento que faz descobertas científicas que pode auxiliar na prevenção, diagnósticos e cura de doenças. [...] (L17).

[...] Para a medicina. No corpo eles tem uma maior especificidade, conseguem passar despercebido pelo sistema imunológico. [...] no câncer sem atingir células “boas”. Conseguem identificar proteínas e ainda a porina Mpa, por exemplo que identifica o DNA, [...] (L18).

Essas concepções mostram a compreensão interdisciplinar do “Mundo Nano”, mas especificamente da Nanobiotecnologia, sendo unânime nas falas dos licenciandos que tais conhecimentos se fundamentam em teorias e técnicas da medicina e que através dessa fusão têm-se ganhos significativos nas ciências médicas, quanto a diagnósticos, prevenção e tratamentos de várias doenças.

Portanto, nessa perspectiva França (2005), esses temas sobre Nanotecnologia, em sua essência, não podem ser contemplados à luz de uma única disciplina, sendo necessária do professor uma abordagem interdisciplinar.

Além disso, é possível identificar em L3 e L6 a relação entre a Nanotecnologia e a Farmacologia, quando as concepções declaram sobre a manipulação de Nanofármacos e ainda em L6 além da farmacologia ela relata que a Nanotecnologia vem *contribuindo para o avanço de diversos ramos como a biotecnologia*, é importante frisar que estamos levando em consideração, que para a aplicação de técnicas ou mesmo conhecimentos de uma área em outras, se faz necessário à justaposição e integração entre tais conhecimentos

Temos também o relato da interligação entre os conhecimentos da Nanotecnologia atrelados à especificamente a biofísica em L1(*canais iônicos e poros sintéticos, simulando os efeitos nas membranas biológicas*) e a biologia em L18 (*No corpo eles tem uma maior especificidade, conseguem passar despercebido pelo sistema imunológico, [...] no câncer sem atingir células “boas”. Conseguem identificar proteínas e ainda a porina Mpa, por exemplo, que identifica o DNA*), este último caracterizando o entender da Nanobiotecnologia.

Também temos concepções que expressam a compreensão dos licenciandos quanto ao cruzamento dos conhecimentos entre a Nanotecnologia e a engenharia na criação de máquinas em escala Nanométrica com diversas funções, temos assim *a Criação de nanorobôs ou nanossondas que detectam doenças* quanto a L1 e o comentário do L3 quanto aos *vários estudos na área de nanofármacos, nanorôbos e vários outros [...]*.

Já o L12, expressa em sua concepção entender sobre a relação imbricada entre os conhecimentos da Nanotecnologia na produção de alimentos, na cosmetologia e ainda na eletrônica (*para melhorar a eficácia, na indústria de alimentos, cosméticos e aparelhos eletrônicos*).

#### - CONCEPÇÕES POR SUBGRUPOS

##### Subgrupo 01

No relato desse subgrupo, percebemos que em ambas as concepções apenas fazem relação dos conhecimentos da Nanotecnologia com os conhecimentos da medicina e farmacologia, porém os TDC discutidos na PIIN extrapolam esses conhecimentos a outras áreas. Entendemos que os licenciandos poderiam ir mais além fazendo maiores conexões da Nanotecnologia, tendo em vista que para ocorrer à relação com o campo da medicina vários conhecimentos obrigatoriamente devem estar intrínsecos. Porém como tal abordagem não ficou explícita, podemos dizer que a interdisciplinaridade das concepções prévias e pós desde subgrupo ocorreu de forma tímida.

Trará novas formas no tratamento de doenças e manipulação de células (Concepção prévia-Subgrupo 01).

Otimização do tratamento e diagnósticos de doenças, por meio e nanoestruturados, que protegem os medicamentos [...] (Concepção pós-Subgrupo 01).

## Subgrupo 02

Em ambas concepções, se verifica que os licenciandos, tem em mente as abrangências da Nanotecnologia, contemplando a Interdisciplinaridade. Nesse contexto na concepção inicial temos a relação de tal conhecimento com a medicina (Prevenção de doenças), farmacologia (*produção de medicamentos*), ambas caracterizando a Nanobiotecnologia, a robótica e eletrônica (*desenvolvimento de chips*). Porém quanto a concepções pós-PIIN a luz do TDC, além de relatarem de forma mais fundamentada sobre a conexão com a medicina ((...) *Diagnóstico, monitoramento, tratamento de diversas patologias* (...) *atadura inteligentes*), farmacologia (*Nanofármacos*), a robótica (*Nanobôs*), os licenciandos ainda inter-relacionaram a Nanotecnologia como aliada a gastronomia (*conservação de alimentos*).

É uma tecnologia que pode aumentar a eficácia na produção de medicamentos, na prevenção de doenças, na robótica, desenvolvimento de chips [...] (Concepção prévia-Subgrupo 02).

Na medicina são usados para ampliar desde identificação, definição, diagnóstico, monitoramento e tratamento das diversas patologias, bem como a criação de Nanofármacos [...] criação de nanochips, nanorobôs e a conservação de alimentos (Concepção pós-Subgrupo 02).

## Subgrupo 03

De acordo com os relatos das duas concepções, percebemos mais uma vez que os licenciandos apontaram os conhecimentos Nanotecnológicos entrelaçados a medicina e seus desdobramentos, assim em ambas concepções os licenciandos descreveram a relação desses conhecimentos com a farmacologia (*Nanofármacos*), suscitando sua

capacidade em se relacionar com o corpo humano ultrapassando barreiras biológicas, conhecimentos próprios da biologia.

Sua principal contribuição na medicina são os nanofármacos, capazes de ultrapassar barreiras biológicas [...] (Concepção prévia-Subgrupo 03).

Acreditamos que é uma tecnologia utilizada para a elaboração de nanofármacos (carregadores médicos), tratamentos específicos e diagnósticos mais precisos. [...] (Concepção pós-Subgrupo 03).

#### - CONCEPÇÃO DA SÍNTESE GERAL

Em ambas concepções verificou-se a permanência da relação da Nanotecnologia com a robótica (*Nanorobôs*), chips, produção de remédios (*Nanofármacos*), medicina (*tratamento de doenças, diagnósticos*), e a gastronomia (*extensão do prazo de validade*). Somando a essas abordagens a concepção pós PIIN a luz do TDC, trouxe à tona as relações da Nanotecnologia com a Cosmetologia (*Protetores solares*).

[...] podendo utilizar recursos da robótica e chips. Também utilizado na produção de remédios, prevenção e tratamentos de doenças, diagnósticos [...] (Concepção prévia-síntese geral).

Melhor absorção do medicamento pelo organismo (nanofármacos), [...] Criação de nanorobôs, [...] ataduras inteligentes, protetores solares e incolores mais eficientes. Extensão do prazo de validade dos alimentos (Concepção pós-síntese geral).

#### INFERÊNCIA

Dessa forma Fazenda et al. (2011), em uma experiência interdisciplinar diz que todo aglutinamento em torno da ideia de realizar um trabalho interdisciplinar, por sua vez, exige a transposição de barreiras ideológicas e administrativas. Assim nos apoiamos nas concepções discutidas e na citação supra, inferimos que a ação interdisciplinar disponível nos TDC sobre Nanotecnologia ultrapassa barreiras disciplinares na qual se opõem à busca por caminhos menos fragmentados para a construção do conhecimento integrado com maiores possibilidades.

### • Temas Contemporâneos

Diante da sucessiva dinâmica de fatos e acontecimentos no mundo, estes não podem se distanciar na prática docente na escola como se não afetassem a vida da sociedade. Contrariando tal realidade de acordo com Rocha (2010), a inserção de TDC nas aulas, promove a atualização das práticas fornecendo possibilidade aos alunos, a partir dessas leituras, tornarem-se cidadãos mais críticos e conscientes de seu papel na sociedade.

Assim concordando com Oliveira e Zancul (2014), a escola é, por excelência, um local propício à divulgação de novas ideias e ao desenvolvimento de ações que envolvam temas contemporâneos de áreas diversas como por exemplo, temas relacionados às questões de saúde. E ainda por receber educandos de várias faixas etárias e com as mais diversas experiências de vida, a escola se constitui num ambiente rico e promotor da troca de saberes. Dessa forma percebemos a grande influencia da escola em promover o uso do TDC como recurso didático no discurso de temáticas contemporâneas, principalmente as que envolvem a saúde.

#### Nanotecnologia aplicada à Nanobiotecnologia e à Nanomedicina

É através dessa importância em levar aos conhecimentos dos alunos sobre temas contemporâneos e ainda que envolvam temáticas sobre saúde é que tal unidade de registro foi elencada. Pois percebemos nas concepções dos licenciandos a recorrente ação em coadunar os conhecimentos da Nanobiotecnologia na promoção da melhoria da saúde da sociedade.

Nota-se então a colaboração dos TDC em permitir o acesso dos licenciandos à compreensão de tratamento médicos mais eficazes com menores sofrimentos para os pacientes, contrariando a situação apontada por Oliveira e Zancul (2014), que relatam os índices de várias pesquisas sobre a maioria dos professores em utilizar apenas os livros didáticos, enfatizando e restringindo a compreensão de uma educação com viés na saúde, apenas no ponto de vista essencialmente biológico, omitindo várias características e pontos que tornam tais conteúdos significativos aos alunos.

É dentro dessa realidade que os conhecimentos da Nanobiotecnologia se corporificam, pois através das pesquisas discutidas na PIIN a luz do TDC, os licenciandos em suas concepções externaram que a mesma é grande aliada no desenvolvimento de uma medicina mais coerente, com maiores possibilidade de curas a diversas doenças que hoje são letais.

Dessa maneira, todos os licenciandos com exceção de L12, relatam sobre as possibilidades e benefícios que a Nanotecnologia promove a Nanobiotecnologia aplicada a processos médicos caracterizando a Nanomedicina. No entanto L12, apenas cita a questão da eficiência dos medicamentos com tecnologia “nano”, prática inserida na farmacologia e que para este tópico não consideraremos inseridas na Nanomedicina, logo, restringimos apenas as práticas terapêuticas que se utilizam de tais Nanotecnologias, bem como os relatos dos benefícios que elas trazem a medicina.

[...] Possibilidade de tratamento efetivo contra câncer, onde os medicamentos poderiam penetrar facilmente na massa tumoral. – Tornar possível o tratamento de doenças que acometem o sistema nervoso central, como a tuberculose, pois o medicamento atravessa barreiras Hematoencefálicas. [...] Criação de curativos (bandagens), que indicam com está ocorrendo o processo cicatrização [...] (L1).

Melhoria nos diagnósticos, tratamentos e prevenção de doenças e síndromes (L2).

[...] Com o avanço e quando a perfeição chegar pode pelo menos ajudar a combater várias doenças ou ajudar em diagnósticos. Com isso ajudar o tratamento (L3).

Várias formas de combate e controle de doenças através de mecanismos cada vez mais eficientes (L4).

[...] promovendo uma melhoria no que se refere para o tratamento de doenças e outras enfermidades (L6).

A nanotecnologia vai ajudar no tratamento e diagnósticos de doenças. Essa nova tecnologia trará formas de tratamentos mais eficazes, que diminuiram o sofrimento dos pacientes (L9).

[...] Extremamente promissor no combate ao câncer (L11).

A nanotecnologia nos mostra um futuro muito promissor [...] eliminação de várias doenças e problema que hoje se tem tanta dificuldade em resolvê-los (L13).

Tratamento de doenças de forma mais eficaz e mais rápida com menor dano ao paciente. [...] Podendo assim até curar doenças que hoje são tidas como incuráveis (L15).

[...] Desde a identificação, passando pela profilaxia e até o monitoramento das diversas patologias. [...] especificar o tratamento, tornando-o ao máximo mais objetivo e focado no ponto a ser tratado (L16).

A nanotecnologia traz muitos benefícios à medicina a partir do momento que faz descobertas científicas que pode auxiliar na prevenção, diagnósticos e cura de doenças. Trazendo muitos benefícios para a sociedade (L17).

[...] Para a medicina [...], conseguem passar despercebido pelo sistema imunológico, programar a distribuição do princípio ativo, agir no sistema e região, como por exemplo, no câncer sem atingir células “boas” [...] (L18).

Dentre essas concepções, nota-se que o L17 e L18, além de exemplificarem sobre pontos específicos de técnicas terapêuticas, citam explicitamente a medicina como área em que os conhecimentos da Nanotecnologia têm auxiliando de forma significativa, mostrando os ganhos de aulas na qual se utilizem de TDC na promoção de temas contemporâneos.

## - CONCEPÇÕES POR SUBGRUPOS

### Subgrupo 01

Nas duas concepções os licenciandos expressam conhecer a Nanotecnologia, principalmente atrelada as questões de saúde, porém na concepção pós a utilização do TDC, percebemos uma ideia acerca do tema mais consistente com justificativas, assim acreditamos que o contato com o TDC, proporcione aos estudantes o acesso a temas contemporâneos bem como a ampliação de seus conhecimentos acerca de tais temáticas.

Trará novas formas no tratamento de doenças e manipulação de células (Concepção prévia-Subgrupo 01).

Otimização do tratamento e diagnósticos de doenças, por meio e nanoestruturados, que protegem os medicamentos e facilitam sua entrada no organismo, proporcionando uma absorção mais rápida (Concepção pós-Subgrupo 01).

## Subgrupo 02

Os licenciandos desse subgrupo, externaram entender nos dois momentos sobre o tema contemporâneo em questão, inclusive no comentário sobre sua ligação com as questões de saúde e suas aplicações médicas, porem na concepção prévia o relato ocorre de forma superficial, já na concepção pós-uso do TDC, os licenciandos se apropriam de conhecimentos sobre a Nanotecnologia expressando uma ideia consistente apontando pesquisas contemporâneas e produtos elaborados nessa área.

[...] a eficácia na produção de medicamentos, na prevenção de doenças, na robótica, desenvolvimento de chips, sendo um campo de pesquisa bastante complexo (Concepção prévia-Subgrupo 02).

[...] identificação, definição, diagnóstico, monitoramento e tratamento das diversas patologias, bem como a criação de Nanofármacos direcionados e com efeitos colaterais. [...] criação de nanochips, nanorobôs e a conservação de alimentos (Concepção pós-Subgrupo 02).

## Subgrupo 03

Esse subgrupo assim como o anterior, os licenciandos também já entendiam previamente sobre a Nanotecnologia, principalmente na área médica apontando para os conhecimentos da Nanobiotecnologia. Na concepção pós o uso do TDC os licenciandos também pontuaram sobre a questão médica, explicitando mais exemplos, assim como avançaram um pouco mais relatando ser a Nanotecnologia um avanço para comprovação da verdade de muitas pesquisas.

Sua principal contribuição na medicina são os nanofármacos, capazes de ultrapassar barreiras biológicas. Na pesquisa científica temos métodos mais uteis (Concepção pós-Subgrupo 03).

Acreditamos que é uma tecnologia utilizada para a elaboração de nanofármacos (carregadores médicos), tratamentos específicos e diagnósticos mais precisos. Também é utilizado na pesquisa como um avanço na veracidade dos resultados podendo ser utilizado na substituição microorganismos (Concepção pós-Subgrupo 03).

Logo, presumimos que o contato dos licenciandos com os TDC permitiu aos mesmos o melhor entendimento sobre abordagens contemporâneas da Nanotecnologia e seus desdobramentos com ênfase na Nanobiotecnologia.

## - CONCEPÇÃO DA SÍNTESE GERAL

Como concepção geral prévia e pós-uso do TDC advinda das outras, ocorreu à permanência das questões médicas e seus desdobramentos, caracterizando a Nanobiotecnologia, porém os licenciandos pós o uso dos TDC acresceram na concepção geral as possibilidade da Nanobiotecnologia a outras áreas. Nesse sentido acreditamos que o uso do TDC, proporciona aos alunos vivenciar temáticas contemporâneas a partir de processos costumeiramente conhecidos, privilegiando a Nanobiotecnologia nos processos médicos terapêuticos.

[...] podendo utilizar recursos da robótica e chips. Também utilizado na produção de remédios, prevenção e tratamentos de doenças, diagnósticos em pesquisas (Concepção prévia-Síntese geral).

Melhor absorção do medicamento pelo organismo (nanofármacos), [...] Criação de nanorobôs, formação de tecidos (roupas) e ataduras inteligentes, protetores solares e incolores mais eficientes. Extensão do prazo de validade dos alimentos (Concepção pós-Síntese geral).

## INFERÊNCIA

Portanto, podemos inferir que práticas norteadas por temas contemporâneos, possibilitam a atualização das aulas de modo que especificamente conteúdos sobre biologia, programa de saúde e outros, podem ter maior significado aos alunos quando relacionados a temas atuais disponíveis nos TDC.

- **Evolução do conceito de Pesquisa da Nanobiotecnologia**

Assim, de acordo com França (2005), se observa que as produções desenvolvidas a partir do “Mundo Nano” trazem inúmeros benefícios para a humanidade, logo a sociedade, deve buscar desenvolver uma cultura científica para que além de se inteirar sobre as pesquisas atualmente desenvolvidas nesse âmbito, também possam interpretar de maneira coerente as informações que tem acesso.

Para tanto é necessário trabalhar com tais temáticas através de abordagens acessíveis aos alunos, salvo ser esse um campo regido por conhecimentos bastante complexos. Como possível solução para essa realidade os TDC, suprem tais dificuldades lançando aos alunos em seus textos conhecimentos de caráter complexo, porém traduzindo-os a formas mais simples.

É dentro dessa temática do aluno conseguir interpretar os conceitos trazidos nos TDC, cooperando para a aprendizagem de temas complexos como os da Nanobiotecnologia que investigamos nas concepções dos licenciandos a evolução de conceitos quanto ao conhecimento da Nanobiotecnologia, seus avanços e aplicações.

#### Exemplificação de avanços científicos da Nanobiotecnologia

Através do confronto entre as concepções prévias e pós-PIIN a luz do TDC, foram feitas duas considerações, a primeira é relativa à construção de conceitos sobre Nanobiotecnologia pelos licenciandos e a segunda, a ampliação e a maior fundamentação desses conceitos, tendo por base as exemplificações quanto às avanços dessa área.

Em acordo com o argumento realizado L6, L11, L13 em suas concepções prévias a PIIN a luz do TDC relataram não ter nenhum conhecimento sobre a Nanotecnologia e suas aplicações.

Não faço ideia (L6).

Não tenho conhecimento sobre o assunto, a ponto de estimar perspectivas em tais áreas (L11).

Não estou muito por dentro do assunto, mas espero que seja uma tecnologia que venha acrescentar benefícios e avançar na medicina (L13).

No entanto L3 arrisca em falar sobre a temática, porém, demonstra incerteza sobre seu conhecimento ao expressar um “achismo” quanto as perspectiva da Nanotecnologia, exemplificando superficialmente a sua suposta aplicação na manipulação de remédio e células.

Acho que uma boa perspectiva, como na manipulação de medicamentos ou de células (L3).

Quanto a L4 e L16, afirmam respectivamente que a Nanotecnologia contribui tanto para a compreensão de dados, e também age como ferramenta que permite de sanar problema de ordem nanométrica. Ambos relatam possibilidades desse conhecimento, porém não exemplifica nenhuma aplicação de tal área.

Uma nova visão de melhor compreensão de dados através da utilização desses recursos (L4).

A possibilidade de enxergar problemas de ordem nanométrica e estudá-los ou trata-los (L16).

Contudo, L1, L2, L9, L12, L15, L17 e L18 já têm um conhecimento acerca da Nanotecnologia e suas pesquisas, pois, exemplificam em suas concepções, aplicações dessa área, e que como objetivo dessa subcategoria abordará apenas aquelas restritas a campo da biologia, medicina e seus desdobramentos, caracterizando a Nanobiotecnologia.

[...] Desenvolver as partículas que levem o princípio ativo de medicamentos para o local específico, reduzindo os efeitos colaterais [...]. Construção de câmeras que possam explorar o interior das células de um organismo em pleno funcionamento. – Auxílio na descoberta de patologias que ocorrem ao nível estrutural ou molecular, como também doenças genéticas. – Construção de moléculas inteligentes que se liguem a locais específicos, servindo inclusive como medicamentos (L1).

Melhorias no tratamento de doenças que precisam de mais precisão tal como combater cânceres em determinados tecidos ou órgãos, sem atingir os periféricos à sua volta. Também a manipulação de medicamentos (L2).

Novas formas de tratamento e diagnósticos de doenças (L9).

Novas possibilidades de cura, tratamento, prevenção, medicamentos (L12).

[...] haverá órgãos artificiais, ou células artificiais que auxiliarão na cura de doenças ou substituirão uma celular defeituosa ou morta (L15).

Pode trazer novas descobertas para contribuir com a cura das doenças e descobertas no geral (L17).

Eles servem como carregadores de remédios e são uma forma da pesquisa ser feita de forma nanométrica e mais avançada, mais direta, por exemplo, no câncer para destruir células específicas (L18).

De forma contrária as concepções prévias dos licenciandos, nas concepções pós-PIIN a luz do TDC, percebeu-se que todos licenciandos relatam acerca da Nanotecnologia, explicitando certeza e fundamentação ao exemplificar diversas aplicações da mesma. Todavia atendendo ao objetivo da presente subcategoria será descrito apenas os exemplos aplicados à medicina e seus desdobramentos subsidiando a Nanobiotecnologia.

As perspectivas que a nanotecnologia pode trazer são: - Estudo do sequenciamento do DNA de forma rápida. - Criação de medicamentos [...] – Possibilidade de tratamento efetivo contra câncer [...] – Tornar possível o tratamento de doenças que acometem o sistema nervoso central, como a tuberculose [...] – Possibilidade de um desenvolvimento de canais iônicos e poros sintéticos, simulando os efeitos nas membranas biológicas. [...] - Criação de curativos (bandagens), que indicam com está ocorrendo o processo cicatrização [...] (L1).

Melhoria nos diagnósticos, tratamentos e prevenção de doenças e síndromes (L2).

As perspectivas são ótimas já que há vários estudos na área de nanofármacos [...] Com o avanço e quando a perfeição chegar pode pelo menos ajudar a combater várias doenças ou ajudar em diagnósticos [...] (L3).

Várias formas de combate e controle de doenças através de mecanismos cada vez mais eficientes [...] (L4).

Ele pode seguir contribuindo para o avanço de diversos ramos – biotecnologia, farmacologia [...] promovendo uma melhoria no que se refere para o tratamento de doenças e outras enfermidades (L6).

A nanotecnologia vai ajudar no tratamento e diagnósticos de doenças(L9). A principal perspectiva é de otimizar a aplicação de medicamentos com auxílio de estruturas nanométricas [...]. Extremamente promissor no combate ao câncer (L11).

Facilitar a entrada dos medicamentos (absorção) (L12).

A nanotecnologia nos mostra um futuro muito promissor [...] a medicina com certeza será muito beneficiada [...] eliminação de várias doenças e problema (L13).

Tratamento de doenças de forma mais eficaz e mais rápida com menor dano ao paciente. [...] Podendo assim até curar doenças que hoje são tidas como incuráveis (L15).

Inúmeras aplicações. Desde a identificação, passando pela profilaxia e até o monitoramento das diversas patologias [...] (L16).

A nanotecnologia traz muitos benefícios à medicina a partir do momento que faz descobertas científicas que pode auxiliar na prevenção, diagnósticos e cura de doenças (L17).

Apesar da nanotecnologia ainda está em desenvolvimento há uma grande expectativa sobre ela. Para a medicina, principalmente nos nanofármacos. No corpo eles têm uma maior especificidade, conseguem passar despercebido pelo sistema imunológico, programar a distribuição do princípio ativo, agir no sistema e região, como por exemplo, no câncer sem atingir células “boas”[...] (L18).

Através desse confronto entre as concepções individuais prévias e após PIIN a luz do TDC, destaca-se com clareza a evolução de conceitos referentes às temáticas da Nanobiotecnologia, onde os licenciandos se fundamentaram nos exemplos trazidos pelos TDC da PIIN. Dessa forma se clarifica os contributos do TDC, como recurso didático no auxílio a construção de novos conhecimentos e também na evolução de conceitos complexos da Nanotecnologia.

## - CONCEPÇÕES POR SUBGRUPOS

### Subgrupo 01

Fazendo o confronto entre as concepções prévias e pós-PIIN a luz do TDC, vê-se que essa última concepção integra elementos mais fundamentados tanto conceitualmente como na estruturação de seus relatos, apontando maiores aplicações dos conhecimentos da Nanobiotecnologia especificamente, pois dar maior ênfase aplicações biológicas. Por certo através das exemplificações das concepções dos licenciandos entendemos que o uso do TDC, permitiu a evolução dos conceitos de Nanobiotecnologia neste subgrupo.

Trará novas formas no tratamento de doenças e manipulação de células (Concepção prévia-Subgrupo 01).

Otimização do tratamento e diagnósticos de doenças, por meio e nanoestruturados, que protegem os medicamentos e facilitam sua entrada no organismo, proporcionando uma absorção mais rápida (Concepção pós-Subgrupo 01).

### Subgrupo 02

A concepção prévia desse subgrupo traz elementos suficientes para explicitar o conhecimento dos licenciandos sobre a Nanotecnologia, porém na concepção pós-PIIN a luz do TDC, os licenciandos apresentam uma maior variedade na aplicação de tal

conhecimento, relatando sobre processos específicos da área médica (Nanobiotecnologia). Assim, cremos que o uso do TDC através de seus exemplos, teve grande influencia na evolução do conceito de pesquisa da Nanobiotecnologia para os licenciandos do referido subgrupo.

[...] aumentar a eficácia na produção de medicamentos, na prevenção de doenças, [...] (Concepção prévia-Subgrupo 02).

Na medicina são usados para ampliar desde identificação, definição, diagnóstico, monitoramento e tratamento das diversas patologias, bem como a criação de Nanofármacos direcionados e com efeitos colaterais. [...] (Concepção pós-Subgrupo 02).

### Subgrupo 03

Ambas as concepções tem foco na Nanobiotecnologia pois trás como exemplos conhecimentos dessa área aplicados a medicina e seus desdobramentos como a farmacologia (*nanofármacos*), porém na concepção pós-PIIN a luz do TDC, essa abordagem médica é enriquecida com argumentos maiores, através de seus relatos em que a Nanotecnologia possibilita tratamentos específicos e diagnósticos precisos.

Sua principal contribuição na medicina são os nanofármacos, capazes de ultrapassar barreiras biológicas. Na pesquisa científica temos métodos mais uteis (Concepção prévia-Subgrupo 03).

Acreditamos que é uma tecnologia utilizada para a elaboração de nanofármacos (carregadores médicos), tratamentos específicos e diagnósticos mais precisos. Também é utilizado na pesquisa como um avanço na veracidade dos resultados podendo ser utilizado na substituição microorganismos (Concepção pós-Subgrupo 03).

### - CONCEPÇÃO DA SÍNTESE GERAL

Como síntese geral o grupo pesquisado entende sobre a Nanotecnologia, isso se revela através das muitas exemplificações expostas nas concepções, com foco na medicina. Dentro dessa linha a concepção pós-PIIN a luz do TDC também trouxe exemplos semelhantes, porém com um direcionamento a processos específicos dessa área, evidenciando conhecimentos próprios da Nanobiotecnologia.

[...] Também utilizado na produção de remédios, prevenção e tratamentos de doenças, diagnósticos (Concepção prévia-Síntese geral).

Melhor absorção do medicamento pelo organismo (nanofármacos), com direcionamento específico ao órgão afetado e biodegradável. [...] (Concepção pós-Síntese geral).

## INFERÊNCIA

Nesse sentido nos apoiamos em Salem e Kawamura (1996) citado por Conceição e Nogueira (2014) os quais dizem que o TDC, pode contribuir para enriquecer a aula trazendo novas questões, abrindo a visão de ciência e de mundo do aluno e professor, criando novas metodologias e recursos de ensino, localizando o conteúdo ensinado em contextos mais abrangentes, motivando e mesmo aprofundando determinados assuntos. Essa abrangência e aprofundamento foram observados através das concepções relatadas durante a PIIN à luz do TDC desta pesquisa. Portanto, inferimos ser o TDC um recurso didático que viabiliza a evolução de conceitos complexos com os da Nanobiotecnologia.

## **4.2 Análise de conteúdo (AC) para caracterização da Prática Interventiva Interdisciplinar à luz do Texto de Divulgação Científica**

Para construção da PIIN à luz do TDC, foram estabelecidas as visões (descritores) sobre a Interdisciplinaridade, que se encontram elencadas no Quadro 01, usadas para nortear as intervenções a serem realizadas junto aos licenciandos. Os descritores foram baseados em Fazenda et al. (2008; 2011). Na construção da prática utilizamos os conteúdos pré-selecionados sobre Nanotecnologia e as orientações sobre a construção de TDC (Tabela 2). Com base na técnica de Análise de Conteúdo (AC) proposta por Bardin (2009), os descritores foram classificados como as categorias teóricas e a partir dos conteúdos e objetivos dos materiais pré-selecionados emergiram as categorias empíricas, subcategorias e unidades de registro, que estão justificadas nas unidades de contexto.

**Quadro 11.** Processo de categorização da PIIN a luz do TDC de acordo com os descritores pré-estabelecidos.

<b>CATEGORIAS TEÓRICAS</b>	<b>CATEGORIAS EMPÍRICAS</b>	<b>SUBCATEGORIAS</b>	<b>UNIDADES DE REGISTRO</b>	<b>UNIDADES DE CONTEXTO*</b>
Descritor 1: Visão Integradora ou Holística	Integração das áreas	Relações Interdisciplinares	Disciplinas e o “Mundo Nano”	A grandeza do Mundo Nano (Escala Nanométrica). (Conteúdo 01)  Subsidiar a apresentação matemática da escala Nanométrica, comparando as diversas estruturas biológicas nessa escala. (Objetivo 01)
Descritor 2: Visão múltipla, solidária, flexível e aberta	Repercussão social dos conhecimentos	Considera o Cotidiano	Valorização dos Conhecimentos prévios	Nanobiotecnologias Artificiais: Nanofármacos (Conteúdo 08).  Analisar a introdução dos conhecimentos Nanotecnológicos na medicina e farmacologia integrando diversas ciências, de modo a potencializar a produção de fármacos superando muitas barreiras biológicas na quais os medicamentos tradicionais se tornam impotentes (Objetivo 08).
Descritor 3: Visão complexa	Não Reducionista	Não fragmentadora e simplista	Extrapolações, comparações e possibilidades	Nanobiotecnologias Naturais: A relação permanente da biologia, química e física (Conteúdo 06).  Perceber os componentes Nanotecnológicos existentes na natureza e nos seres vivos, focando suas estruturas químicas e biológicas bem como as forças físicas necessariamente existentes para a constituição dos mesmos (Objetivo 06).

<p>Descritor 4: Visão democrática, não-hierarquizadora</p>	<p>Dialogo entre os conhecimentos</p>	<p>Acesso a diversas fontes</p>	<p>Complementaridade dos conhecimentos</p>	<p>Nanobiotecnologias Artificiais: Nanosensores (Conteúdo 09).</p> <p>Investigar como sensores em escala “Nano”, auxiliam a medicina e como integram conhecimentos de diversas áreas (Objetivo 09).</p> <p>TDC: Definição, tipos e objetivos. (Conteúdo 10).</p> <p>Permitir o conhecimento das potencialidades do TDC como recurso didático (Objetivo 10).</p>
<p><b>*Estão expressos apenas alguns exemplos da unidade de contexto</b></p>				

**Fonte:** Autora

### • Relações Interdisciplinares

Essa subcategoria se refere ao fato da Interdisciplinaridade permitir a integração entre diversas áreas, promovendo inter-relações entre as mesmas através da criação de novos conhecimentos, mais abrangentes e integradores, tal como a rede de conhecimentos/disciplinas que permeiam e subsidiam o “Mundo Nano”.

#### Disciplinas e o “Mundo Nano”

Fazenda et. al (2008 p. 20) relatam que “as diferentes esferas da sociedade estão necessitadas de rever as exigências das sociedades capitalistas onde o cotidiano das atividades profissionais desloca-se para situações complexas para as quais as disciplinas convencionais não se encontram adequadamente preparadas”.

É nessa perspectiva em atender os diferentes setores da sociedade acompanhando o ritmo do desenvolvimento do mundo é que se faz necessário a atualização dos discursos em sala de aula, possibilitando o acesso dos alunos às informações sobre as diversas pesquisas, tecnologias e inventos que se tem produzido “mundo a fora”. Tudo isso tem colaborado com uma visão holística de conhecimento, onde a mesma se “constitui a essência da Interdisciplinaridade” (FAZENDA et al., 2011). Nesse sentido todos os conteúdos (Ver quadro 02) com exceção daqueles relacionados às características quanto à linguagem e forma do TDC (Conteúdos 10 e 11), permitem abordar as relações entre as diversas disciplinas incluindo-as como fundamentais para o entendimento da Nanotecnologia/Nanobiotecnologia.

A grandeza do Mundo Nano (Escala Nanométrica). (Conteúdo 01)  
Subsidiar a apresentação matemática da escala Nanométrica, comparando as diversas estruturas biológicas nessa escala. (Objetivo 01)

Produtos de mercado que usam a Nanotecnologia (Conteúdo 02).  
Possibilitar a percepção da Nanotecnologia no cotidiano. (Objetivo 02)

Gerações de desenvolvimento e aplicações da Nanotecnologia/Nanobiotecnologias (Conteúdo 03).  
Entender como sucedeu o desenvolvimento da Nanotecnologia/Nanobiotecnologias e as perspectivas futuras (Objetivo 03).

Iniciativas regulatórias quanto ao uso da Nanotecnologia no Brasil (Conteúdo 04).

Explicar a situação legislatória da produção científica da Nanotecnologia (Objetivo 04).

Nanotecnologias, limites e possibilidade (Conteúdo 05).

Oportunizar o entendimento sobre os potenciais e efeitos dos produtos Nanotecnológicos na natureza e a repercussão social (Objetivo 05).

Nanobiotecnologias Naturais: A relação permanente da biologia, química e física (Conteúdo 06).

Perceber os componentes Nanotecnológicos existentes na natureza e nos seres vivos, focando suas estruturas químicas e biológicas bem como as forças físicas necessariamente existentes para a constituição dos mesmos (Objetivo 06).

A Interdisciplinaridade do “Mundo Nano” (Conteúdo 07).

Identificar as relações interdisciplinares entre disciplinas tradicionais com novas áreas específicas da Nanotecnologia, técnicas e produtos elaborados a partir dessas conexões (Objetivo 07).

Nanobiotecnologias Artificiais: Nanofármacos (Conteúdo 08).

Analisar a introdução dos conhecimentos Nanotecnológicos na medicina e farmacologia integrando diversas ciências, de modo a potencializar a produção de fármacos superando muitas barreiras biológicas na quais os medicamentos tradicionais se tornam impotentes (Objetivo 08).

Nanobiotecnologias Artificiais: Nanosensores (Conteúdo 09).

Investigar como sensores em escala “Nano”, auxiliam a medicina e como integram conhecimentos de diversas áreas (Objetivo 09).

## INFERÊNCIA

Diante do exposto, inferimos que os conteúdos ministrados em quase toda a sua totalidade, na PIIN a luz do TDC possibilitou a discussão e o cruzamento entre várias áreas das ciências, bem como a disposição das mesmas como base para o entendimento de abordagens Nanobiotecnológicas, dessa forma a presente prática atinge o objetivo do descritor 01 (*Visão Integradora ou Holística*).

### • **Considera o cotidiano**

A Interdisciplinaridade é também uma prática de vida, pois ela reflete experiências do indivíduo em sociedade com suas alegrias e tristezas (FAZENDA et al., 2008). Este trecho nos chama atenção para o fato inquestionável que a Interdisciplinaridade repercute no social, levando em consideração o cotidiano dos indivíduos, ou seja, a vida de cada pessoa está imersa no seu cotidiano, sendo o principal fator de influência das

peças. Portanto, abrir mão das experiências e da valorização dos conhecimentos prévios dos indivíduos é está fazendo qualquer coisa, menos Interdisciplinaridade.

### Valorização dos conhecimentos prévios

Ainda falando da atitude Interdisciplinar e o contexto, Fazenda et al. (2011) recomenda que independente da formação e contexto, sempre que possível, mesmo que de maneira intuitiva o docente deve procurar articular o conteúdo transmitido com o vivido e com o mundo que cerca os alunos. Nesse sentido a autora ainda esclarece que esse conhecimento adquirido pelo homem deve trazer-lhe satisfação de apropriar-se de mais saber, para poder entender o outro e o mundo.

Assim, o conteúdo 02 (Ver quadro 02), trouxe de forma explícita a associação entre a Nanotecnologia e seus produtos com o cotidiano dos licenciandos, suscitando nos mesmos seus conhecimentos por tais produtos. Porém em todos os outros conteúdos durante a PIIN a luz do TDC, foi resgatado na discussão seus conhecimentos prévios acerca da temática em questão, principalmente nos temas que envolvem os *Nanofármacos* fazendo comparações do poder de ação em relação aos *farmacos tradicionais* (Conteúdo 08), conhecidos e usados pelos licenciandos e também o contraponto dos benefícios de Nanossensores que formam *atadura inteligente* (Conteúdo 09) e um *curativo comum*, sendo essas últimas temáticas extraídas do TDC.

Produtos de mercado que usam a Nanotecnologia (Conteúdo 02).  
Possibilitar a percepção da Nanotecnologia no cotidiano. (Objetivo 02)

Nanobiotecnologias Artificiais: Nanofármacos (Conteúdo 08).  
 Analisar a introdução dos conhecimentos Nanotecnológicos na medicina e farmacologia integrando diversas ciências, de modo a potencializar a produção de fármacos superando muitas barreiras biológicas na quais os medicamentos tradicionais se tornam impotentes (Objetivo 08).

Nanobiotecnologias Artificiais: Nanosensores (Conteúdo 09).  
 Investigar como sensores em escala “Nano”, auxiliam a medicina e como integram conhecimentos de diversas áreas (Objetivo 09).

## INFERÊNCIA

Entendendo que o “conhecimento Interdisciplinar não se restringe à sala de aula, mas ultrapassa os limites do saber escolar e se fortalece na medida em que ganha a amplitude social” (FAZENDA et al. 2011, p. 65), é que inferimos a importância de uma PIIN a luz do TDC dar relevância ao contexto social que se insere o conteúdo e também o público para o qual a prática foi construída. Logo, a presente PIIN a luz do TDC, contemplou o Descritor 02 (*Visão múltipla, solidária, flexível e aberta*), propiciando aos licenciandos uma visão ampla sobre a repercussão social dos conhecimentos da Nanobiotecnologia, bem como viabilizou a integração das experiências de vida dos licenciandos, quando expõem seus pontos de vista.

### • Não fragmentadora e simplista

A civilização tem um passado histórico, de influenciar o pensamento humano a entender a natureza distante do homem. Forjando suas mentes a uma concepção de mundo onde os fatos, os fenômenos, a existência, se apresentam de forma fragmentada, desconexa, cuja consequência é a angústia, a incompreensão da totalidade, o medo o sofrimento (FAZENDA et al., 2011 p.19)

Essa visão fragmentada também é apontada por Morin (1990, p. 74) relatando que o paradigma da complexidade implica no abandono de todo e qualquer olhar simplificado. Todavia segundo a autora supra a “prática Interdisciplinar, por outro lado, sofre impedimentos resultantes da formação cultural da sociedade que reflete no setor educacional através da formação do professor, treinado por um saber fragmentado e realizando o seu trabalho sob as mais diversas influências. Estes são manifestados no dia a dia da sala de aula, onde o professor realiza um trabalho solitário e para qualquer iniciativa de criação do saber sofre inibições pela ausência de estímulos”.

Segundo a autora já mencionada “o trabalho Interdisciplinar supera visões fragmentadas, rompendo fronteiras e barreiras disciplinares, entre teoria e prática” (FAZENDA et al. 2011, p. 135), assim sendo passível de fazer extrapolações e comparações dos conteúdos abrindo novas possibilidades.

### Extrapolações, comparações e possibilidades

Nos apoiando em Fazenda et al. (2011), quando externa que a estratégia para fugir da fragmentação do ensino é a de se pesquisar a realidade em todas as possibilidades e interconexões, é que a presente PIIN a luz do TDC, inseriu conteúdos que resgatou a Interdisciplinaridade. Por exemplo, os conteúdos 01, 02, 05, 06, 07, 08 e 09, trouxeram de forma explícita em suas discussões, significativas iniciativas de extrapolções e comparações diversas dos conteúdos, mostrando aos licenciandos novas possibilidades da Nanobiotecnologia e suas relações.

A grandeza do Mundo Nano (Escala Nanométrica). (Conteúdo 01)  
Subsidiar a apresentação matemática da escala Nanométrica, comparando as diversas estruturas biológicas nessa escala. (Objetivo 01)

Produtos de mercado que usam a Nanotecnologia (Conteúdo 02).  
Possibilitar a percepção da Nanotecnologia no cotidiano. (Objetivo 02)

Gerações de desenvolvimento e aplicações da Nanotecnologia/Nanobiotecnologias (Conteúdo 03).  
Entender como sucedeu o desenvolvimento da Nanotecnologia/Nanobiotecnologias e as perspectivas futuras (Objetivo 03).

Iniciativas regulatórias quanto ao uso da Nanotecnologia no Brasil (Conteúdo 04).  
Explicar a situação legislatória da produção científica da Nanotecnologia (Objetivo 04).

Nanotecnologias, limites e possibilidade (Conteúdo 05).  
Oportunizar o entendimento sobre os potenciais e efeitos dos produtos Nanotecnológicos na natureza e a repercussão social (Objetivo 05).

Nanobiotecnologias Naturais: A relação permanente da biologia, química e física (Conteúdo 06).  
Perceber os componentes Nanotecnológicos existentes na natureza e nos seres vivos, focando suas estruturas químicas e biológicas bem como as forças físicas necessariamente existentes para a constituição dos mesmos (Objetivo 06).

A Interdisciplinaridade do “Mundo Nano” (Conteúdo 07).  
Identificar as relações interdisciplinares entre disciplinas tradicionais com novas áreas específicas da Nanotecnologia, técnicas e produtos elaborados a partir dessas conexões (Objetivo 07).

Nanobiotecnologias Artificiais: Nanofármacos (Conteúdo 08).  
Analisar a introdução dos conhecimentos Nanotecnológicos na medicina e farmacologia integrando diversas ciências, de modo a potencializar a produção de fármacos superando muitas barreiras biológicas na quais os medicamentos tradicionais se tornam impotentes (Objetivo 08).

Nanobiotecnologias Artificiais: Nanosensores (Conteúdo 09).  
Investigar como sensores em escala “Nano”, auxiliam a medicina e como integram conhecimentos de diversas áreas (Objetivo 09).

## INFERÊNCIA

Seguindo esse raciocínio, de entender a Interdisciplinaridade em sua natureza complexa, inferimos que a PIIN a luz do TDC proporcionou aos licenciandos uma visão não reducionista das temáticas abordadas, permitindo aos estudantes ir além dos conteúdos, fazendo extrapolações, comparações visualizando muitas possibilidades. Dessa forma a presente prática se enquadra do descritor 03 (*Visão complexa*).

### • **Acesso a diversas fontes**

Tendo como importante o dialogo entre os conhecimentos, é que essa ação tem possibilidade de se tornar concreta através da busca a diversas fontes de conhecimentos. Dentre elas destaco as divulgações do tipo TDC, como um recurso que favorece a disseminação de informações de forma acessível tanto na interpretação, como para sua aquisição. Pois dentro dessa linha Morales; Azevedo e Mariuzzo (2014), afirmam que o uso de TDC variados na escola torna-se potencialmente muito produtiva, inserindo-se na perspectiva da educação pela ciência “concebida para todos os alunos e preocupada com o desenvolvimento e o dialogo de conhecimentos, desenvolvendo capacidades, atitudes considerados necessários ao exercício da cidadania”.

Assim Fazenda et al. (2008), ressalta que hoje, mais do que nunca, reafirmamos a importância do diálogo, única condição possível de eliminação das barreiras entre as disciplinas. Disciplinas dialogam quando as pessoas se dispõem a isto [...].

A autora ainda esclarece que também é verdade reconhecer não só o diálogo entre as disciplinas, mas também, e, sobretudo, a conscientização sobre o sentido da presença do homem no mundo (FAZENDA et al., 2008 p. 81). É nessa visão de oportunizar o diálogo entre os conhecimentos através de diversas fontes que percebemos a complementaridade existente entre as mesmas para uma maior fundamentação dos diversos conteúdos, cooperando para não abertura de hierarquias disciplinares.

### TDC uma complementaridade

Na Interdisciplinaridade há a necessidade da “troca”, da “reciprocidade” entre os cientistas. Ninguém é portador da “Verdade Absoluta” (FAZENDA et al., 2011 p. 22), na realidade o que temos é uma complementaridade. Para tanto “lançar mão” de diversas fontes de conhecimentos subsidia a proposta de buscar os diversos discursos, para agregar as temáticas estudadas em sala visando a Interdisciplinaridade. A propósito Bueno (2002), assinala que as diversas divulgações científicas, como é o caso do TDC tem propósito social preferencial, desenvolvendo as sociedades, aproximando a ciência, apresentando-a como uma alternativa para a compreensão e interação com o mundo, favorecendo os mecanismos de inclusão e democratização do conhecimento.

Dentro dessa perspectiva de olhar o TDC, como um recurso que possibilita a complementaridade entre os conhecimentos na promoção da PIIN, é que destacamos os conteúdos 08, 09, 10 e 11, pois se referem a abordar os conhecimentos através do TDC. Todavia, os dois primeiros (08 e 09), relatam as temáticas do TDC extraídos da RDC usada nessa pesquisa, na qual possibilitaram a articulação entre diversas áreas e os dois últimos (10 e 11), são referentes aos estudos das funções e características do TDC, como recurso didático que viabiliza a abordar para os alunos as conexões existentes entre os conhecimentos.

Nanobiotecnologias Artificias: Nanofármacos (Conteúdo 08).

Analisar a introdução dos conhecimentos Nanotecnológicos na medicina e farmacologia integrando diversas ciências, [...] (Objetivo 08).

Nanobiotecnologias Artificias: Nanosensores (Conteúdo 09).

Investigar como sensores em escala “Nano”, auxiliam a medicina e como integram conhecimentos de diversas áreas (Objetivo 09).

TDC: Definição, tipos e objetivos. (Conteúdo 10).

Permitir o conhecimento das potencialidades do TDC como recurso didático (Objetivo 10).

TDC: Características para a produção em relação à linguagem.[...](Conteúdo 11).

Propiciar elementos para a construção de TDC (Objetivo 11).

## INFERÊNCIA

A partir do exposto e concordando com Fazenda et al. (2008 p. 67), sobre “a exagerada disciplinarização do saber científico, fazendo com que o cientista se torne um ignorante especializado”. A partir disso compreendemos a importância da relevante ação em promover PIIN que permitam relações entre os conteúdos, através de diversos recursos tal como o TDC, propiciando a complementaridade entre os conhecimentos. Assim, inferimos que a partir dos conteúdos citados nessa subcategoria e inseridos na presente PIIN a luz do TDC, esta se encaixa no descritor 04: *Visão democrática, não-hierarquizadora*.

Dada relevância aos quatro descritores propostos na presente PIIN à luz do TDC e apoiando-nos em Fazenda et al. (2011) concebemos que apesar de não possuir definição estanque, a visão Interdisciplinar necessita ser compreendida não havendo desvio na sua prática. A mesma deve ser nortada pela intenção, respeito pelo outro, humildade, totalidade e outros.

### **4.3 AC da produção de TDC pelo licenciandos**

Os TDC produzidos pelos licenciandos foram analisados de acordo com categorias teóricas (*Linguagem e Forma*), extraídas da proposta do Resumo do Manual de Divulgação Científica. Desses textos emergiram categorias empíricas (*Adaptação, Fundamentação, Criatividade e Estética*), desdobrando-se em subcategorias (*Destaques, Acessibilidade, Veracidade, Reelaboração do título e limites*), sendo todas essas respaldadas por unidades de registro (*Quadro síntese, Interação com o locutor, Exposição do desenvolvimento da pesquisa, Título atrativo e Concisão*).

**Quadro 12.** Processo de categorização para a análise dos TDC produzidos pelos licenciandos .

<b>CATEGORIAS TEÓRICAS</b>	<b>CATEGORIAS EMPÍRICAS</b>	<b>SUBCATEGORIAS</b>	<b>UNIDADE DE REGISTRO (TEMA)</b>	<b>UNIDADES DE CONTEXTO*</b>
Linguagem	Adaptação	Destaque	Quadro síntese	Em síntese: Estudos com o uso da nanotecnologia tem alcançado estudos relacionados ao combate de doenças pulmonares. Pesquisas sobre o uso de Nanopartículas para aplicação pulmonar pode trazer grandes benefícios no desenvolvimento de novas terapias de doenças pulmonares (Texto 1).
		Acessibilidade	Interação com o leitor	<p>A aplicação dos nanofármacos em determinados tratamentos, tem perspectivas infinitas [...] (tópico-aplicações-texto 02).</p> <p>As grandes vantagens do uso da nanotecnologia em fármacos são; maior controle e liberação da droga [...] (tópico-vantagens-texto 02)</p> <p>Você já se perguntou o sobre o que a cola, uma raquete de tênis e uma cera para carros tem em comum?, Não é o enigma da esfinge. A resposta é Nanotecnologia [...] (abordagem didática + analogia – texto 03).</p>
	Fundamentação	Veracidade	Exposição do desenvolvimento da pesquisa	Grandes investimentos são empregados em laboratórios de farmacologia, a fim de constatar a efetividade dos nanofármacos num futuro próximo à utilização dessa tecnologia para a população (Desenvolvimento da pesquisa-texto 02).
				Artigo 2: Nanofármacos e o futuro da terapêutica: aplicações, representantes, metodologias e inovações (Texto

Forma	Criatividade	Reelaboração do título	Título atrativo	original) Que venham os Nanofármacos (TDC 2
	Estética	Aparência Textual	Organização do texto	Limites de espaço com a elaboração de parágrafos curtos (Ver figuras 15 a 17). Inserção de ilustrações (Ver figuras 18 a 20).
*Estão expressos apenas alguns exemplos da unidade de contexto				

**Fonte:** Autora

As subcategorias elencadas serão discriminadas de acordo com as unidades de registro, fundamentadas pelas unidades de contexto extraídas dos textos e do vídeo apresentados na PIIN. Para uma maior organização e supressão de repetições, enumeramos os textos e o vídeo usados para a elaboração dos TDC nesta PIIN assim como os TDC produzidos pelos licenciandos respectivamente.

**Quadro 13:** Numeração dos textos e vídeo usados na elaboração de TDC na PIIN

<b>Textos (Artigos Científicos) e vídeo usados na elaboração de TDC na PIIN</b>	<b>Numeração do TDC produzidos pelos licenciandos</b>
Artigo 1: Nanomedicina e terapia de doenças pulmonares (Ver anexo 01)	TDC 1: Nono método de combate as doenças pulmonares (Ver anexo 05)
Artigo 2: Nanofármacos e o futuro da terapêutica: aplicações, representantes, metodologias e inovações (Ver anexo 02)	TDC 2: Que venham os Nanofármacos (Ver anexo 06)
Vídeo: O incrível e infinitamente pequeno Universo da Nanotecnologia (Ver anexo 03)	TDC 3: Admirável Mundo Nanotecnológico (Ver anexo 07)

**Fonte:** Autora

Quanto à linguagem dos TDC produzidos, discorreremos sobre as subcategorias elencadas inter-relacionando com as categorias empíricas, unidade de registro e unidades de contexto.

#### • Destaque

Tendo em vista a grande adaptação que deve ser realizada para a construção de um TDC, sendo assim, alguns pontos relevantes, são destacados nesses textos, para chamar a atenção do leitor a ler tais escritos, de modo claro, objetivo, interessante e que muitas vezes é uma leitura crucial para o entendimento de todo o TDC. Pois concordando com Vieira (2004), para um TDC é preferível que comece com uma imagem de impacto ou uma passagem marcante.

Para tanto, dois dos TDC produzidos pelo licenciandos se apropriaram de tal orientação de modo que criaram quadros sínteses para dar destaque.

### Quadros sínteses

Dessa maneira os TDC 01 e 02, apresentam quadros na qual sintetizam algumas informações pertinentes à temática em questão de cada artigo, distintamente dos artigos originais na qual informam de maneira corrida. Essas sínteses possuem uma linguagem simples e com precisão na qual o leitor não encontra dificuldades para entender. Logo, o autor supra relata sobre a importância da precisão textual de um TDC, dizendo que em uma divulgação científica deve ser precisa, sendo vital distinguir especulações de resultados comprovados.

Quanto a essa última parte dos resultados comprovados ambos os texto já relatados expressam na escrita de seus quadros sínteses sobre os limites e possibilidade de pesquisas deixando clara a situação da mesma quanto a sua validade ou ainda está em fase de teste tendo apenas previsões.

Em síntese: Estudos com o uso da nanotecnologia tem alcançado estudos relacionados ao combate de doenças pulmonares. Pesquisas sobre o uso de Nanopartículas para aplicação pulmonar pode trazer grandes benefícios no desenvolvimento de novas terapias de doenças pulmonares (Texto 1).

Em síntese: A aplicação de nanofármacos é bastante abrangente, com uma grande diversidade de trabalhos científicos sobre a tecnologia de transportar medicamento para regiões específicas. Grandes investimentos são empregados em laboratórios de farmacologia, afim de constatar a efetividade dos nanofármacos e viabilizar num futuro próximo a utilização dessa tecnologia para a população (Texto 2).

Percebemos que na síntese do texto 01 ocorre a repetição da palavra *estudo*. Todavia um TDC não deve constar de repetições, pois soa mal na leitura exprimindo ao leitor a pobreza no vocabulário no do TDC.

### INFERENCIA

Dessa forma inferimos que os licenciandos, utilizaram estratégias adaptativas para a construção de seu TDC, através da elaboração de quadros sínteses destacando ponto cruciais da pesquisa do artigo científico original, facilitando a leitura desde o inicio resultando no melhor entendimento do texto

- **Acessibilidade**

O grande propósito de um TDC é informativo, dando possibilidades de ser lido e entendido por qualquer público, seja ele especializado ou não. Inclusive o direcionamento do TDC se faz a este último, ao público leigo que não tem elementos e fundamentos suficientes para a interpretação da temática a ser explanada no TDC, pois de acordo com Rocha (2010), os TDC inclusive as RDC são estruturadas que agem como veículos de comunicação, sendo elaborados para cumprirem a função informativa.

Diante disso, percebemos que a interação com o leitor é o grande foco, logo, toda a adaptação converge nesse intuito,

#### Interação com o leitor

Segundo Vieira (2004) a elaboração de TDC, deve mirar no público, ela afirma que essa é a regra mais importante. Partindo desse pressuposto de interação é que foi observado em que nos 03 TDC produzidos, os licenciandos se dedicaram em elaborar um texto com uma linguagem simples, confortável de fácil entendimento e ao mesmo tempo introduzindo novos conceitos científicos relativos às temáticas. Quanto à sala de aula além da interação própria do TDC com o leitor, ele promove na sala de aula um envolvimento maior dos alunos na busca de uma compreensão mais efetiva do texto (TERRAZZAN e GABANA, 2003).

Foi observado especificamente no texto 01, que o mesmo começa relatando sobre a situação atual da Nanomedicina, explorando algumas limitações dos mesmos por encontrar algumas barreiras biológicas. Logo após concluírem esse pensamento, os licenciandos abrem um tópico (*Desenvolvimento de Nanopartículas utilizadas na terapia pulmonar*) para introduzir a pesquisa específica sobre o combate a doenças pulmonares, a partir desse os alunos percorreram o texto utilizando o vocabulário específico, porém explicando logo após o que cada conceito se referia, pois de acordo com o autor em um TDC se deve explicar sempre, evitando jargões inserindo conceitos científicos, mas explicando-os ao mais simples possível.

Os estudos relacionados à Nanomedicina tem trazido grandes descobertas ao mundo científico. A Nanomedicina está relacionada a aplicação de sistemas terapêuticos em escala nanométrica. [...] (Introdução - texto 1)

Estudos sobre a via de administração pulmonar é um campo de interesse crescente [...] (pesquisa específica sobre a terapia pulmonar – texto 1)

Os lipossomas são um dos tipos de nanocarreadores e antibacterianos lipossomais, sendo usados para tratar infecções pulmonares (Explicação - texto 1)

Assim de acordo com Terrazan e Gabana (2003) os Textos de Divulgação Científica (TDC) situam-se em posição privilegiada em relação aos diversos textos possíveis e disponíveis para utilização didática, pois esses textos são mais prováveis de serem lidos pelas pessoas quando desejam se informar sobre assuntos científicos. Nesse raciocínio os licenciandos produziram o TDC 02, promovendo uma interação com o leitor, primeiramente, esse TDC, introduz uma fala simples e interessante acerca da Nanotecnologia, pois de acordo com Vieira (2004), deve-se evitar espantar o leitor no primeiro parágrafo, esquivando-se de um início do texto complicado, com fórmulas ou conceitos difíceis. Consecutivamente, são elencados vários tópicos (*Aplicações, Vantagens, Classificação e Pesquisas*) na qual revelam uma organização do TDC, com finalidade de facilitar a interpretação do leitor. Todos esses tópicos mencionados são explicados e alguns termos específicos são esclarecidos.

A nanotecnologia é uma das ciências que possuem maior relação interdisciplinar, abrangendo disciplinas biológicas e exatas (Introdução Nanotecnologia-Texto 02).

A aplicação dos nanofármacos em determinados tratamentos, tem perspectivas infinitas [...] (tópico-aplicações-texto 02).

As grandes vantagens do uso da nanotecnologia em fármacos são; maior controle e liberação da droga [...] (tópico-vantagens-texto 02).

Esses nanossistemas poder ser podem ser classificados em: lipossomas, vesículas compostas [...] (tópico-classificação-texto 02).

No Brasil já existem pesquisas relacionadas à produção de polímeros para a utilização [...] (tópico-pesquisas-texto 02)

[...] Ampliar a eficiência terapêutica de drogas que possuem baixa possibilidade, ou seja, que apresentam dificuldade para penetrar nas membranas biológicas [...] (explicação- texto 02)

O TDC 03 foi extraído do vídeo, este já trazia uma linguagem bastante acessível, podemos até extrapolar e dizer que o mesmo tem linguagem didática e dinâmica na qual um apresentador, denominado de “Nanomam”, desvenda através de exemplos de cotidiano o incrível mundo nanotecnológico.

Também dentro dessa perspectiva da didaticidade ocorreu a produção dos licenciandos no texto 03, pois nos apoiando em Ribeiro e Kawamura (2005), o TDC por apresentarem uma linguagem diferenciada e por abordarem temas atuais, estes textos oferecem um enorme potencial para serem usados como ferramenta de auxílio ao professor em sala de aula, somando a isso os licenciandos produziram o TDC se utilizando de uma analogia (*enigma da esfinge*), este uso é defendido por Vieira (2004), quando diz que analogias são essenciais em um TDC, tendo cuidado com o tipo de analogia empregada para que o leitor não faça extrapolações indevidas.

Você já se perguntou o sobre o que a cola, uma raquete de tênis e uma cera para carros tem em comum?, Não é o enigma da esfinge. A resposta é Nanotecnologia [...] (abordagem didática + analogia – texto 03)

Nesse sentido os licenciandos também se utilizaram de expressões humorísticas, seguindo as orientações do autor supra que defende a introdução do humor nos textos, pois ele afirma que torna a leitura mais agradável, estimulando a atenção do leitor até o fim do TDC.

A nanotecnologia atualmente é estudada em várias áreas da ciência, como a física, a química e a biologia, servindo, por exemplo, para a fabricação de cosméticos, protetor solar (tornando os mesmo transparentes, evitando que seu rosto fique parecendo aqueles rostos de teatro japonês) [...] (Humor-texto 03)

## INFERENCIA

Diante dessas discussões verificou-se que os licenciandos através das adaptações linguísticas presentes em seu TDC, tornaram seus textos bastante acessíveis. Isto foi realizado através de explicações de termos específicos, uma linguagem simples, facilitando a interpretação do leitor. Outro aspecto importante foi à transformação do texto original corrido em um texto por tópicos, promovendo sua maior organização. Uma estratégia utilizada na redação do TDC foram analogias, expressões humorísticas

que captam a atenção do leitor. Logo, inferimos que todas essas alterações demonstram que os licenciandos compreendem o TDC, como um texto no qual a interação com o leitor é imprescindível.

#### •Veracidade

Quanto aos fundamentos da do TDC é importante que o mesmo relate sobre a realidade da pesquisa em questão, que seja exposto apenas as verdades sobre ela. Fazendo determinadas delimitações para construção do TDC sem comprometer a ideia central do texto. Para tanto é crucial a exposição do desenvolvimento da pesquisa, mencionando se a mesma já está consolidada ou ainda está em andamento. Desvelando as perspectivas futuras.

#### Exposição do desenvolvimento da pesquisa

Dentro desse tema, foi observado que todos os TDC produzidos pelos licenciandos apresentaram a exposição do desenvolvimento de muitas pesquisas, delimitando as já estão em uso, em fase de testes, ou mesmo algum tipo de problema desvelado durante a pesquisa. Essa realidade se fundamenta no autor supracitado orientando que os TDC não devem dar falsas esperanças, principalmente os textos que relatem sobre temas médicos, esclarecendo a condição real dos resultados da pesquisa, pois o leitor desses TDC pode ser portador de doença relatada nesse texto.

Apesar das pesquisas sobre o uso das Nanopartículas para a aplicação pulmonar esteja em fase inicial, já podemos dizer baseados em pesquisas feitas até hoje, que elas são uma opção para o tratamento de doenças que afetam o sistema respiratório (Desenvolvimento da pesquisa-texto 01).

Grandes investimentos são empregados em laboratórios de farmacologia, a fim de constatar a efetividade dos nanofármacos num futuro próximo à utilização dessa tecnologia para a população (Desenvolvimento da pesquisa-texto 02).

Mais fica a pergunta: será que toda esta tecnologia poderá possuir um lado obscuro? Para evitar isso, deve-se estar por dentro de toda a cadeia de produção, necessitando de agências reguladoras que fiscalizem o uso e descarte desses materiais, antes que esses materiais passem a fazer parte do nosso dia-a-dia por completo (Problema desvelado na pesquisa-texto 03).

De acordo com à forma dos TDC produzidos, discorreremos sobre as subcategorias elencadas inter-relacionando com as categorias empíricas, unidade de registro e unidades de contexto.

## INFERENCIA

De acordo com as produções textuais dos licenciandos, inferimos que os mesmos seguiram os fundamentos éticos para a construção de um TDC, se apoiando em princípios verdadeiros, informando aos leitores a realidade sobre a pesquisa em questão, sem omissões ou exageros. Certos disso os licenciandos relataram em seus TDC, a real situação das pesquisas, principalmente os dois textos que foram extraídos de artigos científicos abordando as fases da pesquisa e apontando alguns possíveis problemas que as permeiam.

### • **Reelaboração do Título**

Os artigos científicos constroem seus títulos embasados no conteúdo discutido no artigo, o grande foco é que o título seja capaz de dar conta da essência da pesquisa. Já os TDC, constroem seus títulos baseados no “marketing” para capturar a atenção do leitor, salvo que esses títulos também exprimem o conteúdo a ser tratado no TDC. Nessa linha de raciocínio o autor supra sugere que sejam criados títulos curtos e atrativos.

### Título atrativo

Sabendo que o título é o primeiro escrito a ser lido, os licenciandos foram criativos elaborando títulos na qual aguçam o interesse pela leitura, contemplando os requisitos básicos para a elaboração de um bom TDC..

Nanomedicina e terapia de doenças pulmonares (Texto original)  
Nono método de combate as doenças pulmonares (TDC 1).

Artigo 2: Nanofármacos e o futuro da terapêutica: aplicações, representantes, metodologias e inovações (Texto original)  
Que venham os Nanofármacos (TDC 2).

Vídeo: O incrível e infinitamente pequeno Universo da Nanotecnologia (Texto original).  
Admirável Mundo Nanotecnológico (TDC 3).

Vale ressaltar que o vídeo já trazia um título bastante atrativo, na qual a produção do TDC pelos licenciandos, fez com que o mesmo permanecesse na mesma perspectiva didática.

## INFERENCIA

Diante do exposto inferimos que quanto a forma dos TDC, os licenciandos se utilizaram da criatividade, elaborando títulos atrativos ao leitor, aumentando as chances dos leitores terem interesse pela leitura.

### **• Aparência Textual**

Ainda de acordo com a forma do TDC, a estética desse tipo de texto é essencial, pois esta também é uma exigência para compor um bom TDC, na qual conduza o leitor até o fim do texto.

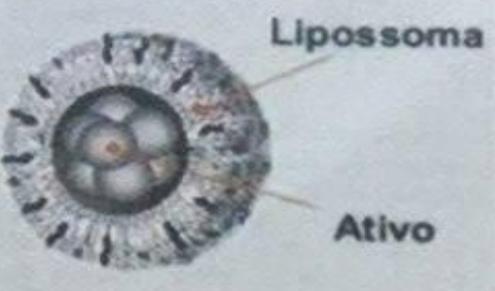
Colaborando com essa realidade Terrazan e Gabana (2003) relatam nos TDC encontramos discussões sobre os processos de produção dos conhecimentos científicos, o que pode auxiliar o leitor a formar imagens/ideias mais adequadas do que seja o “fazer científico”, diminuindo o grau de mistificação ou de exaltação ou ainda de recusa que costuma permear a imagem pública da Ciência. Logo, a inserção de figuras, ilustrações bem como toda a organização do texto cooperam para a concretização dos fatos abstratos da pesquisa.

## Organização do texto

Portanto Vieira (2004), diz que os TDC, devem se limitar a um espaço de escritos para não tornar a leitura enfadonha e cansativa, devendo apresentar parágrafos curtos dando pausa na leitura, tornando-a compreensível ao leitor. Assim os licenciandos produziram TDC, observando criteriosamente tal item, como mostram as imagens a seguir.

Figura 15: Parágrafos do TDC 01

# NOVO MÉTODO DE COMBATE AS DOENÇAS PULMONARES



**Lipossoma**

**Ativo**

*Em síntese:*

Estudos com o uso da nanotecnologia tem alcançado estudos relacionados ao combate de doenças pulmonares. Pesquisas sobre o uso de nanopartículas para aplicação pulmonar pode trazer grandes benefícios no desenvolvimento de novas terapias de doenças pulmonares.

Os estudos relacionados a nanomedicina têm trazido grandes descobertas ao mundo científico. A nanomedicina está relacionada a aplicação de sistemas terapêuticos em escala nanométrica ou micrométrica. Pesquisas vem sendo realizadas para controlar a liberação de fármacos no sistema. A utilização desses fármacos foi limitada por diversos fatores, entre eles estão: a impossibilidade do aumento da sua concentração no sangue, o tempo de permanência do agente terapêutico na circulação, baixa solubilidade e, principalmente, os efeitos colaterais indesejáveis. Atualmente, é possível controlar e modificar as propriedades biológicas das nanopartículas, através de modificações da superfícies dessas estruturas.

Os nanocarreadores farmacêuticos mais modernos possibilitam aumentar o tempo de circulação do fármaco no sangue, permitindo o acúmulo em áreas patológicas com vascularização comprometida ou inflamadas, o aumento da especificidade quanto ao local da ação, além de uma melhor penetração nos tecidos afetados, o aumento de retenção dessas partículas no tecido pulmonar acompanhado da elevação do tempo de liberação de fármacos.

## DESENVOLVIMENTO DE NANPARTÍCULAS UTILIZADAS NA TERAPIA PULMONAR

Estudos sobre a via de administração pulmonar é um campo de interesse crescente, principalmente no caso de fármacos lipofílicos, pois estes apresentam baixo aproveitamento pelo organismo quando administrados pela via oral. Medicamentos inalantes são mais eficientes no tratamento das vias áreas, eles têm se encontram em alta concentração no tecido que se deseja atingir. Assim sendo, se usa menos medicamento para atingir o tecido e reduz os efeitos colaterais sistêmicos.

O desenvolvimento de nanopartículas lipídicas sólidas e carreadores nanoestruturados lipídicos, bem como outros carreadores, se tornou uma alternativa para a aplicação em doenças pulmonares, porém as pesquisas ainda estão em fase inicial.

Fonte: Produzido pelos licenciandos

Figura 16: Parágrafos do TDC 02

— NANOMEDICINA EM BREVE —

## QUE VENHAM OS NANOFÁRMACOS!

A nanotecnologia é uma das ciências que possuem maior relação interdisciplinar, abrangendo disciplinas biológicas e exatas.

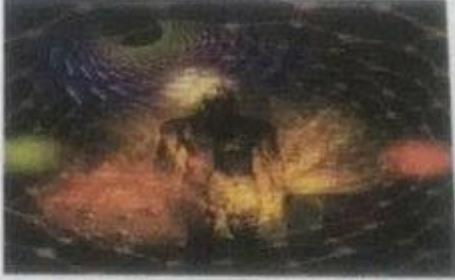
### APLICAÇÕES

A aplicação dos nanofármacos em determinados tratamentos tem perspectivas infinitas, esta pode abranger desde o uso de anticoncepcionais a aplicação de antibióticos. É uma das grandes contribuições da nanofarmacologia é a elaboração de "gaiolas" nanométricas capazes de transportar e controlar a liberação de um fármaco em um ambiente fisiológico específico.



### VANTAGENS

As grandes vantagens do uso da nanotecnologia em fármacos são: maior controle da liberação da droga; utilização de menor quantidade; maior intervalo de administração; ampliar a eficiência terapêutica de drogas que possuem baixa lipossolubilidade, ou seja, que apresentem dificuldade para penetrar nas membranas biológicas, ou que possuam efeitos colaterais devido à circulação sistêmica do princípio ativo; melhor aceitação do paciente e direcionamento da droga para o alvo específico.



### CLASSIFICAÇÃO

Esses nanosistemas podem ser classificados em: lipossomas, vesículas compostas por dupla camada de fosfolípidos;

Fonte: Produzido pelos licenciandos

Figura 17: Parágrafos do TDC 03

*Revista Cientific Rural Biophysic American, v. 78, n. 12, p. 111-112*  
*Autores: Luzia<sup>1</sup>, Gabriel<sup>1</sup>, Floriano<sup>2</sup>, José<sup>1</sup>, Israel<sup>1</sup>, ... Romilda Nogueira<sup>2</sup>, Ana Paula<sup>2</sup>*

## Admirável Mundo Nanotecnológico

### Admirável Mundo Nanotecnológico

#### Admirável Mundo Nanotecnológico

Admirável Mundo Nanotecnológico

Admirável Mundo Nanotecnológico

Admirável Mundo Nanotecnológico

Você já se perguntou sobre o que a cola, uma raquete de tênis e uma cêra pra carros têm em comum? Não, não é o enigma da esfinge. A resposta é: nanotecnologia (fig. 1). Nanotecnologia? Sim, isso mesmo. A nanotecnologia é a ciência que estuda a manipula a matéria em escala atômica e molecular. Esta é era que estamos possivelmente entrando, a era da nanotecnologia. A nanotecnologia envolve técnicas capazes de manipular a matéria em uma escala muitíssimo pequena, que é a escala nanométrica, que por incrível que parece, é um bilhão de vezes menor do que um metro, algo proporcional a colocar uma moeda de 50 centavos, em relação ao tamanho do planeta terra.



Figura 1- Produtos que empregam a nanotecnologia

Na escala nanométrica, um determinado material pode mudar as suas propriedades, como por exemplo o ouro, que pode alterar seu ponto de fusão e até mesmo transportar medicamentos para locais específicos do corpo, que antes não eram atingidas pelos medicamentos atuais.

Mas não fica só por aí, pois a escala nanotecnológica pode ajudar em várias áreas, como na indústria têxtil, fabricando um tecido que não permite o surgimento de manchas. A nanotecnologia atualmente é estudada em várias áreas da ciência, como a física, a química e a biologia, servindo por exemplo para a fabricação de cosméticos, protetor solar (tornando os mesmos transparentes, evitando que o seu rosto fique parecendo aqueles rostos de teatro japonês)(fig.2), matar bactérias em geladeiras, tornar soldados invisíveis, entre outras funções.

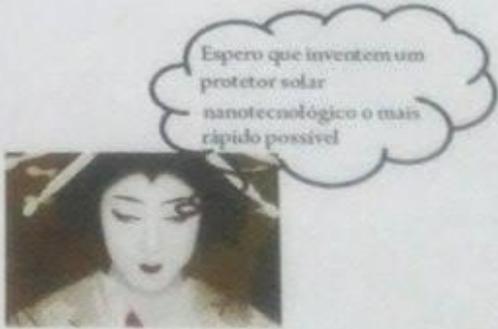


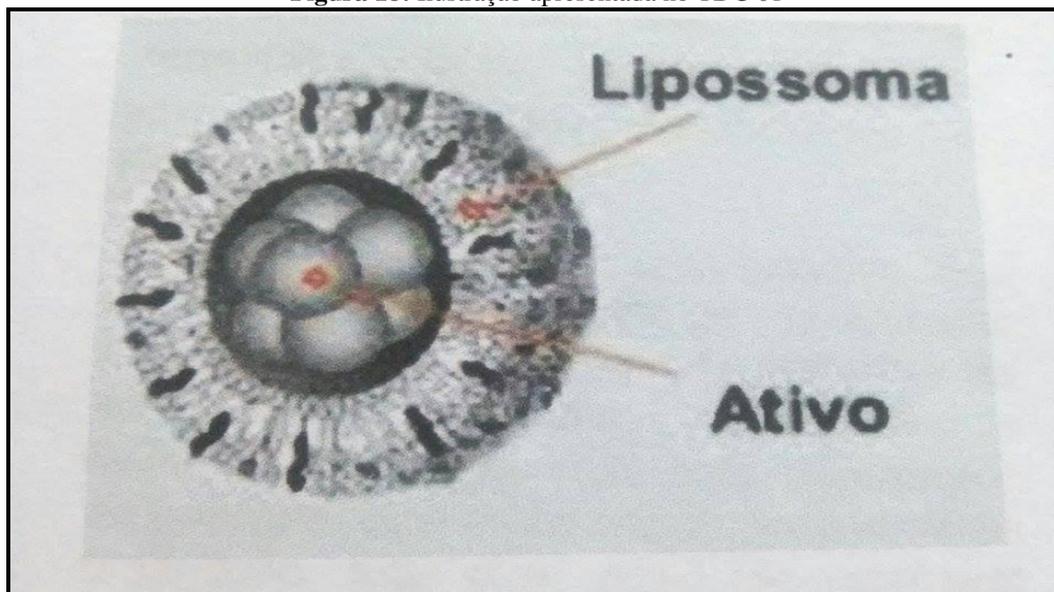
Figura 2- Utilização da nanotecnologia em protetores solares

1. Discentes do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFRPE
2. Orientadores da Disciplina Física e Biofísica do DMFA- UFRPE

Fonte: Produzido pelos licenciandos

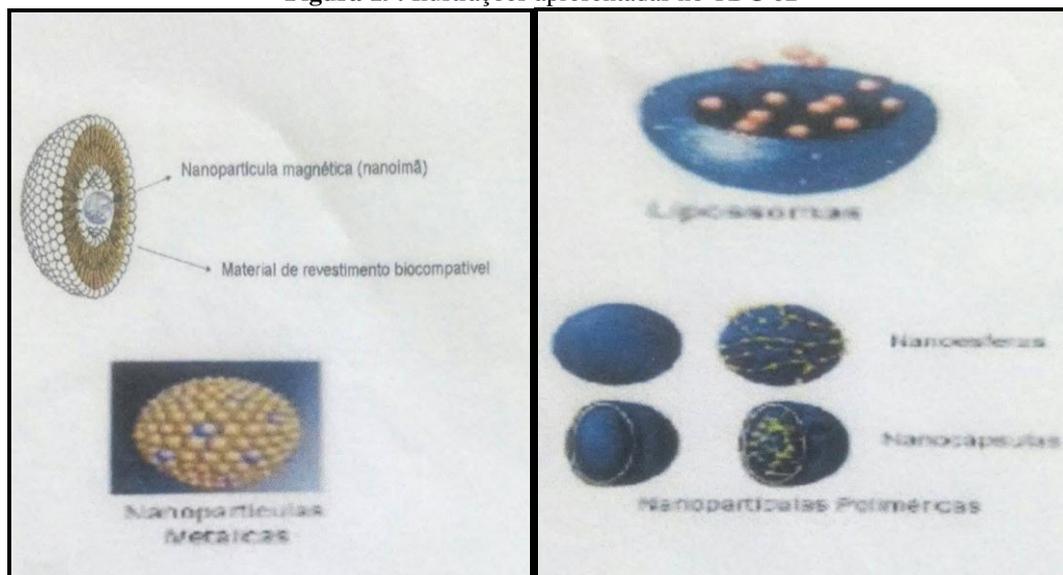
Na aparência textual também se faz pertinente a inserção de ilustrações nos TDC, materializando o que se fala. Nessa perspectiva o autor se manifesta dizendo que nas divulgações científicas devem-se usar boas ilustrações com resolução em torno de (300 dpi). Portanto atentando para essas orientações os licenciandos inseriram em seus TDC imagens concretizando o que é relatado.

**Figura 18:** Ilustração apresentada no TDC 01



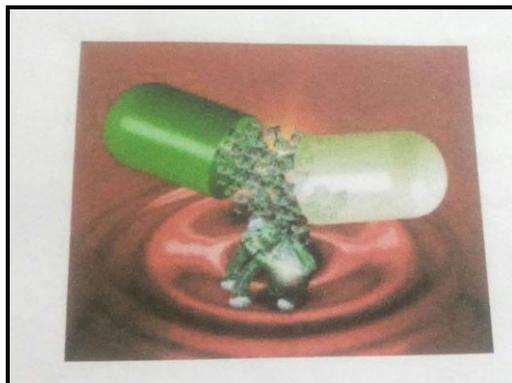
**Fonte:** Produzido pelos licenciandos

**Figura 19:** Ilustrações apresentadas no TDC 02



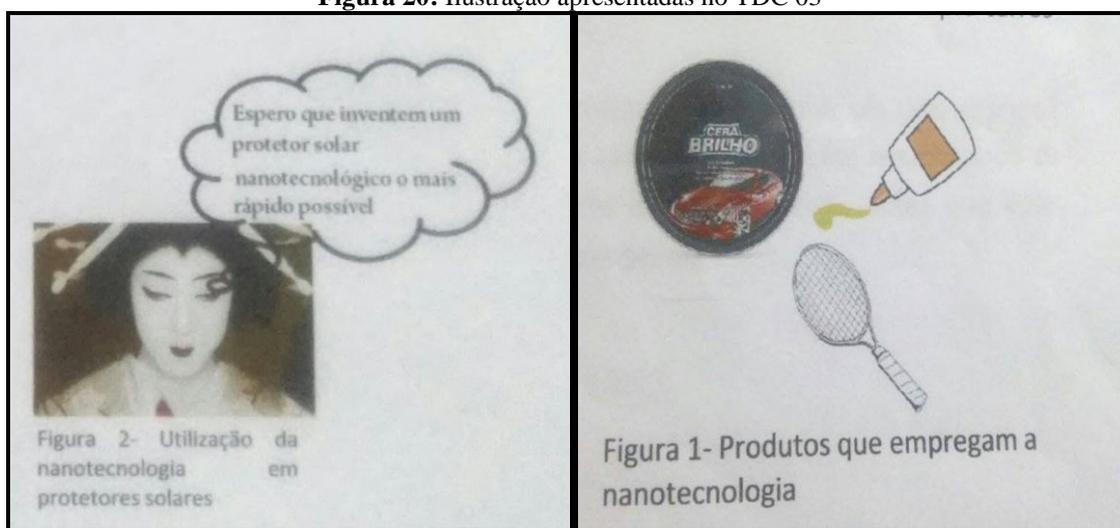
**Fonte:** Produzido pelos licenciandos

**Fonte:** Produzido pelos licenciandos



Fonte: Produzido pelos licenciandos

Figura 20: Ilustração apresentadas no TDC 03



Fonte: Produzido pelos licenciandos

Fonte: Produzido pelos licenciandos

Através das ilustrações apresentadas, notamos que no TDC 01 e 02 as mesmas não estão devidamente legendadas, descrevendo qual a sua pertinência do texto, distintamente o TDC 03, insere em suas ilustrações legendas retratando a que se refere cada uma, esse pensamento coadune com a proposta de Vieira (2004), afirmando que todas as imagens de um TDC devem conter legendas.

## INFERENCIA

Na estética do TDC, inferimos que os licenciandos perceberam a necessidade da mudança da aparência textual, reorganizando o texto o limitando para não torna-lo cansativo, com a inserção de parágrafos curtos e muitas ilustrações materializando a leitura.

Diante do exposto fica claro que para o uso bem sucedido de um TDC em sala de aula se faz necessário à compreensão do seu funcionamento em cada contexto, das suas condições de elaboração e de suas implicações sobre seus julgamentos, não se limitando à simples inclusão nas situações escolares (MARTINS et al., 2004).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a realização da Prática Docente Interdisciplinar a luz do Texto de Divulgação Científica (PIIN à luz do TDC) e a discussão dos dados coletados com licenciandos na mesma, foi possível tecer várias considerações sobre esta pesquisa, cujo objetivo foi de analisar as possibilidades do Uso dos Textos de Divulgação Científica sobre Nanobiotecnologia na realização de uma Prática Interventiva Interdisciplinar.

Para dar subsídio a esse objetivo geral, o desdobramos em três específicos, na qual utilizamos instrumentos metodológicos distintos, para coleta de dados de forma específica, porém sendo todos esses analisados à luz da técnica de Análise de Conteúdo (AC), proposta por Bardin (2009).

Dando sequência as considerações, abordaremos cada objetivo específico enfatizando as conclusões que cada resultado proporcionou a presente pesquisa.

Para atingir o objetivo de investigar o TDC como material de apoio didático que possibilitem abordagens da Nanobiotecnologia, foi aplicada a Sequência Didática Interativa (SDI), prévia e pós a PIIN à luz do TDC, analisando as concepções prévias e pós-prática e também fazendo um confronto de tais concepções suscitadas pela SDI. Dessas concepções concluímos que o TDC como recurso didático em práticas docentes tem potencial para a ampliação do vocabulário científico dos alunos, possibilitando a aplicabilidade dos conteúdos, permitindo a contextualização com o dia a dia dos alunos.

Foi verificado também que os TDC, proporcionam a abordagem de aulas Interdisciplinares, em que viabilizam a conexão entre os conhecimentos, ultrapassando os limites disciplinares. Dentro desses conhecimentos foi constatado que o TDC, oportuniza aulas com temas contemporâneos, destacando nesta pesquisa a inserção de temáticas Nanotecnológicas, apresentando a Nanobiotecnologia em seus aspectos biológicos e a Nanomedicina, atrelada a questão da saúde e farmacologia com a produção dos Nanofármacos e Nanossensores. Finalizando as conclusões desse objetivo, temos que os licenciandos demonstraram em suas concepções a evolução do

conceito de pesquisa sobre Nanobiotecnologia, pois assim foi apresentado por eles através das exemplificações sobre tais avanços e o relato do entendimento de processos complexos dessa área.

Já quanto ao segundo objetivo de elaborar descritores que permitam identificar uma PIIN à luz do TDC, utilizamos as obras de Fazenda (2008; 2011) como fundamento para a criação de tais descritores tendo em vista a capacidade dos mesmos na validação da PDI desta pesquisa. Para tanto nos valem dos conteúdos pré-selecionados sobre Nanotecnologia somados aos TDC ambos usados nas intervenções em sala de aula juntamente com os objetivos a serem alcançados. Nesse sentido concluímos que a presente PIIN à luz do TDC alcançou o descritor 01: Visão Integradora ou Holística na qual propiciou discussões que favoreceram o cruzamento entre várias áreas das ciências, e como essas subsidiaram a compreensão das abordagens Nanobiotecnológicas.

A presente prática também contemplou o descritor 02: Visão múltipla, solidária, flexível e aberta, concedendo aos licenciandos uma visão ampla sobre a repercussão social dos conhecimentos da Nanobiotecnologia, através da valorização de seus conhecimentos prévios, integrando as experiências de vida dos mesmos através da exposição de seus pontos de vista.

Consecutivamente, concluímos que a presente PIIN a luz do TDC se inseriu no descritor 03: Visão complexa, na qual acarretou uma prática norteada por um olhar não fragmentador e simplista da ciência, através das extrapolações, comparações e possibilidades apontadas pelas concepções dos licenciandos.

Ainda nesse objetivo verificamos que a PIIN se enquadra no descritor 04: Visão democrática, não-hierarquizadora, pois através do acesso a diversas fontes, ou seja, através do contato com os diferentes TDC, foi possível perceber nas concepções dos licenciandos a exposição em seus relatos da complementaridade entre as ciências, excluindo a supremacia de conhecimentos.

Quanto último objetivo de analisar os recursos textuais de linguagem e forma usados pelos sujeitos de pesquisa na produção de seus TDC a partir de dois artigos científicos e um vídeo, foi observado que os licenciandos munidos de conhecimentos sobre os

elementos para a elaboração dos TDC, apresentaram técnicas textuais que promoveram adaptações quanto à linguagem dos mesmos tais como, a elaboração de quadros sínteses, destacando pontos importantes da pesquisa do artigo original, explicações de termos específicos, fala simples, a presença de analogias e expressões humorísticas deixando a leitura interessante. Portanto diante de todas essas transformações do texto original para o TDC concluímos que os licenciandos compreendem que os TDC, têm como uma de suas prioridades promoverem a interação com o leitor.

De acordo com os fundamentos éticos para a construção dos TDC, os licenciandos se utilizaram desses no tocante a relatar em seus textos, as fases de cada pesquisa, suscitando problemas das mesmas.

Já quanto à forma do TDC, foi notada a grande criatividade dos licenciandos na elaboração de títulos atrativos para captar a atenção do leitor a dar prosseguimento a leitura. Ainda discorrendo sobre a forma constatou-se que os licenciandos atentaram para a estética do TDC, através da mudança da aparência textual em comparação com os textos originais e mesmo com o vídeo, tornando a leitura não cansativa pela reorganização em parágrafos curtos e a inserção de várias ilustrações.

Ainda podemos citar a questão de o TDC ser um aliado no papel do professor formador na qual pode se utilizar desse material em sua prática colaborando para o ingresso das divulgações científicas também no meio acadêmico, frente a situação desse material ainda ser pouco utilizado tanto no contexto da educação básica como na educação superior.

Diante do exposto, concluímos que o TDC, possui potenciais e benefícios na realização de PDI, através de temáticas da Nanobiotecnologia.

Dentro dessa perspectiva a referente pesquisa respalda e aponta futuras pesquisas que tenha como propósito a investigação do porque o TDC ainda é pouco utilizado nos contextos supracitados? tendo em vista seus contributos didáticos.

## REFERÊNCIAS

AGUSTINI, C. L. H. **Lugares de Enunciação e modos de dizer:** a relação entre o linguístico e o discursivo. Uberlândia, 2004.

AIRES, J. A; BOER, N; BRANDT, C.F; FERRARI, N; GOMES, M. G; OLIVEIRA, V. L. B; PAZ, A. M; PINHEIRO, N. A. M; SCHEID, N. M. J. **Divulgação científica na sala de aula:** um estudo sobre a contribuição da revista ciência hoje das crianças. Anais do IV ENPEC. Bauru, São Paulo, 2003.

ALENCAR, J. P. O.; SOUSA, J. D. Nanofármacos e o futuro da terapêutica: aplicações, representantes, metodologias e inovações. In: **IV Semana de Iniciação Científica de Juazeiro do Norte**, 2012.

ALFERES, S. C.; AUGUSTINI, C. L. H. **A Escrita da Divulgação Científica.** Horizonte Científico. 2008.

ALMEIDA, M. J. P. M.; SILVA, H. C. **O texto escrito na educação em Física:** enfoque na divulgação científica. In: ALMEIDA, J. P. M.; SILVA, H. C. Linguagens, Leituras e Ensino da Ciência. Campinas: Mercado das Letras: Associação de Leitura do Brasil – ALB, 1998.

ALMEIDA, M. J. P. M. **O texto de divulgação científica como recurso didático na mediação do discurso escolar relativo à ciência.** In: PINTO, G.A. Divulgação Científica e Práticas Educativas. Curitiba: Editora CRV, 2010.

ALTET, M. **Une démarche de recherche sur la pratique enseignante:** l'analyse plurielle. Revue Française de Pédagogie. Paris, n. 138, 2002, p. 85-94.

ALVETTI, M. A. S.; DELIZOICOV, D. **Ensino de Física Moderna e Contemporânea e a Revista Ciência Hoje.** Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Educação Curso de Mestrado em Educação) 25f. Universidade Federal de Santa Catarina Centro de Ciências da Educação. Florianópolis: UFSC, 1999.

ARAKI, K. Estratégia supramolecular para a nanotecnologia. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 6, p. 1484-1490, 2007.

AUTHIER-REVUZ, J. **Palavras incertas:** as não coincidências do dizer. Campinas: UNICAMP, 1998.

AZEVEDO, F. **As ciências no Brasil.** Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, v.2. 1995.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** (L. A. Reis & A. Pinheiro. Trad.). São Paulo: Edições 70. Livraria Martins Fontes, 2009.

BASTOS, H. F. B. N. Disciplinaridade: multi, inter e trans. In: **Revista Construir notícia:** Pedagogia em discussão, n. 14, ano 3, jan. /fev. 2004, p. 40-41.

BAWA, R., “**Nanoparticle-based Therapeutics in Humans: A Survey**”, *Nanotechnology Law and Business*, Vol. 5, n. 2, 2008, p. 135-155.

BOCHNIAK, R. **Questionar o conhecimento-Interdisciplinaridade na escola**. 1 Edição. Editora Loyola. São Paulo, 1992.

\_\_\_\_\_. **Questionar o conhecimento: interdisciplinaridade na escola**. 2 Edição. Editora Loyola. São Paulo, 1998

BONACCORDO, A; THOMA, G. “**Scientific and technological regimes: Combinatorial inventors and performance in nano science and technology**”. University of Piza. LEM Working Paper Series, 2005/ 2006.

\_\_\_\_\_. **Institutional complementary and inventive performance in nano science and technology**. *Research Policy*. Vol. 36, p. 813-831, 2007.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 1997.

\_\_\_\_\_. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Educação Fundamental. Ciências Naturais/ Secretaria de Educação Fundamental**. Brasília: MEC/ SEF, 1998.

\_\_\_\_\_. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2000.

\_\_\_\_\_, **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica em Nível Superior**, Curso de Licenciatura, de Graduação Plena. Brasília, 2001.

\_\_\_\_\_. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Ciências Humanas e suas tecnologias**. Secretaria da Educação Média e Tecnológica: MEC, SENTEC, 2002.

\_\_\_\_\_. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Biologia. Brasília, 2006.

\_\_\_\_\_. **Exame Nacional de Ensino Médio**. Ciências da natureza. Brasília, 2009.

\_\_\_\_\_. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Panorama da nanotecnologia no mundo e no Brasil**. Brasília: ABDI, 2010, in: Série Cadernos da Indústria ABDI, 21.

BRU, M. Pratiques enseignantes: des recherches à conforter et à développer. *Revue Française de Pédagogie*, 2002 In: FAZENDA, I. et al. **O que é interdisciplinaridade?**. São Paulo: Cortez, 2008, p. 55.

\_\_\_\_\_.; TALBOT, L. Les pratiques enseignantes: une visée, des regards. *Les Dossiers des Sciences de l'Éducation*, 2001. In: FAZENDA, I. et al. **O que é interdisciplinaridade?**. São Paulo: Cortez, 2008, p. 55.

BUENO, W. C. Jornalismo científico como resgate da cidadania. In: MASSARANI, L.; MOREIRA, I.C.; BRITO, F. **Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil**. Rio de Janeiro: Casa da Ciência, UFRJ, 2002, p. 229.

\_\_\_\_\_. Jornalismo científico: revisitando o conceito. In: VICTOR, C.; CALDAS, G.; BORTOLIERO, S. (Org.). **Jornalismo científico e desenvolvimento sustentável**. São Paulo: All Print, 2009, p. 157-78.

\_\_\_\_\_. **Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais**. In: **Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais**. Londrina, v. 15, n. esp, 2010, p. 1 – 12.

BUFREM, L. S. **Interdisciplinaridade: contribuições ao debate**. In: Ciclo de debates de ciências sociais. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1998.

BUSHAN, B. **Springer Handbook of Nanotechnology**. Ohio: USA: Springer-Verlag, 2004. p. 1222.

CACHAPUZ, A., GIL-PEREZ, D., CARVALHO, A.M.P., VILCHES, A. (org). **A Necessária Renovação do Ensino das Ciências**, São Paulo: Cortez, 2005.

CAMPOS, E. N. **Gênero, discurso, persuasão e gramática**. 2006 (Inédito).

CAMPOS, R. S. P; MONTOITO, R. O texto alternativo ao livro didático como proposta interdisciplinar do Ensino de Ciências e Matemática. In: **Ensino de ciências e matemática, IV: temas de investigação** [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010. Disponível em <http://books.scielo.org/id/bpkng/pdf/pirola-9788579830815-09.pdf>. Acessado 10 de março de 2015.

CAPRA, F. O ponto de mutação. 22. ed. São Paulo: Cultrix, 2001. In: FAZENDA, I. et al. **O que é interdisciplinaridade?**. São Paulo: Cortez, 2008, p. 71.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

QUISPE, W.C. **Bionanotecnologia**. Revista de Información Tecnología Y Sociedad.n 5, 2010, p. 24-26.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social**. Revista Brasileira de Educação, Rio de Janeiro, n. 22, 2003, p. 89-100.

CHAVES, T. V. **Textos de divulgação científica no ensino de física moderna na escola média**. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Educação) 18f. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria/RS/BRA, 2002.

CHAVES, A. **Nanociência e Nanotecnologia**. Brasília, DF: Ministério da Ciência e

Tecnologia, 2002. Reportagens. Disponível em: <<http://ftp.mct.gov.br>> acesso em: 10 de março de 2015.

\_\_\_\_\_. Nanociência e Nanotecnologia. In: **Revista eletrônica de jornalismo científico Com Ciência**, 2002. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano17.htm>> acesso em: 10 de março de 2015.

CHERVEL, A. **La culture scolaire: une approche historique**. Paris: Belin, 1988.

CONCEIÇÃO, A. P. S.; NOGUEIRA, R. A. **O texto de divulgação científica no ensino de ciências: uma abordagem de questões ambientais**. In: Encontro de Pesquisa Educacional em Pernambuco, V EPEPE, Garanhuns, 2014.

CONCEIÇÃO, A. P. S.; NOGUEIRA, R. A. **Ensino de biologia**. In: VI Colóquio Internacional “Educação e Contemporaneidade”, IV EDUCON, Aracajú-SE, 2014

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2011.

DELORS, J. **Educação: um tesouro a descobrir**. 2 ed. São Paulo: Cortez, Brasília, DF: MEC/UNESCO, 2003.

DURÁN, N., et al., “**O que é nanobiotecnologia? Actualidades e Perspectivas**”, Instituto de Química, Laboratório de Química Biológica. Unicamp, Campinas, 2004. [www.ifi.unicamp.br/extensao/oficinas/anteriores/of\\_9\\_duran.doc](http://www.ifi.unicamp.br/extensao/oficinas/anteriores/of_9_duran.doc)

DURAN, N., MATTOSO, L. H. C., MORAIS, P. C. **Nanotecnologia, Introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação**. São Paulo: Artliber, 2006.

FAZENDA, I. A. **Interdisciplinaridade: um projeto em parceria**. São Paulo: Loyola, 1993.

FAZENDA, I. A. **Interdisciplinaridade: História, teoria e Pesquisa**. São Paulo: Papyrus, 1994.

FAZENDA, I. A. **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia**. São Paulo: Loyola, 1996.

FAZENDA, I. A. (org.) **Dicionário em construção – interdisciplinaridade**. São Paulo: Cortez, 2001.

FAZENDA, I. A. A aquisição de uma formação interdisciplinar de professores. In: (Org.). **Didática e interdisciplinaridade**. 6. ed. Campinas: Papyrus, 2001.

FAZENDA, I. A. et al. **O que é interdisciplinaridade?**. São Paulo: Cortez, 2008.

FAZENDA, I. A. et al. **Práticas Interdisciplinares na escola**. 12. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

FILHO G. A. F.; CAMARA, M. R. G.; SEREIA. J. V. **O desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil**. In: Congresso Virtual Brasileiro de Administração, VIII Convibra Administração, 2011.

FONSECA, M. R. F. **As “Conferências Populares da Glória”**: a divulgação do saber Científico. História, Ciência, Saúde – Manguinhos, II/3, 1996, p. 135-166.

FRANÇA, S. B. **O desenvolvimento da concepção de Nanomundo no ensino fundamental**, 2005.

GABANA, M.; LUNARDI G.; TERRAZAN, E. A. **Textos de divulgação científica: analisando uma estratégia didática para o Ensino Médio**. In: Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC. Bauru, SP, 2003.

GADOTTI, M. **Pedagogia da terra**. São Paulo: Petrópolis, 3 ed, (Série Brasil Cidadão), São Paulo: Peirópolis, 2000.

GARCIA, F. M. Nanomedicina e terapia de doenças pulmonares. In: **Revista Einstein** (São Paulo), v.12, n. 4 São Paulo Oct./Dec. 2014. Disponível em [http://www.scielo.br/pdf/eins/2014nahead/pt\\_1679-4508-eins-12-3-1679-45082014RC3113.pdf](http://www.scielo.br/pdf/eins/2014nahead/pt_1679-4508-eins-12-3-1679-45082014RC3113.pdf). Acessado em 10 de março de 2015.

GOMES, P. H. M; ZANCUL, M. S. Educação em Saúde nos livros didáticos de ciências para o ensino fundamental. **Revista da SBEnBio**, n.3, 2010, p. 650- 658.

GULARTE, C. A. O.; SILVA, P. H.; RIBAS, S. S.; TAMBORENA, T. **A produção de textos de divulgação científica como atividade interdisciplinar para a alfabetização científica no contexto do projeto PIBID – Subprojeto Ciências da Natureza**. Uruguaiana, 2013.

HERBST, M. H.; MACEDO, M. I. F.; ROCCO, A. M. Tecnologia dos nanotubos de carbono: tendências e perspectivas de uma área multidisciplinar. **Química Nova** [online], vol.27, n.6, 2004, p. 986-992. ISSN 0100-4042.

JAPIASSU, H. **Ciência e destino humano**. Rio de Janeiro: Imago, 2005.

KESSELRING, T. **“O conceito de natureza na história do pensamento ocidental”**. Revista Ciência & Sociedade, Santa Maria, v. 3, n. 5, p. 19-39, 1992.

LECHUGA, L. M. **Nanomedicina:** aplicación de la nanotecnología en la salud. Revista Eletrônica AMGEN Biotecnologia aplicada Ed. 9, 2008. Disponível em: <[http://www.amgen.es/doc3.php?op=biotecnologia9&ap=b9\\_nanomedicina](http://www.amgen.es/doc3.php?op=biotecnologia9&ap=b9_nanomedicina)> acesso em 04 de novembro de 2014.

LEIBRUDER, A. P. **O discurso de divulgação científica.** In: BRANDÃO, Helena Nagamine. (Coord.). Gêneros do discurso na escola. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2003.

LENOIR, Y. **Três interpretações da perspectiva interdisciplinar em educação em função de três tradições culturais distintas.** Revista *E-Curriculum*. São Paulo: PUC-SP, v.1, n.1, dez.-jul. 2005-06. Disponível em: <<http://www.pucsp.br/ecurriculum>>.

LOPES, M. M. **O Brasil descobre a pesquisa científica.** Os museus e as ciências naturais no século XIX. São Paulo: Hucitec, 1995.

MAHARANA, B. R., et. al., “**Nanobiotechnology: A voyage to future?**”, *Veterinary World*, v. 3, n. 3, 2010, p. 145-147.

MARQUES, G. C. **Física:** tendências e perspectivas. São Paulo. Livraria da física, 2005. 333p.

MARTINS, I. **Projeto Comunicando Ciências na Escola.** Projeto de Pesquisa do Laboratório de Linguagens e Mediações do Núcleo de Tecnologia Educacional para Saúde (NUTES): UFRJ, 2001.

MARTINS, I.; NASCIMENTO, T.G.; ABREU, T.B. **Clonagem na sala de aula:** um exemplo do uso didático de um texto de divulgação científica. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 9, n.1, 2004, p.95-111.

MASSARANI, L.; NEVES, R. A divulgação científica para o público infanto-juvenil: um balanço do evento. In: MASSARANI, L. **Ciência e criança:** a divulgação científica para o público infanto-juvenil. Editado por Luisa Massarani. Rio de Janeiro: Museu da Vida / Casa de Oswaldo Cruz / Fiocruz, 2008, p. 8-13.

MELO, W.C.; HOSOUME, Y. O jornal em sala de aula: uma proposta de utilização. In: **XV Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Curitiba, PR, mar. 2007.

MENDES, M. F. A. **Uma perspectiva histórica da divulgação científica: a atuação do cientista-divulgador José Reis (1948-1958).** Tese de doutorado (Em História das Ciências da Saúde) Fundação Oswaldo Cruz, 2006.

MORALES, A. P; AZEVEDO, M; MARIUZZO, P. **Divulgação científica em sala de aula:** relato de duas experiências com a revista Pré-UNIVESP. In: Congresso Ibero-Americano de Ciência, Tecnologia, Inovação e Educação, 2014.

MOREIRA, I. C; MASSARANI, L. Cândido Batista de Oliveira e a implantação do sistema métrico decimal no Brasil. In: **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**. v. 18, 1997, p. 3-16.

MOREIRA, I. C; MASSARANI, L. A divulgação científica no Rio de Janeiro: algumas reflexões sobre a década de 20. **Revista História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, n. 7, 2001, p. 627-651.

MOREIRA, I. C; MASSARANI, L. **Aspectos históricos da divulgação científica no Brasil**. In: MASSARANI, L., MOREIRA, I.C.; BRITO, F. Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil. Rio de Janeiro: Casa da Ciência – Centro Cultural de Ciência e Tecnologia a UFRJ. Fórum de Ciência e Cultura, 2002, p. 43-64.

MORAES, M. C. **O paradigma educacional emergente**. 8. ed. Campinas: Papirus, 2002.

MORIN, E. **Science avec Conscience**. Paris: Le Seuil, 1990.

MORIN, E. (Org.). **A religação dos saberes: o desafio do século XXI**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

MORIN, E. Introdução ao pensamento complexo. Porto Alegre: Sulina; 2006. In: FAZENDA, I. et al. **O que é interdisciplinaridade?**. São Paulo: Cortez, 2008, p. 70.

NASCIMENTO, T. G. **Leituras de divulgação científica na formação inicial de professores de ciências**. Tese de Doutorado em Educação Científica e Tecnológica, Universidade de Santa Catarina-UFSC-Brasil, 2008.

NICOLESCU, B. Um novo tipo de conhecimento - Transdisciplinaridade. In: COLL, A. N. et al. **Educação e Transdisciplinaridade**. Guarujá, SP: Triom, 2000, p. 2-3.

NUNES, R.C. **Química Orgânica, interdisciplinaridade e literatura de divulgação científica: um relato de experiência com alunos do Ensino Médio** In: 10º Simpósio Brasileiro de Educação Química, Cabo Frio, 2012.

OLIVEIRA, J. C. **Cultura científica no Paço de D. João – o adorador do Deus das ciências (1808-1821)**. Tese de doutorado (Programa de Pós-Graduação em História Social), Universidade de São Paulo-USP, 10f, 1998.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer projetos, Relatórios, Monografias, Dissertações e Teses**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 3. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010.

OLIVEIRA, M. M.. **Sequência Didática Interativa: No processo de formação de professores**. Petrópolis- RJ, Ed. Vozes, 2013

OLIVEIRA L. L.; ZANCUL, M. S. Textos de divulgação científica (TDC) nas aulas de biologia na educação de jovens e adultos (EJA) para abordar a temática alimentação. **Revista Práxis**, ano VI, nº 11, 2014.

OLIVEIRA, I. S.; VIEIRA, C. L. **Física hoje uma aventura pela natureza: dos átomos ao Universo**, 2007.

ORLANDI, E. "**Divulgação Científica e efeito leitor: uma política social urbana**". In: \_\_\_\_\_. *Discurso e texto. Formulação e circulação dos sentidos*. Campinas, SP: Pontes, 2001. p. 149- 162.

---

PARADISE, J. "**Developing Oversight Frameworks for Nanobiotechnology**" MINN. J.L. SCI. & TECH, v. 9, n. 1, 2008, p. 399-416.

PAULL, R.; WOLFE, J.; HÉRBERT, P.; SINKULA, M. "**Investing in nanotechnology**", Nature Publishing Group, v. 21, n. 10, 2003, p.1144-1147.

PINA, K. V. et. al., "**Nanotecnologia e nanobiotecnologia: estado da arte, perspectivas de inovação e investimentos**", XXV Encontro Nac. de Engenharia de Produção – Porto Alegre, RS, Brasil, 2005.

RAYNAULT, C. **Interdisciplinaridade: mundo contemporâneo, complexidade e desafios à produção e à aplicação de conhecimentos**. In: JUNIOR, A. P.; NETO, A. J. S. *Interdisciplinaridade em Ciência, Tecnologia e Inovação*. Barueri, São Paulo: Manole, 2011.

REIS, J. Divulgação científica. **Ciência e Cultura**. SBPC, v.19(4), 1967.

RIBEIRO, R. A; KAWAMURA, M. R . **A ciência em diferentes vozes: uma análise de textos de divulgação científica**, In: V Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 2005, Bauru. Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 2005.

ROCHA, M. B.; MARTINS, I. **O professor e a divulgação científica na sala de aula**. Anais do III Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7 a 10 de Nov. de 2001. Atibaia, SP, Brasil. 2001.

ROCHA, M. B.; MARTINS, I. **O uso didático do texto de divulgação científica segundo professores de ciências**. In: Coletânea do 8º Encontro Perspectivas do Ensino em Biologia, São Paulo, SP, 2002.

ROCHA, M. B. Textos de divulgação científica na sala de aula: a visão do professor de ciências. **Revista Augustus**, v. 29, n. 14, p. 24-34, 2010. Disponível em [http://apl.unisuam.edu.br/augustus/pdf/ed29/rev\\_augustus\\_ed29\\_02.pdf](http://apl.unisuam.edu.br/augustus/pdf/ed29/rev_augustus_ed29_02.pdf). Acesso em: 10 de março de 2015.

ROCHA F. J.; BASSO, N. R.; BORGES, R. M. Repensando uma Proposta Interdisciplinar Sobre Ciência e Realidade. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciéncias**, v. 5, n. 2, 2006, p. 323-336.

ROJO, R. **O letramento escolar e os textos da divulgação científica** – a apropriação dos gêneros de discurso na escola. *Linguagem em (Dis)curso – LemD*, v. 8, n. 3, 2008, p. 581-612.

ROQUETTE-PINTO, E. **Seixos rolados**. Rio de Janeiro: Edição de Sussekind & Mendonça, Machado & Cia, 1927, p. 236.

ROSA, D. C. **Textos de Divulgação Científica nas Séries Iniciais: um caminho para Alfabetização Científico-tecnológica de crianças**. Santa Maria: Programa de Pós Graduação em Educação, Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Maria, 2002, p. 262.

SÁ, M. R.; DOMINGUES, H. M. B. O Museu Nacional e o ensino de ciências naturais no Brasil no século XIX. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, n. 15, 1996, p. 79-87.

SALÉM, S.; KAWAMURA, R M. **O texto de divulgação e o texto didático: conhecimentos diferentes?**. In: Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física. Sociedade Brasileira de Física, 1996, p.588-598.

SASSE, A. D. **Revisão sistemática da literatura avaliando quimioterapia e imunoterapia no melanoma maligno metastático**. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas – SP, 2006. Disponível em <http://www.andre.sasse.com/cancer.htm>. Acesso em: 03 nov 2015.

SANTOMÉ, J. T. **Globalização e interdisciplinaridade: o currículo integrado**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

SCHULZ, P. A. B. **Nanociência e Nanotecnologia**. *Revista Física na escola*, v. 6, n. 1, 2005.

SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL. **Anéis de fogo**. nº 156, Ano 13, 2015, p. 27-35

SCIENCE-METRIX. **Nanotechnology World R&D Report 2008**. Serie R&D Reports Examining Science and Technology. Montreal: Science-Metrix Inc., 2008.

SCIENCE. **Alternativas para o sertão**, Vol. 54, n. 319, pp. 48-49, 2014.

SILVA, L. L.; TERRAZZAN, E. A. **As analogias na divulgação científica: o caso da ciência hoje das crianças**. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru, São Paulo, 2003.

SILVA, M. B. Nanotecnologia: considerações interdisciplinares sobre processos técnicos, sociais, éticos e de investigação. **Revista Eletrônica Unimep**. Piracicaba, 2003. Disponível em: <http://docplayer.com.br/5722642-Nanotecnologia-consideracoes-interdisciplinares-sobre-processos-tecnicos-sociais-eticos-e-de-investigacao.html>. Acessado em: 11 de março de 2015.

SOARES, V. **Práticas pedagógicas vivenciais**. 1ª ed. Vozes, RJ, 2010.

TEDESCO, A. C.; SIMIONI, A. R.; PRIMO, F. L. Introdução à nanotecnologia. In: MORALES, M. M. (Org.). **Terapias avançadas: células-tronco, terapia gênica e nanotecnologia aplicada à saúde**. São Paulo: Atheneu, 2007, p. 237-246.

TERRAZZAN, E. A.; GABANA, M. **Um estudo sobre o uso de atividade didática com texto de divulgação científica em aulas de física**. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru, São Paulo, 2003.

VALADARES, E. C.; CHAVES, A.; ALVES, E. G. **Aplicações da física quântica: do transistor à nanotecnologia**. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

VALÉRIO, M.; BAZZO, A. W. O papel da divulgação científica em nossa sociedade de risco: em prol de uma nova ordem de relações entre ciência, tecnologia e sociedade. In: **Revista Iberoamericana de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Innovación**, 2006.

VIEIRA C. L. Pequeno Manual de Divulgação Científica-Resumo. In; MASSARANI, L. et al. **Guia de Divulgação científica**. Rio de Janeiro: SciDev.Net: Brasília, DF : Secretaria de Ciência e Tecnologia para a Inclusão Social, 2004, p. 13.

ZABALA, A. **Enfoque globalizador e pensamento complexo: uma proposta para o currículo escolar**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

ZAMBONI, L. M. S. **Cientistas, Jornalistas e a Divulgação Científica**. Campinas, São Paulo: Autores Associados, 2001.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE – A



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PROF<sup>a</sup>: ANA PAULA SANTOS CONCEIÇÃO**

### PLANO DE AULA

**1. TEMA:** As perspectivas da Nanotecnologia para a medicina e a pesquisa científica.

**2. SÉRIE:** 1º período de Licenciatura em Ciências Biológicas / (4 aulas de 2h/aulas)

**3. OBJETIVOS OU EXPECTATIVAS DE APRENDIZAGEM:**

- Desenvolver a competência investigativa dos alunos em sala, lançando a problemática para os questionamentos iniciais;
- Trabalhar a cognição e a percepção dos alunos nas atividades durante a Prática Docente Interdisciplinar a luz do Texto de Divulgação Científica (PDI a luz do TDC);
- Permitir aos licenciandos pela aplicação da sequencia Didática Interativa (SDI) a observação de suas concepções através do confronto entre as mesmas de forma prévia a PDI a luz do TDC e pós a presente prática.

**4. CONTEÚDOS:**

- Conceituais

A grandeza do Mundo Nano (Escala Nanométrica), Produtos de mercado que usam a Nanotecnologia, Gerações de desenvolvimento e aplicações da Nanotecnologia/Nanobiotecnologia, Iniciativas regulatórias quanto ao uso da Nanotecnologia no Brasil, Nanobiotecnologias Naturais: A relação permanente da biologia, química e física, A Interdisciplinaridade do “Mundo Nano”, Nanobiotecnologias Artificiais: Nanofármacos e Nanosensores, TDC: Definição, tipos e objetivos e o TDC: Características para a produção em relação à linguagem e forma (Estudo do resumo do Manual de Divulgação Científica, produzido por Vieira (2004).

- Procedimentais

Intervenção com Aplicação da Sequencia Didática Interativa (SDI) prévia e pós a Prática Docente Interdisciplinar (PDI) com posterior análise a luz da Análise de Conteúdo, proposta pela pesquisadora Bardin (2009); Apresentação de slides (Powerpoint) sobre a temática presente; uso de TDC sobre Nanobiotecnologia com enfoque interdisciplinar; apresentação de Vídeo: O incrível e infinitamente pequeno Universo da Nanotecnologia; discussão sobre as orientações do Resumo do Manual de Divulgação Científica, produzido

por Vieira (2004); Construção de TDC pelos licenciandos com posterior análise fundamentada em Vieira (2004) e a Apresentação de suas produções.

- Atitudinais

Instigar a curiosidade dos alunos sobre o tema, através de perguntas e da atividade; Subsidiar a apresentação matemática da escala Nanométrica, comparando as diversas estruturas biológicas nessa escala; Possibilitar a percepção da Nanotecnologia no cotidiano; Entender como sucedeu o desenvolvimento da Nanotecnologia/Nanobiotecnologia e as perspectivas futuras; Explicar a situação legislatória da produção científica da Nanotecnologia; Oportunizar o entendimento sobre os potenciais e efeitos dos produtos Nanotecnológicos na natureza e a repercussão social; Perceber os componentes Nanotecnológicos existentes na natureza e nos seres vivos, focando suas estruturas químicas e biológicas bem como as forças físicas necessariamente existentes para a constituição dos mesmos; Identificar as relações interdisciplinares entre disciplinas tradicionais com novas áreas específicas da Nanotecnologia, técnicas e produtos elaborados a partir dessas conexões; Analisar a introdução dos conhecimentos Nanotecnológicos na medicina e farmacologia integrando diversas ciências, de modo a potencializar a produção de fármacos superando muitas barreiras biológicas na quais os medicamentos tradicionais se tornam impotentes; Investigar como sensores em escala “Nano”, auxiliam a medicina e como integram conhecimentos de diversas áreas; Permitir o conhecimento das potencialidades do TDC como recurso didático e Propiciar aos licenciandos elementos para a construção de TDC.

## 5. METODOLOGIA:

### 1- Apresentação do tema pelo professor:

Começaremos a aula com a aplicação da Sequencia Didática Interativa (SDI), prévia a PDI a luz do TDC, através da pergunta norteadora: ***Que perspectivas e abrangências a Nanotecnologia pode trazer na medicina e na pesquisa científica.***

### 2- Delimitação, investigação e aplicação dos problemas:

Após a SDI daremos prosseguimento à aula através da apresentação dos slides, apresentando os conteúdos propostos nesta aula. Ainda usaremos vídeo na mesma temática dinamizando para os licenciandos o conhecimento da Nanotecnologia.

Dando prosseguimentos utilizaremos como recursos didáticos textos advindos de livros e Revistas de Divulgação Científica (RDC), contextualizando e atualizando as aulas. Ainda abordaremos as finalidades dos Textos de Divulgação Científica (TDC), discutindo suas potencialidades e limites como recurso didático em práticas docentes.

Por conseguinte faremos uma segunda SDI com a mesma pergunta norteadora, investigando a evolução dos conceitos embutidos na pergunta através do confronto entre concepções prévia a PDI a luz do TDC e a pós essa prática.

### 3- Avaliação:

Os licenciandos munidos de conhecimentos sobre Nanotecnologia e a construção do TDC, farão TDC a partir de dois artigos científicos selecionados previamente e do vídeo apresentado em sala.

### 6- RECURSOS UTILIZADOS

Livros, slides, TDC variados, artigos científicos, data show, lápis piloto, quadro, notebook, pasta plástica e blocos de anotações.

### 7- REFERENCIAIS

- ALENCAR, J. P. O.; SOUSA, J. D. **Nanofármacos e o futuro da terapêutica:** aplicações, representantes, metodologias e inovações. In: IV Semana de Iniciação Científica de Juazeiro do Norte, 2012.
- DELORS, J. **Educação:** um tesouro a descobrir. 2ed. São Paulo: Cortez, Brasília, DF: MEC/UNESCO, 2003.
- GARCIA, F. M. Nanomedicina e terapia de doenças pulmonares. In: **Einstein**, 2014, p. 531-533.
- OLIVEIRA, I. S.; VIEIRA, C. L. **Física hoje uma aventura pela natureza:** dos átomos ao Universo, 2007.
- OLIVEIRA, M. M. **Sequencia Didática Interativa:** No processo de formação de professores. Petrópolis-RJ, Ed. Vozes, 2013.
- SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL. **Anéis de fogo.** nº 156, 2015, p. 27-35
- VIEIRA C. L. Pequeno Manual de Divulgação Científica-Resumo. In; MASSARANI, L. et al., **Guia de Divulgação científica.** Rio de Janeiro: SciDev.Net: Brasília, DF : Secretaria de Ciência e Tecnologia para a Inclusão Social, 2004, p. 13.

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Artigo científico 1 usado para elaboração do TDC 1 dos licenciandos  
Título: Nanomedicina e terapia de doenças pulmonares (GARCIA, 2014)

AVANÇOS MÉDICOS

# Nanomedicina e terapia de doenças pulmonares

## Nanomedicine and therapy of lung diseases

Fabrizio de Melo Garcia<sup>1</sup>

### RESUMO

O uso da nanotecnologia tem aumentado significativamente em diversas áreas da ciência. Entre elas, está o desenvolvimento de sistemas de liberação de medicamentos. Atualmente, os nanocarreadores farmacêuticos mais modernos, como os lipossomas, as micelas, as nanoemulsões e as nanopartículas poliméricas, demonstram propriedades extremamente úteis do ponto de vista farmacoterápico. Nesse contexto, o desenvolvimento de nanocarreadores para aplicação pulmonar tem sido um tema amplamente debatido pela comunidade científica nas últimas décadas. Embora as pesquisas sobre o uso de nanopartículas para aplicação pulmonar ainda estejam em fase inicial, estudos realizados até hoje sugerem que o delineamento de sistemas de liberação de medicamentos para o tratamento sistêmico ou local de doenças que afetam o sistema respiratório, pode ser promissor no desenvolvimento de novas terapias de doenças pulmonares.

**Descritores:** Nanomedicina; Sistemas de liberação de medicamentos; Nanotecnologia; Pneumopatias/terapia

### ABSTRACT

The use of nanotechnology has significantly increased in different fields of science, including the development of drug delivery systems. Currently, the most modern pharmaceutical nanocarriers, such as liposomes, micelles, nanoemulsions and polymeric nanoparticles, demonstrate extremely useful properties from the point of view of drug therapy. In this context, the development of nanocarriers for pulmonary application has been much debated by the scientific community in recent decades. Although research on the use of nanoparticles for pulmonary application are still in the initial phase, the studies conducted to date suggest that the development of drug delivery systems for systemic or local treatment of diseases that affect the respiratory system may be promising.

**Keywords:** Nanomedicine; Drug delivery systems; Nanotechnology; Lung diseases/therapy

### INTRODUÇÃO

A nanomedicina está relacionada ao desenvolvimento, à caracterização e à aplicação de sistemas terapêuticos em escala nanométrica ou micrométrica.<sup>(1,2)</sup> Estudos de tais sistemas têm sido realizados em diversos centros de pesquisa em todo mundo, com o propósito de direcionar e controlar a liberação de fármacos.<sup>(3,4)</sup>

Ao longo da história, a utilização da maioria dos fármacos foi limitada por diversos fatores farmacocinéticos. Entre eles, a impossibilidade do aumento da sua concentração no sangue, o tempo de permanência do agente terapêutico na circulação, a baixa solubilidade e, especialmente, os efeitos colaterais indesejáveis inerentes às terapias com doses elevadas. Esses fatores dificultam a utilização da concentração necessária do fármaco para o sucesso farmacoterapêutico.<sup>(5,6)</sup>

Atualmente, graças aos estudos mais recentes na área da nanomedicina é possível modificar e controlar as propriedades biológicas das nanopartículas. Isso ocorre por meio de alterações da superfície dessas estruturas.<sup>(1,2)</sup> Os nanocarreadores farmacêuticos mais modernos, tais como os lipossomas, as micelas, as nanoemulsões e as nanopartículas poliméricas, demonstram propriedades extremamente úteis do ponto de vista farmacoterápico.<sup>(3)</sup>

Entre essas propriedades, pode-se destacar o aumento do tempo de circulação do fármaco no sangue, permitindo o acúmulo em áreas patológicas com vascularização comprometida ou inflamadas, e o aumento da especificidade quanto ao local da ação, além de uma melhor penetração nos tecidos afetados.<sup>(2,6)</sup>

O desenvolvimento de nanocarreadores para aplicação pulmonar tem sido um tema amplamente deba-

<sup>1</sup>Faculdade de Medicina Nova Esperança, João Pessoa, PB, Brasil.

Autor correspondente: Fabrizio de Melo Garcia – Avenida Frei Galvão, 12 – Gramma – CEP: 50067-695 – João Pessoa, PB, Brasil – Tel.: (83) 2106-4777 – E-mail: fabriziogarcia@gmail.com

Data de submissão: 24/9/2014 – Data de aceite: 29/9/2014

tido pela comunidade científica nas últimas décadas.<sup>(7)</sup> Em geral, o uso de sistemas carreadores compostos por nanopartículas é conceitualmente atraente para utilização de fármacos que atuam no sistema respiratório. Isso ocorre devido ao possível aumento de retenção dessas partículas no tecido pulmonar acompanhado da elevação do tempo de liberação do fármaco, principalmente quando são utilizadas grandes matrizes porosas de nanopartículas.<sup>(8)</sup>

Outro fato interessante, é que alguns estudos demonstraram que a absorção das nanopartículas por macrófagos pode ser reduzida se as partículas forem menores que 260nm.<sup>(9)</sup> Esses efeitos combinados (aumento da retenção e a não captura pelo sistema fagocitário) podem melhorar a terapia local de fármacos com ação pulmonar.<sup>(8)</sup>

Dessa forma, este artigo visou discutir sucintamente algumas das principais vantagens do desenvolvimento de novas formas nanotecnológicas utilizadas nas terapias de doenças pulmonares, destacando alguns dos estudos mais recentes nessa área.

### Desenvolvimento de nanopartículas utilizadas na terapia pulmonar

Estudos sobre a via de administração pulmonar é um campo de interesse crescente, não só para o tratamento local de doenças das vias respiratórias, mas também para a administração sistêmica de medicamentos, especialmente no caso de fármacos lipofílicos, que apresentam uma baixa biodisponibilidade quando administrados pela via oral.<sup>(7)</sup>

Medicamentos inalantes são convenientes e extremamente eficazes no tratamento das vias aéreas, permitindo uma terapia com alto grau de especificidade e retenção de altas concentrações do fármaco no tecido-alvo. Isso gera uma baixa exposição sistêmica à droga e redução dos efeitos colaterais sistêmicos.<sup>(8)</sup>

O interesse nas nanopartículas lipídicas sólidas e nos carreadores nanoestruturados lipídicos, bem como outros nanocarreadores (lipossomas, nanoemulsões e nanopartículas poliméricas), como alternativa terapêutica para aplicação pulmonar, aumentou nos últimos anos. No entanto, as investigações acerca do desenvolvimento de nanopartículas lipídicas administráveis pela via pulmonar ainda estão em fase inicial.<sup>(7)</sup>

A administração pela via pulmonar tem algumas vantagens em relação a outras vias, como a oral e a injetável. Além de evitar o metabolismo de primeira passagem, reduzindo os efeitos secundários e a dose terapêutica do fármaco,<sup>(7)</sup> a administração pulmonar permite a liberação local dos agentes terapêuticos, sendo um

diferencial importante no tratamento de doenças respiratórias, como a asma, a doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e a fibrose cística.<sup>(9)</sup>

A grande área de superfície pulmonar (mais do que 100m<sup>2</sup>) e a fina camada epitelial que recobre as vias aéreas (0,2 a 1µm de espessura), somadas a ampla vascularização, permitem uma absorção rápida de fármacos administrados pela via pulmonar.<sup>(7,9)</sup> Além disso, a relativa baixa atividade enzimática ajuda a manter a alta biodisponibilidade dos fármacos nessa via, e a natureza não invasiva da via pulmonar aumenta a adesão do paciente ao tratamento.<sup>(9)</sup>

Algumas propriedades farmacocinéticas e farmacodinâmicas das nanopartículas podem fazer o diferencial no tratamento de doenças pulmonares, entre elas: (1) absorção retardada ou controlada do fármaco; (2) biodistribuição restrita; (3) aumento do tempo de retenção do fármaco no local da ação; (4) aumento da especificidade do fármaco ao tecido afetado; e (5) redução dos efeitos colaterais e toxicidade do fármaco.<sup>(8)</sup> Essas propriedades são obtidas e moduladas a partir do uso de tecnologias que permitem a manipulação da estrutura dos diferentes tipos de nanopartículas, além do uso de diferentes materiais na composição dessas formas farmacêuticas.<sup>(8)</sup>

Atualmente, diversos nanofármacos inalantes estão sendo desenvolvidos. Entre os fármacos que ainda estão passando por testes, podem-se citar a budesonida, o salbutamol, o itraconazol e o paclitaxel.<sup>(9)</sup>

Diversas pesquisas com formulações de nanopartículas sólidas em aerossol, contendo glicocorticoides demonstraram uma melhora significativa da farmacocinética desses fármacos. Tais estudos podem levar ao desenvolvimento de novas formas farmacêuticas contendo corticosteroides administráveis pela via pulmonar.<sup>(7)</sup>

Tendo como alvo as infecções pulmonares, alguns antibacterianos lipossomais já estão na fase II de ensaios clínicos.<sup>(8)</sup> Entre eles, a amicacina e a ciprofloxacina. Esses estudos mostraram que vários ciclos de tratamento com amicacina lipossomal levaram a melhora sustentada da função pulmonar, além da redução significativa da densidade bacteriana em pacientes com fibrose cística associada a infecções pulmonares crônicas causadas por *Pseudomonas* sp.<sup>(8)</sup> Essas pesquisas sugerem o aumento da eficácia desses antibacterianos quando administrados na forma lipossomal.

Outra área de grande interesse envolve as pesquisas acerca de novas formulações contendo fármacos para o tratamento da tuberculose. Estudos com nanopartículas contendo três fármacos (isoniazida, pirazinamida e rifampicina), já conhecidos para o tratamento da tuberculose foram realizados em cobaias, esses

ensaios demonstraram significativo aumento da biodisponibilidade e do tempo de circulação desses fármacos no organismo dos animais estudados.<sup>(7,18)</sup> Essas pesquisas sugerem que o uso de nanopartículas como carreadoras de drogas tuberculostáticas administradas pela via pulmonar pode ser promissor em estudos posteriores.

A toxicidade dessas nanopartículas utilizadas como carreadores de fármacos pela via pulmonar também tem sido alvo de estudos. As nanopartículas utilizadas pela via pulmonar parecem apresentar baixo potencial toxicológico, entretanto são necessário estudos continuados para verificar uma possível toxicidade a longo prazo, isto levando em consideração o uso repetitivo desses novos medicamentos que estão por vir.<sup>(7)</sup>

Embora as pesquisas sobre o uso de nanopartículas para aplicação pulmonar ainda estejam em fase inicial, as pesquisas realizadas até o momento sugerem que as nanopartículas são uma opção interessante no tratamento sistêmico ou local de doenças que afetam o sistema respiratório.

## REFERÊNCIAS

1. Yang W, Peters J, Williams RO 3rd. Inhaled nanoparticles—a current review. *Int J Pharm*. 2008;356(1-2):239-47. Review.
2. Torchilin VP. Multifunctional nanocarriers. *Adv Drug Deliv Rev*. 2006;58(14):1532-55. Review.
3. Torchilin VP. Recent advances with liposomes as pharmaceutical carriers. *Nat Rev Drug Discov*. 2005;4(2):145-60. Review.
4. Gasselhuber A, Dreher MR, Rattay E, Wood BJ, Haemmerich D. Comparison of conventional chemotherapy, stealth liposomes and temperature-sensitive liposomes in a mathematical model. *PLoS One*. 2012;7(10):e47453.
5. Azami S, Roa WH, Lödenberg R. Targeted delivery of nanoparticles for the treatment of lung diseases. *Adv Drug Deliv Rev*. 2008;60(8):863-75. Review.
6. Garcia RM. Avanços da nanomedicina: a nova fronteira da medicina. *Rev Ciênc da Saúde Nova Esperança*. 2014;12(1):110-7.
7. Weber S, Zimmer A, Pardeike J. Solid Lipid Nanoparticles (SLN) and Nanostructured Lipid Carriers (NLC) for pulmonary application: a review of the state of the art. *Eur J Pharm Biopharm*. 2014;86(1):7-22. Review.
8. Todoroff J, Vanbever R. Fate of nanomedicines in the lungs. *Curr Opin Colloid Interface Sci*. 2011;16(3):246-54. Review.
9. Zhang J, Wu L, Chan H, Watanabe W. Formation, characterization, and fate of inhaled drug nanoparticles. *Adv Drug Deliv Rev*. 2011;63(5):441-55. Review.
10. Pandey R, Khuller GK. Solid lipid particle-based inhalable sustained drug delivery system against experimental tuberculosis. *Tuberculosis (Edinb)*. 2005; 85(4):227-34.

**Anexo 2.** Artigo científico 2 usado para elaboração do TDC 2 dos licenciandos

Título: Nanofármacos e o futuro da terapêutica: aplicações, representantes, metodologias e inovações (ALENCAR; SOUZA, 2012)



IV Semana de Iniciação Científica da Faculdade de Juazeiro do Norte  
"As Múltiplas Perspectivas da Diversidade Cultural e o Desenvolvimento Científico no Sertão."  
ISSN 2316 - 2678



## **NANOFÁRMACOS E O FUTURO DA TERAPÊUTICA: APLICAÇÕES, REPRESENTANTES, METODOLOGIAS E INOVAÇÕES.**

**Autor:** Jean Pierre de Oliveira Alencar

**Orientador:** Francisco Rodrigo Lemos Caldas

**Coautor(es):** Jean Pierre de Oliveira Alencar, Josué Dantas de Sousa

**Modalidade:** oral

**Área:** Saúde

Nanofármacos e o futuro da terapêutica: aplicações, representantes, metodologias e inovações.

**Orientador (a):**

Jean Pierre de Oliveira Alencar

Josué Dantas de Sousa

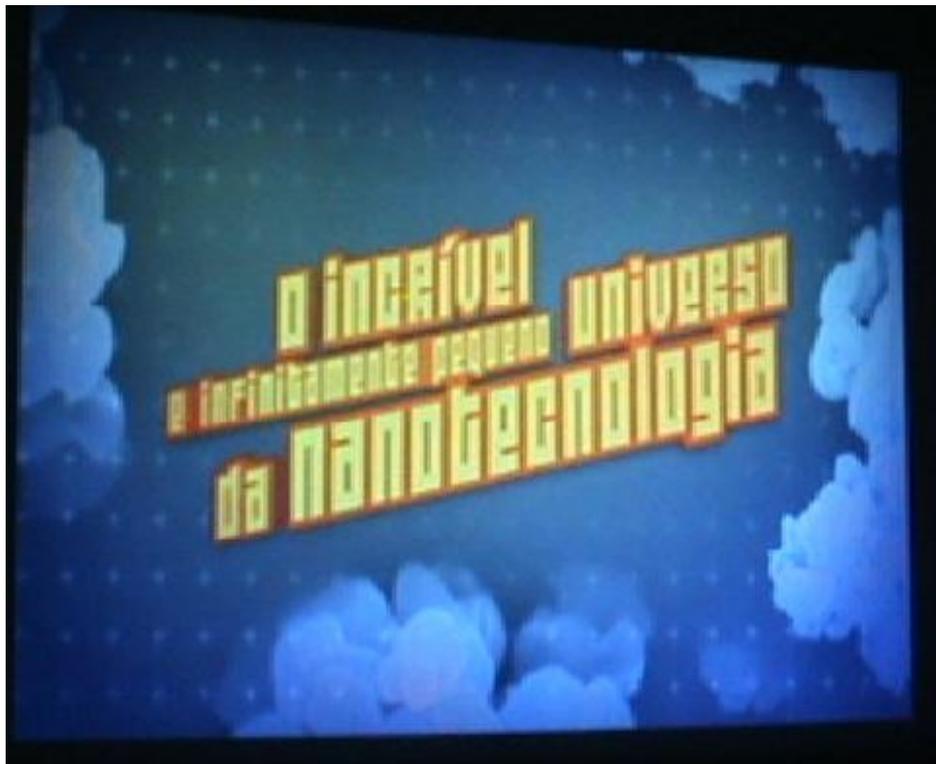
Faculdade de Juazeiro do Norte – FJN

A nanotecnologia é uma das ciências que possuem maior relação interdisciplinar, abrangendo disciplinas biológicas e exatas. Esta ciência aplicada à terapêutica farmacológica é um dos grandes campos de pesquisa e estudo nas áreas farmacêuticas, por isso há um constante surgimento de novidades e atualizações sobre o tema. A aplicação dos nanofármacos em determinados tratamentos é virtualmente infinita, esta pode abranger desde o uso de anticoncepcionais, controle da biodisponibilidade de insulina basal em pacientes diabéticos, aplicação em antibióticos e várias outras intervenções. O presente trabalho tem como objetivo explicitar e consolidar os mais importantes e utilizados conceitos relacionados à nanotecnologia e aos nanofármacos, bem como metodologias, principais ferramentas utilizadas na terapêutica nanofarmacológica e outras informações e atualizações divulgadas na literatura científica e afins. Trata-se de um estudo do tipo descritivo qualitativo, elaborado a partir de um levantamento bibliográfico em fontes de natureza técnico-científica. Com aquisição das informações, precedida da integração e construção do conhecimento, pode-se notar o quanto abrangente e diversificado é o tema. Uma das grandes contribuições da nanofarmacologia é a elaboração de "gaiolas" nanométricas capazes de transportar e controlar a liberação de um fármaco em um ambiente fisiológico específico, como uma região onde se encontram neoplasias, membrana hematoencefálica, locais em que há expressão de moléculas de adesão endoteliais e liberação de citocinas e outros sítios

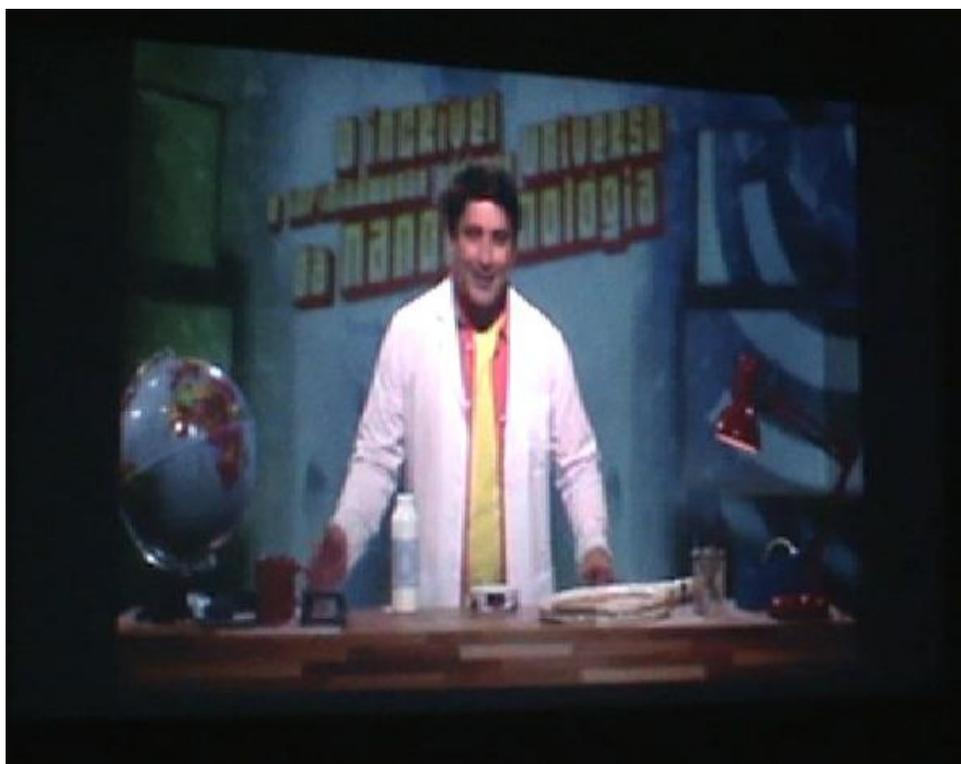
específicos. Esses nanosistemas podem ser classificados em: lipossomas, vesícula composta por dupla camada de fosfolípidos; nanopartículas poliméricas, estruturas transportadoras que podem ser nanocapsulas ou nanoesferas; nanopartículas magnéticas, que podem ser direcionadas a um local específico do organismo; e as nanopartículas de prata ou de outro metal, que podem atuar como antimicrobianos. As grandes vantagens do uso da nanotecnologia em fármacos são: maior controle da liberação da droga, utilização de menor quantidade, maior intervalo de administração, amplificar a eficiência terapêutica de drogas que possuam baixa lipossibilidade ou que possuam efeitos colaterais devido à circulação sistêmica do princípio ativo, melhor aceitação do paciente e direcionamento da droga para o alvo específico. No Brasil já existem pesquisas relacionadas à produção de polímeros para utilização no encapsulamento das drogas. Algumas destas visam o barateamento e a viabilidade da produção em larga escala, para isso utilizando matérias de uso acessível e desenvolvimento de metodologias de obtenção eficientes. Conclui-se que há uma grande diversidade de trabalhos científicos sobre o tema em questão, o que propiciou a construção e elaboração dos conceitos e das informações adquiridas. Outro fato de grande interesse é que dentro das pesquisas desenvolvidas nos grandes centros científicos em todo o mundo, algumas desenvolvem formas de preparo e manipulação desses nanofármacos, e muitas dessas metodologias resultam em patentes e novos investimentos para que muitos resultados sejam fornecidos à comunidade beneficiando a saúde e o bem estar da população.

Palavras chaves: Nanotecnologia, nanofármacos, sistemas de liberação, aplicações, vantagens

**Anexo 3.** Imagens do Vídeo usado para elaboração do TDC 3 dos licenciandos  
Título: O incrível e infinitamente pequeno Universo da Nanotecnologia



**Fonte:** Produzido pela autora



**Fonte:** Produzido pela autora

**Anexo 4. Resumo do Manual de Divulgação Científica usado na PIIN à luz do TDC (VIEIRA, 2004)**

**PEQUENO MANUAL DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA - UM RESUMO**

***Cássio Leite Vieira***

*Julho 2004*

**Introdução**

Em 1999, publiquei um livreto de 50 páginas, o Pequeno Manual de Divulgação Científica – Dicas para Cientistas e Divulgadores da Ciência (Ciência Hoje / USP, Rio de Janeiro / São Paulo). A iniciativa nasceu de meu trabalho na Ciência Hoje, revista de divulgação científica publicada pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência desde 1982.

A Ciência Hoje tem semelhanças com a Scientific American. A maior delas é que grande parte do conteúdo de ambas é formado por artigos escritos por pesquisadores. Porém, diferentemente de sua similar norte-americana, a Ciência Hoje tem como principal objetivo fazer com que os cientistas brasileiros escrevam para o grande público.

Na última década, tenho trabalhado na Ciência Hoje como editor de textos da área de ciências exatas. Nesse cargo, minha função é adequar conteúdo e linguagem dos originais enviados pelos cientistas para leitores não especializados. No entanto, o material que chegava às minhas mãos era inadequado para o público da revista, em geral dotado de linguagem técnica, incluindo, às vezes, fórmulas complexas e jargões impenetráveis – de certa forma, porém em proporção bem menor, essa situação persiste até hoje. Na época, o fato de a revista não ter um 'manual com regras para os autores' complicava bastante meu trabalho. Portanto, decidi preparar um. O resultado foi o Pequeno Manual, uma relação de normas básicas, baseadas no bom senso e voltadas para uma redação direcionada ao grande público.

O resumo a seguir é uma adaptação desse manual, ou seja, regras simples seguidas de explicações concisas. Talvez, a simplicidade – e mesmo a obviedade – da maioria delas seja reflexo da situação na América Latina, onde a cultura de se escrever sobre ciência para o grande público não é tão disseminada quanto na Europa e nos Estados Unidos. No entanto, espero que esse conjunto de regras seja útil para pesquisadores, divulgadores da ciência e jornalistas de outros países.

**LINGUAGEM**

Atenção para as diferenças de linguagem

A linguagem para um artigo de divulgação científica deve ser diferente daquela empregada num artigo científico. Inacreditavelmente, alguns pesquisadores ainda não conseguiram perceber isso.

**"Fisque" o leitor**

A introdução ou o primeiro parágrafo de um artigo de divulgação científica são cruciais para "fisgar" a atenção do leitor e motivá-lo a chegar até o fim do texto. Romances e contos, em geral, guardam o melhor para o final. Mas, no caso de um artigo de divulgação científica, é preferível que se comece com uma imagem de impacto, com uma passagem marcante. Enfim, algo que surpreenda o leitor.

**Evite espantar o leitor no primeiro parágrafo**

Um início complicado, com fórmulas e conceitos difíceis, é uma receita infalível para fazer o leitor abandonar a leitura depois das primeiras linhas.

**Use e abuse das analogias**

Analogias são essenciais em um artigo de divulgação científica. Melhor usar aquelas que aproximem os conceitos científicos de fenômenos do dia-a-dia do leitor. Mas, sempre que necessário, aponte os limites da analogia empregada, para evitar que o leitor faça extrapolações indevidas. Por exemplo, "Segundo a fórmula mais famosa da ciência,  $E = mc^2$  (E para energia, m para massa e c para velocidade da luz), um quilo de matéria geraria cerca de 25 bilhões de kWh, energia suficiente para suprir, por 8 meses, o atual consumo de energia elétrica no Brasil. No entanto, os físicos ainda não sabem como transformar matéria em energia com 100% de eficiência, e, em termos práticos, esse percentual é muito baixo. Mesmo em explosões de bombas atômicas, essa taxa não chega a 1%."

**Seja preciso**

Qualquer informação (científica ou não) deve ser precisa. Sempre. Além disso, em divulgação científica, é vital distinguir especulações de resultados comprovados.

**Mire no seu público**

Talvez, essa seja a regra mais importante apresentada aqui: sempre tenham em mente o seu público. Até mesmo Einstein fez isso (veja o prefácio de *Evolução das Idéias da Física*). Esta regra é válida qualquer que seja seu público, de crianças a especialistas.

**Evite fórmulas**

Sempre. Se você tiver que usá-las, inclua o significado dos termos. Mesmo fórmulas famosas como  $E = mc^2$  devem ser explicadas. O mesmo alerta vale para equações químicas.

**Humor**

Humor pode tornar a leitura mais agradável para o leitor, aumentando as chances de ele ir até o final do artigo. Porém, não exagere, para não ofendê-lo.

**Sem rococós**

Use uma linguagem simples, direta e informal, sem rococós. Lembre-se: simplicidade da linguagem não é incompatível com a riqueza de conteúdo.

**Enxugue o texto**

Compare "É expressamente proibido fumar nesta sala" com "Não fume". É fácil ver qual é preferível. Lembre-se: espaço é precioso em jornais e revistas (veja abaixo "Nem 8, nem 80").

**Evite jargões**

Eles tornam o artigo "pesado". Mas, se for preciso usá-los, explique-os entre parênteses ou num glossário (veja próximo item).

**Explique sempre**

Dissemos para evitar jargões. Porém, é quase impossível evitar conceitos científicos. Portanto, explique-os da forma mais simples possível. Exemplos: cloreto de sódio (sal); hidróxido de sódio (soda cáustica); mitocôndria (fábrica de energia da célula). Evite usar um termo científico para explicar outro: férmions (partículas que obedecem à estatística de Fermi-Dirac). Quando uma explicação parecer impossível, esforce-se um pouco mais. Use uma analogia. Transmita o conceito de forma aproximada – isso é preferível a mantê-lo ininteligível em nome do preciosismo.

**Boxes para o mais complicado**

Precisa descrever algo mais complicado ou técnico? Ponha-o num boxe ou num texto à parte. Mas não se esqueça de simplificar os conceitos e passagens mais difíceis.

**Quem é, o que faz e onde nasceu**

Prefira "o físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962)" em vez de "Bohr". Empregue "em 1998, o físico britânico Joe Olmi, do Departamento de Inteligência Artificial da Universidade do Reino Unido, publicou um artigo sobre nanorrobôs no Journal of Robotics (vol. 20, n. 456, p. 457)..." em vez de "Segundo Olmi (J. of Rob. 1998)..."

**Siglas por extenso**

Ninguém é obrigado a conhecer siglas. Portanto, use, por exemplo, "Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC)" em vez de apenas "SBPC".

**Nem rodapés, nem agradecimentos**

Em jornais e revistas, não há espaço para notas de rodapé nem agradecimentos. Evite também citações bibliográficas como (Science 43 (6543):53, 1992). Em geral, essa forma nada significa para o leitor não especializado. Caso seja necessário citar um artigo, use algo como "[...] publicado na revista científica norte-americana Science (vol. 43, n. 6.543, 1992, p. 53)".

**Não dê falsas esperanças**

Em artigos sobre temas médicos, deixe claro, se for o caso, que os resultados apresentados estão longe de se tornarem um medicamento ou um tratamento para a cura da doença. Seu leitor (ou algum parente ou amigo dele) pode ser um portador da doença em questão.

**FORMA****Obedeça à "ditadura do espaço-tempo"**

A mídia sofre da chamada "ditadura do espaço (ou tempo)". Em jornais e revistas, por exemplo, o número de palavras escritas deve se adaptar ao espaço reservado para o seu artigo. Portanto, seja conciso e se conforte com o fato de que nem mesmo a Enciclopédia Britânica contém toda a informação sobre um determinado assunto.

**Nem 8, nem 80**

Escreva o número de palavras que o editor lhe pediu. Artigos longos precisam ser cortados. Os curtos devem ser encompridados – e alguns jornalistas dizem que, pior que cortar um artigo de outro autor, é ter que aumentá-lo. O melhor jeito de evitar surpresas é pedir ao editor o número de palavras.

**Sugira títulos**

Título é a primeira coisa a ser lida. Criá-los é um tipo de arte praticada por editores experientes – em jornais, os títulos obedecem a critérios rígidos em relação ao número de palavras. No entanto, sugestões são sempre bem-vindas por qualquer editor.

**Dê uma pausa ao leitor**

Parágrafos curtos são preferíveis a longos. Jornais geralmente usam os curtos. Mas, mesmo escrevendo para revistas, evite os longos, pois é melhor dar ao leitor uma pausa para que ele pense a respeito do que acabou de ler.

**Procure enviar imagens**

Tanto para jornais quanto revistas, tente enviar boas ilustrações ou, no mínimo, indicar ao editor onde elas podem ser encontradas. Imagens em alta resolução (300 dpi) são preferíveis. Evite enviar gráficos, esquemas ou tabelas complicados, pois a maioria das pessoas tem dificuldade em interpretá-las.

**Ponha legendas nas imagens**

Certa vez, enquanto editava um artigo, olhei para uma imagem que acompanhava o texto e escrevi na legenda que a criatura era uma lagarta. Era um peixe. Esse tipo de erro é bem possível quando imagens vêm sem legendas. Portanto, não se esqueça delas em suas fotos ou ilustrações.

**Lembre-se dos créditos**

Nunca, nunca se esqueça de dar o crédito ao autor da foto. No caso de ilustrações, tabelas, diagramas, esquemas etc., cite a fonte. Em caso de dúvida, consulte o editor, que provavelmente saberá se uma imagem pode ou não ser reproduzida.

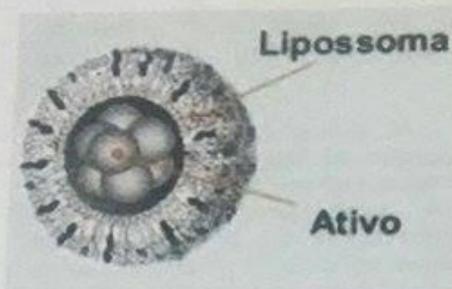
**Outro ponto de vista**

Se possível, inclua um outro ponto de vista sobre o tema em discussão em seu artigo. A falta dele pode dar ao leitor a idéia errada de que seu texto é a palavra final sobre o assunto.

*Boa produção!*

Anexo 5. TDC 1 produzido pelos licenciandos.

# NOVO MÉTODO DE COMBATE AS DOENÇAS PULMONARES



*Em síntese:*

Estudos com o uso da nanotecnologia tem alcançado estudos relacionados ao combate de doenças pulmonares. Pesquisas sobre o uso de nanopartículas para aplicação pulmonar pode trazer grandes benefícios no desenvolvimento de novas terapias de doenças pulmonares.

Os estudos relacionados a nanomedicina têm trazido grandes descobertas ao mundo científico. A nanomedicina está relacionada a aplicação de sistemas terapêuticos em escala nanométrica ou micrométrica. Pesquisas vem sendo realizadas para controlar a liberação de fármacos no sistema. A utilização desses fármacos foi limitada por diversos fatores, entre eles estão: a impossibilidade do aumento da sua concentração no sangue, o tempo de permanência do agente terapêutico na circulação, baixa solubilidade e, principalmente, os efeitos colaterais indesejáveis. Atualmente, é possível controlar e modificar as propriedades biológicas das nanopartículas, através de modificações da superfícies dessas estruturas.

Os nanocarreadores farmacêuticos mais modernos possibilitam aumentar o tempo de circulação do fármaco no sangue, permitindo o acúmulo em áreas patológicas com vascularização comprometida ou inflamadas, o aumento da especificidade quanto ao local da ação, além de uma melhor penetração nos tecidos afetados, o aumento de retenção dessas partículas no tecido pulmonar acompanhado da elevação do tempo de liberação de fármacos.

## DESENVOLVIMENTO DE NANPARTÍCULAS UTILIZADAS NA TERAPIA PULMONAR

Estudos sobre a via de administração pulmonar é um campo de interesse crescente, principalmente no caso de fármacos lipofílicos, pois estes apresentam baixo aproveitamento pelo organismo quando administrados pela via oral. Medicamentos inalantes são mais eficientes no tratamento das vias áreas, eles têm se encontram em alta concentração no tecido que se deseja atingir. Assim sendo, se usa menos medicamento para atingir o tecido e reduz os efeitos colaterais sistêmicos.

O desenvolvimento de nanopartículas lipídicas sólidas e carreadores nanoestruturados lipídicos, bem como outros carreadores, se tornou uma alternativa para a aplicação em doenças pulmonares, porém as pesquisas ainda estão em fase inicial.

Entre as vantagens da administração via pulmonar podemos citar: Evita a diminuição do fármaco disponível, reduz os efeitos secundários e a dose terapêutica do fármaco. Esses diferenciais são importantes no tratamento de doenças como a asma, a doença pulmonar obstrutiva crônica e a fibrose cística. Por a região pulmonar ser grande, ela permite a rápida absorção do fármaco. Por ter baixa atividade enzimática, essa região tem alto aproveitamento dos constituintes do medicamento.

As nanopartículas têm propriedades que podem ser obtidas a partir da manipulação da sua estrutura e o uso de materiais na sua composição. Uma delas é a farmacocinética, ou seja, esta relacionada ao percurso que os fármacos percorrem no organismo. São eles: Absorção retardada ou controlada do fármaco e biodistribuição restrita. A outra é a propriedade farmacodinâmica, que está relacionada à ação do medicamento e substâncias químicas no organismo: Aumento do tempo de retenção do fármaco no local da ação, aumento da especificidade do fármaco ao tecido afetado e redução dos efeitos colaterais e toxicidade do fármaco.

Os estudos realizados com nanofármacos inalantes se mostraram eficazes. Pesquisas realizadas com nanopartículas sólidas em aerossol contendo glicocorticóides constataram uma melhora na sua farmacocinética.

Os lipossomas são um dos tipos de nanocarreadores, e antibacterianos lipossomais estão sendo utilizados para tratar infecções pulmonares, juntamente com os medicamentos amicacina e ciprofloxacina. Estão demonstrando significativa melhora da função pulmonar, além da redução da densidade bacteriana em pacientes com fibrose cística associada a infecções pulmonares crônicas causadas pela bactéria *Pseudomonas*.

Novas formulações contendo fármacos para o tratamento da tuberculose estão sendo desenvolvidas. Estudos realizados em cobaias utilizando nanopartículas com

os fármacos isoniazida, pirazinamida e rifampicina estão atestando aumento do percentual de aproveitamento e circulação deles no organismo, ou seja, o uso de nanopartículas como carreadores de drogas para o tratamento da tuberculose administrados por via pulmonar tem um futuro promissor.

Outro ponto que vem sendo estudado é a toxicidade dessas nanopartículas utilizadas pela via pulmonar, no momento elas não apresentam alto grau de toxicidade, porém, estudos mais complexos e a longo prazo devem ser feitos para afastar qualquer possibilidade.

Apesar das pesquisas sobre o uso das nanopartículas para aplicação pulmonar esteja em fase inicial, já podemos dizer baseados em pesquisas feitas até hoje, que elas são uma opção para o tratamento de doenças que afetam o sistema respiratório.

---

#### Equipe:

Amanda Francielle.  
Camilla Tenorio.  
Débora Cícera.  
Débora Pessoa.  
Fernando Silva.  
Igor Araujo.  
João Paulo Laet.  
Jhonatan Barbora.  
Mirian Martins.  
Ricardo Gomes.

## Anexo 6. TDC 2 produzido pelos licenciandos

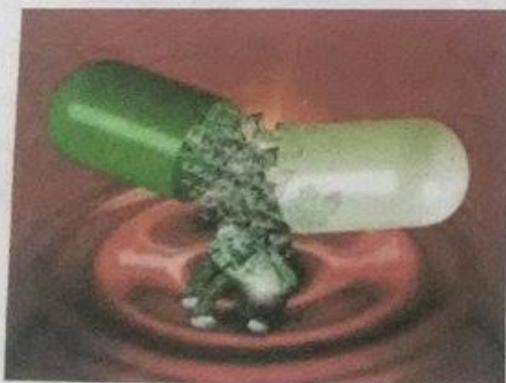
## NANOMEDICINA EM BREVE

**QUE VENHAM OS NANOFÁRMACOS!**

A nanotecnologia é uma das ciências que possuem maior relação interdisciplinar, abrangendo disciplinas biológicas e exatas.

**APLICAÇÕES**

A aplicação dos nanofármacos em determinados tratamentos tem perspectivas infinitas, esta pode abranger desde o uso de anticoncepcionais a aplicação de antibióticos. E uma das grandes contribuições da nanofarmacologia é a elaboração de "gaiolas" nanométricas capazes de transportar e controlar a liberação de um fármaco em um ambiente fisiológico específico.

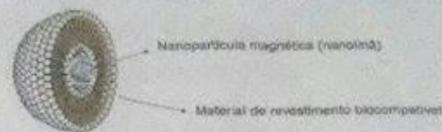
**VANTAGENS**

As grandes vantagens do uso da nanotecnologia em fármacos são: maior controle da liberação da droga; utilização de menor quantidade; maior intervalo de administração; ampliar a eficiência terapêutica de drogas que possuam baixa lipossolubilidade, ou seja, que apresentem dificuldade para penetrar nas membranas biológicas, ou que possuam efeitos colaterais devido à circulação sistêmica do princípio ativo; melhor aceitação do paciente e direcionamento da droga para o alvo específico.

**CLASSIFICAÇÃO**

Esses nanosistemas podem ser classificados em: lipossomas, vesículas compostas por dupla camada de fosfolípidos;

nanopartículas poliméricas, estruturas transportadoras que podem nanocapsulas ou nanoesfera; nanopartículas magnéticas, que podem ser direcionadas a um local específico no organismo; e as nanopartículas de prata ou de ouro metal, que podem atuar com antimicrobianos.



### PESQUISAS

No Brasil já existem pesquisas relacionadas à produção de polímeros para utilização no encapsulamento de drogas. Algumas destas visam o barateamento, a viabilidade da produção em larga escala, e novos investimentos para que muitos resultados sejam fornecidos para a comunidade beneficiando a saúde e o bem estar da população.



### EM SINTESE

A aplicação dos nanofármacos é bastante abrangente, com uma grande diversidade de trabalhos científicos sobre a tecnologia de transportar o medicamento para regiões específicas. Grandes investimentos são empregados em laboratórios de farmacologia, afim de constatar a efetividade dos nanofármacos e viabilizar num futuro próximo a utilização dessa tecnologia para a população.

## Anexo 7. TDC 3 produzido pelos licenciandos

*Revista Scientific Rural Biophysic American, v. 78, n. 12, p. 111-112*  
 Autores: Luzia<sup>1</sup>, Gabriel<sup>1</sup>, Floriano<sup>1</sup>, José<sup>1</sup>, Israel<sup>1</sup>, ... Romildo Nogueira<sup>2</sup>, Ana Paula<sup>2</sup>

## Admirável Mundo Nanotecnológico

### Admirável Mundo Nanotecnológico

#### Admirável Mundo Nanotecnológico

Admirável Mundo Nanotecnológico

Admirável Mundo Nanotecnológico

Admirável Mundo Nanotecnológico

Você já se perguntou sobre o que a cola, uma raquete de tênis e uma cêra pra carros têm em comum? Não, não é o enigma da esfinge. A resposta é: nanotecnologia (fig. 1). Nanotecnologia? Sim, isso mesmo. A nanotecnologia é a ciência que estuda a manipula a matéria em escala atômica e molecular. Esta é era que estamos possivelmente entrando, a era da nanotecnologia. A nanotecnologia envolve técnicas capazes de manipular a matéria em uma escala muitíssimo pequena, que é a escala nanométrica, que por incrível que parece, é um bilhão de vezes menor do que um metro, algo proporcional a colocar uma moeda de 50 centavos, em relação ao tamanho do planeta terra.



Figura 1- Produtos que empregam a nanotecnologia

Na escala nanométrica, um determinado material pode mudar as sua propriedades, como por exemplo o ouro, que pode alterar seu ponto de fusão e até mesmo transportar medicamentos para locais específicos do corpo, que antes não eram atingidas pelos medicamentos atuais.

Mas não fica só por aí, pois a escala nanotecnológica pode ajudar em várias áreas, como na indústria têxtil, fabricando um tecido que não permite o surgimento de manchas. A nanotecnologia atualmente é estudada em várias áreas da ciência, como a física, a química e a biologia, servindo por exemplo para a fabricação de cosméticos, protetor solar (tornando os mesmos transparentes, evitando que o seu rosto fique parecendo aqueles rostos de teatro japonês)(fig.2), matar bactérias em geladeiras, tornar soldados invisíveis, entre outras funções.

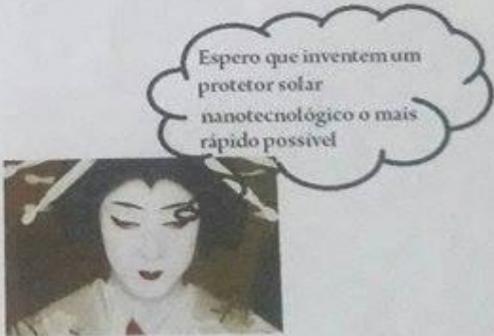


Figura 2- Utilização da nanotecnologia em protetores solares

1. Discentes do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFRPE
2. Orientadores da Disciplina Física e Biofísica do DMFA- UFRPE

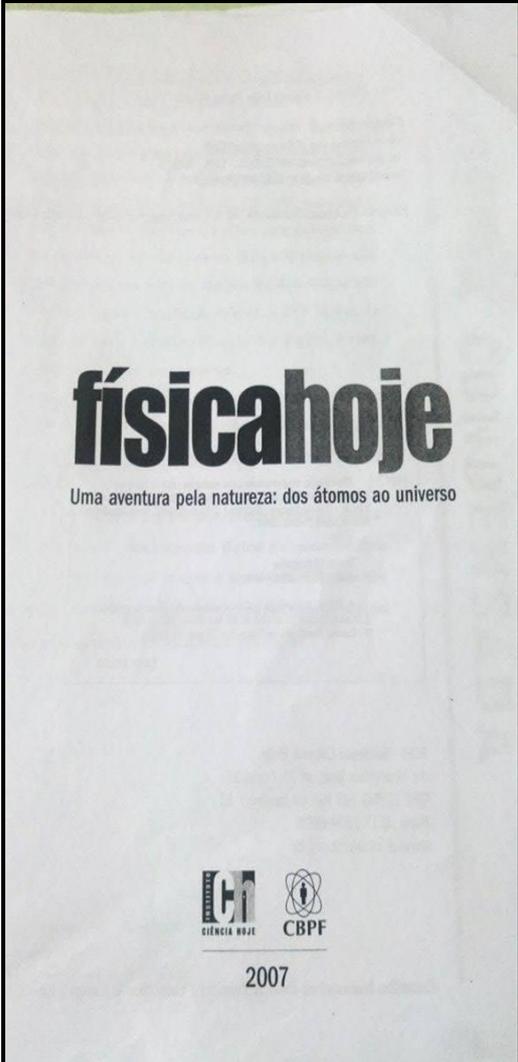
E voltando para as raquetes, cera de carros e cola, temos diversas vantagens como a fabricação de ceras para carros, que não arranham a lataria, raquetes de tênis que possuem menos impacto com a bola e colas que possuem a capacidade de colar todo tipo de material.

### NANOTENOLOGIA

Na área de saúde e meio ambiente, temos por exemplo sensores que detectam a necessidade do solo, e películas para armazenar a luz solar, diminuindo a poluição do meio ambiente. Na área da saúde, teremos por exemplo o uso de tubos de carbono que sequenciam genes em escala real, detectando uma doença antes mesmo dela aparecer, bem como a fabricação de medicamentos que reconhecem a doença dentro do corpo, atacando apenas a região afetada, fato que lembra o trabalho de um entregador de pizza, que a leva exatamente na casa específica. Na área de alimentos, pensa-se na possibilidade da ampliação do prazo de validade dos alimentos, estendendo o tempo de preservação, ou mesmo tornar possível que um alimento não estrague. Tudo poderá ter a presença da nanotecnologia. Mas saiba que tudo isso não é promessa para um futuro distante, pois algumas tecnologias já estão em fase de aplicação.

Mas fica a pergunta: será que esta tecnologia poderá possuir um lado obscuro? Para evitar isso, deve-se estar atento de toda a cadeia de produção, necessitando de agências reguladoras que controlam o uso e descarte desses materiais, antes que esses materiais passem a fazer parte do nosso dia-a-dia por completo.

**Anexo 8.** TDC usados na PIIN, extraído do Livro: Física hoje uma aventura pela natureza: dos átomos ao Universo do ano de 2007, p. 68-83



**Dispositivos moleculares** • A viabilidade da nanoeletrônica molecular – ou seja, de moléculas isoladas em dispositivos eletrônicos – foi demonstrada pela primeira vez em 1974. Contudo, foi só a partir de 1982, com a invenção do STM (sigla inglesa para microscópio de tunelamento com sonda de varredura), que a nanotecnologia deixou de ser tratada como ficção. Esse equipamento consiste de uma ponta finíssima (sonda) que é usada para examinar a superfície de uma amostra. Essa técnica permite medir a força entre os átomos da sonda e aqueles da superfície e, a partir desses dados, investigar a 'topologia' e as propriedades da amostra (rugosidade, dureza, elasticidade, atrito, condutividade etc.).

A nanotecnologia realmente assumiu o seu papel na história quando um pesquisador da IBM escreveu a sigla dessa empresa com 35 átomos de xenônio em 1989. O STM, com suas inúmeras modalidades e recursos, acabou tornando-se uma das ferramentas mais importantes da nanotecnologia. Em 2000, as sondas dos microscópios de tunelamento passaram a ser usadas como 'canetas-tinteiro', para realizar desenhos e escritas nanométricas com moléculas. Três anos depois, a IBM anunciou o Millipede, um complexo sistema com milhares dessas sondas, projetadas para gravar e ler informações em escala nanométrica.

Nesse ponto, é importante destacar outra grande vantagem da nanotecnologia com moléculas. Além de propiciarem estratégias de auto-organização e automontagem, as moléculas são uma fonte inesgotável de recursos a serem explorados em dispositivos e máquinas moleculares, refletidos tanto na enorme gama de espécies moleculares existentes quanto em suas funcionalidades, como reatividade química, reconhecimento molecular e propriedades eletroquímicas, fotoquímicas, catalíticas, condutoras, luminescentes, magnéticas etc.

Fonte: Oliveira, 2007

**SENSORES** • Com base na detecção de mudanças na condutividade de corrente elétrica, polímeros nanoestruturados podem desempenhar o papel de 'línguas' e 'narizes' eletrônicos, como é o caso do sistema desenvolvido por pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, em São Carlos. Na área de sensores químicos e biológicos, um sistema bastante inusitado foi recentemente descrito: ele é capaz de avaliar o comprimento de polímeros lineares – por exemplo, o DNA – com base no tempo que essas moléculas levam para passar por um nanoporo.

Fonte: Oliveira, 2007

**Nano: partículas, fios e tubos** • Do ponto de vista tecnológico, as nanopartículas podem ser trabalhadas quimicamente – através da modificação de suas superfícies com moléculas específicas ou polímeros –, o que ampliaria enormemente suas aplicações. Por exemplo, nanopartículas podem ser aproveitadas em sensoriamento químico ou biológico, bastando modificá-las com espécies que reconhecem outros grupos complementares, como no caso da interação antígeno-anticorpo, que ocorre no sistema imune. De fato, nanopartículas de materiais semicondutores – por exemplo, seleneto de cádmio (CdSe) e sulfeto de zinco (ZnS) – já estão sendo utilizadas como marcadores biológicos fluorescentes em função de sua maior estabilidade em relação aos corantes orgânicos tradicionais, possibilitando o rastreamento das moléculas receptoras por tempos mais longos.

Outro exemplo interessante é o das nanopartículas de materiais ferromagnéticos, como o óxido de ferro, que podem gerar ferrofluidos, bem como sistemas capazes de transportar drogas controlados por meio de campos magnéticos. A associação de anticorpos às nanopartículas magnéticas pode auxiliar na identificação de células tumorais e ainda ser usada em sua destruição por hipertermia (elevação da temperatura). Essa terapia é baseada na maior sensibilidade das células tumorais a aumentos bruscos de temperatura provoca-

**Anexo 9.** TDC usados na PIIN, extraído da RDC Scientific American Brasil nº 156, do ano de 2015, p. 27-35, com as temáticas: Identificação através de Nanodispositivos, Medicamentos anticancerígenos atingem seu alvo, Ataduras mais inteligentes e lancem os Nanobôs.

**FUTURO  
DA MEDICINA  
2015**

# PEQUENAS MARAVILHAS

A nanomedicina está desenvolvendo novos meios para enfrentar o câncer, curar ferimentos e conduzir medicamentos ao interior de células

*Por Josh Fischman*

**Uma molécula de DNA**, com seu plano estrutural para a vida, tem diâmetro de aproximadamente 2,5 bilionésimos de metro. Cientistas agora têm a capacidade de manipular e construir moléculas desse porte, além de criar dispositivos capazes de detectá-las com precisão sem precedentes. Essas habilidades, adquiridas através de trabalhos meticulosos durante a última década, estão resultando em novos medicamentos e meios de diagnosticar doenças. Este dossiê de **Scientific American Brasil** examina o que a nanomedicina traz agora, o que virá em breve e o que o futuro nos reserva.

Neste momento quimioterapia é um importante foco e medicamentos capazes de se infiltrar em tumores graças a estratégias sofisticadas estão mostrando êxito onde outros falham em pacientes [ver “Medicamentos Anticancerígenos Atingem Seus Alvos”, à pág. 28]. Testes diagnósticos também estão se beneficiando dos portes diminutos ao utilizarem sondas de DNA de formato incomum capazes de detectar câncer com notável precisão. Já em um futuro próximo, pacientes deverão poder usar ataduras inteligentes, construídas com nanomoléculas que aceleram a cicatrização de ferimentos graves, ou indicam aos médicos quando a cicatrização não ocorre adequadamente [ver “Uma Atadura Mais Inteligente”, à pág. 31]. Mais adiante no tempo, pesquisadores esperam acoplar diminutos motores moleculares a medicamentos, orientando-os através da corrente sanguínea até seus alvos [ver “Lancem os Nanobôs!”, à pág. 34]. Esses são feitos da nanoengenharia, invisíveis a olho nu, mas que podem ter um efeito extraordinário na saúde.

*Josh Fischman é editor sênior da Scientific American.*

Ilustrações por by Harry Campbell

www.sciam.com.br

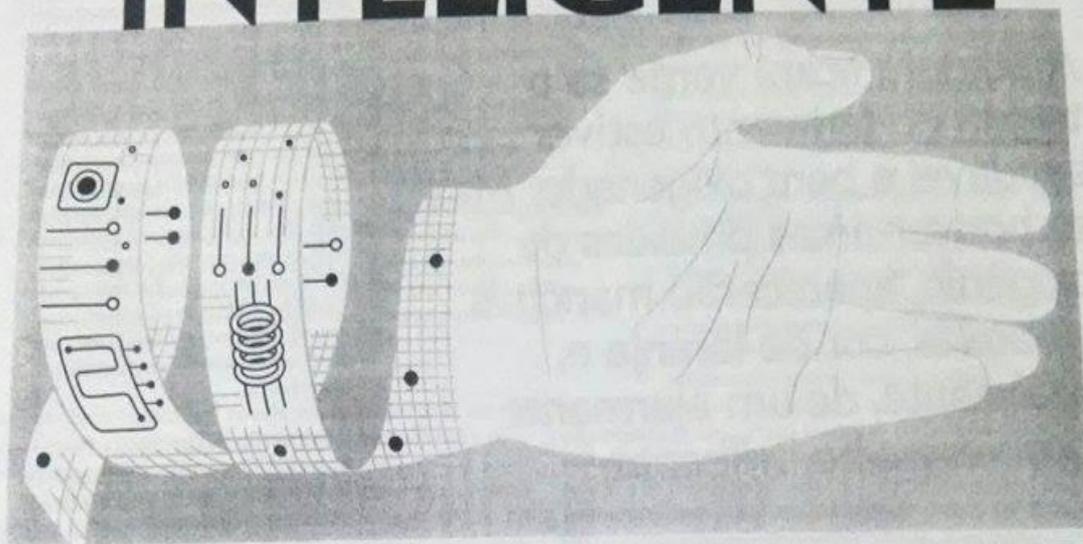
**Fonte:** Scientific American Brasil nº156, 2015 p.27-35

NANOMEDICINA EM BREVE

Novos materiais não cobrirão simplesmente ferimentos; eles alertarão médicos para problemas e ministrarão medicação

Por Mark Peplow

## ATADURA MAIS INTELIGENTE



**Os soldados feridos** haviam sido bem tratados desde seu regresso dos campos de combate no Afeganistão. No Centro Médico Militar de San Antonio, no Texas, cirurgiões haviam enxertado cuidadosamente tecido saudável sobre suas queimaduras e ferimentos, utilizando procedimentos de microcirurgia para conectar seus vasos sanguíneos à nova pele. Ainda assim, os pacientes enfrentavam uma recuperação incerta. Os vasos talvez não fornecessem suficiente oxigênio para os transplantes progredirem.

Quando Conor Evans visitou San Antonio, em 2010, e visitou esses soldados, se deu conta de que técnicas convencionais para monitorar níveis de oxigênio não funcionavam muito bem, e que elas muitas vezes deixavam de dar um alerta satisfatório caso o enxerto estivesse com problemas. "O que esses médicos fazem não é nada

menos que inacreditável", elogiou Evans, químico da Harvard Medical School e do Centro Wellman de Fotomedicina no Massachusetts General Hospital. "Mas os sensores que eles tinham simplesmente não funcionavam como deveriam."

Então Evans desenvolveu uma atadura melhor. Ele e seus colegas começaram com corantes que reagem a diferentes níveis de oxigênio, acrescentaram nanomoléculas que controlam a atividade corante, e usaram isso para criar uma bandagem, ou atadura líquida que indica o estado de saúde do ferimento que cobre. "A atadura muda de cor como um semáforo, de verde para amarelo e vermelho", dependendo da quantidade de oxigênio presente, segundo Evans. Depois do sucesso em animais de laboratório, em 2014, testes em humanos devem começar este ano.

www.sciam.com.br 31

**FUTURO DA MEDICINA 2015**

Larry Greenemeier é editor associado na Scientific American.

NANOMEDICINA NAS PRÓXIMAS DÉCADAS

# LANCEM OS NANOBÔS!

**O futuro em longo prazo** vislumbrado por pesquisadores de nanomedicina inclui agentes terapêuticos incrivelmente diminutos e inteligentes que navegam por conta própria para um alvo específico, e somente para aquele alvo, em qualquer lugar do corpo. Ao chegarem ao local desejado essas máquinas autônomas podem agir de diversas maneiras, desde liberar uma carga medicinal até fornecer atualizações em tempo real sobre o status de seu progresso no combate a uma doença. Uma vez alcançado o objetivo de sua missão, elas se biodegradam com segurança, deixando poucos ou nenhum vestígio. Esses chamados "nanobôs" (nanorrobôs) serão feitos de materiais biocompatíveis, metais magnéticos ou até filamentos de DNA: todos cuidadosamente selecionados por suas propriedades úteis na escala atômica, além de sua capacidade de driblar as defesas do corpo desimpedidamente e sem provocar qualquer dano celular.

Embora essa visão provavelmente só se concretize em uma ou duas décadas, pesquisadores médicos já começaram a abordar alguns dos problemas técnicos. Um dos maiores desafios é garantir que os nanodispositivos cheguem ao seu alvo no corpo.

**O PODER DAS ONDAS**

A MAIORIA DOS REMÉDIOS atualmente no mercado trafega com facilidade através do corpo pela corrente sanguínea, depois de injetados diretamente no sangue, ou, no caso de comprimidos, absorvidos pela corrente sanguínea a partir do trato gastrointestinal. Mas eles acabam viajando tanto para onde são necessários como para áreas onde podem causar complicações indesejadas. Comparativamente,

sofisticados nanomedicamentos estão sendo concebidos para serem guiados até um tumor ou outro ponto problemático do organismo, onde suas cargas medicamentosas são liberadas, reduzindo o risco de efeitos colaterais.

Campos magnéticos e ultrassom são os principais candidatos para guiar nanofármacos em curto prazo, avalia Joseph Wang, chefe de nanoengenharia e professor na University of California, San Diego. Na abordagem magnética pesquisadores incorporam nanopartículas de óxido de ferro ou níquel, por exemplo, em um determinado medicamento. Em seguida, usam um conjunto de

**Superar todos os desafios técnicos pode levar 20 anos ou mais, mas os primeiros passos rumo à medicina controlada remotamente já foram dados**  
Por *Larry Greenemeier*

**EM SÍNTESE**

Algum dia uma frota de nanofármacos e dispositivos autônomos viajarão para qualquer lugar pré-programado no corpo, usando motores e combustíveis biocompatíveis para chegar lá. Antes que esse dia chegue, porém, pesquisadores precisam aprender como projetar esses compostos para que eles possam se mover sem danificar ou interferir em quaisquer funções biológicas normais. Em curto prazo, cientistas estão gerando campos magnéticos e ondas de ultrassom para propelir nanopartículas até suas áreas-alvo. Mas essas abordagens não conseguem penetrar profundamente no corpo. Nanorrobôs (ou nanobôs), feitos de DNA são outra alternativa. Alguns desses compostos são projetados para funcionar como caixas que se abrem e liberam sua carga medicamentosa somente em circunstâncias específicas.

34 Scientific American Brasil | Maio 2015

