



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ORGÂNICA E INORGÂNICA
CURSO DE QUÍMICA

RAFAEL ANDRADE SAMPAIO

**ENSINO DE NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO POR MEIO DE
DIFERENTES METODOLOGIAS TEÓRICO-PRÁTICAS**

FORTALEZA

2017

RAFAEL ANDRADE SAMPAIO

ENSINO DE NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO POR MEIO DE DIFERENTES
METODOLOGIAS TEÓRICO-PRÁTICAS

Monografia apresentada ao curso de Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Pierre Basílio Almeida
Fechine

Coorientador: MSc. Antonio Alvernes Carneiro
Cruz

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S186e Sampaio, Rafael Andrade.
Ensino de nanotecnologia no ensino médio por meio de diferentes metodologias teórico-práticas /
Rafael Andrade Sampaio. – 2017.
83 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Química, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Pierre Basílio Almeida Fechine.
Coorientação: Prof. Dr. Antonio Alvernes Carneiro Cruz.
1. Nanotecnologia. 2. Ensino de química. 3. Metodologias de ensino-aprendizagem. I. Título.
CDD 540
-

RAFAEL ANDRADE SAMPAIO

ENSINO DE NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO POR MEIO DE DIFERENTES
METODOLOGIAS TEÓRICO-PRÁTICAS

Monografia apresentada ao curso de Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do Título de Licenciado em Química.

Aprovada em: 06/06/2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pierre Basílio Almeida Fechine (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

MSc. Antonio Alvernes Carneiro Cruz (Coorientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dr^ª. Elisane Longhinotti

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dr^ª. Elayne Valério Carvalho

Centro Universitário Christus (Unichristus)

À minha mãe, por todo carinho, dedicação e amor incondicional que eu sempre lembrarei e serei grato por receber.

AGRADECIMENTOS

Há uma série de pessoas, instituições e situações adversas que eu sinto que poderiam entrar nesta página de agradecimentos, mas se fosse citar todos precisaria de pelo menos três páginas para descrever toda a minha história acadêmica e como, em seus sucintos detalhes e peripécias, ela me trouxe até a idealização e realização deste trabalho. Por conta disso, focarei naqueles que foram cruciais para minha formação acadêmica, por minha chegada à ciência dos materiais e por desenvolver em mim uma paixão imensa pela área educacional.

Primeiro, obrigado à minha mãe, Lucimara, ou simplesmente Mara, como aprendi a carinhosamente chamar-lhe à medida que cresci, que com mais amor, afeto e proteção do que esta terra poderia sustentar, sempre me estimulou a prosseguir com meus estudos, enfrentando qualquer indivíduo que tentasse se colocar entre eu e minha educação e cuja pessoa me deu todo o suporte que eu poderia precisar sempre que o medo de avançar num curso superior em uma terra estranha e longínqua surgia.

Obrigado a meu orientador, Pierre, por ter me aceito no seu grupo de pesquisa e por me fazer sentir tão bem acolhido por ele, levando-me, muitas e espontâneas vezes, não só a vê-lo como meu superior ou como um exemplo a ser seguido, mas como um amigo com quem eu me veria muitas vezes tentando fazer uma reunião e acabar tendo uma conversa agradável sobre experiências e expectativas de vida.

Aos professores Davi, Sissi, Allan, Lourena e Vitória da EEM Adauto Bezerra, obrigado, não só por aceitarem que eu realizasse este projeto no seu ambiente de trabalho, mas também pela paciência, atenção e tempo que dispuseram sempre que necessitei deles. Obrigado, também, Alvernes e professora Selma, por terem me mostrado onde eu estava errando no meu projeto e que ações eu deveria tomar para melhorá-lo.

Obrigado Sarah, Évilyn, Dayane e Mayara, a melhor família que a UFC poderia ter me dado, por sempre me darem força e serem superpacientes ao ouvirem minhas reclamações e meus brados de vitória quando precisei externá-los.

Por fim, obrigado ao Governo Federal do Brasil e à Universidade Federal do Ceará, por manterem seu compromisso com a universidade pública, gratuita e aberta ao povo, que permitiu, não só a mim, mas a milhares de outros estudantes que passam e passaram por carências financeiras e educacionais o acesso ao ensino superior de qualidade.

“Ser professor é ter a confiança e a coragem de ter uma conversa sobre aquilo que carrega a teoria de seu conteúdo. Não é dar aulas, é contar histórias.” (Prof. Belmino Romero)

RESUMO

Desinteresse, desconcentração e dificuldades em manter a atenção dos discentes são reclamações comuns dos educadores das áreas de ciências naturais. Teorias pedagógicas e textos governamentais de orientação curricular defendem que os conceitos científicos devem ser apresentados a partir da ótica cotidiana do aluno para evitar estes problemas. Outros também defendem uma diminuição das barreiras disciplinares a fins de que o estudante consiga enxergar uma conexão entre o conteúdo científico e o seu dia-a-dia, aumentando o interesse pela disciplina. A partir disso, várias pesquisas educacionais começaram a surgir buscando mais inovação no ensino de química. Algumas atividades propostas defendem o uso de temas que alimentem a curiosidade dos alunos em entender como processos modernos funcionam, pois estes podem formar uma visão mais positivista da química. A nanotecnologia se encaixa perfeitamente nesta proposta, não só por suas vastas aplicações nas mais diversas áreas, mas também por ser uma novidade para a maioria dos estudantes. Em decorrência disso, foi feito um estudo que utilizou a nanotecnologia como tema de cativeiro em aulas de química para seis turmas de segundo ano do ensino médio. Neste estudo, diferentes metodologias baseadas na combinação de dois métodos teóricos e dois métodos práticos foram estudadas de modo a comparar o seu desempenho de acordo com a concepção de nanotecnologia adquirida pelos alunos e pela aceitação destes pelo tema. Percebeu-se que metodologias que levam à transgressão de barreiras educacionais ocasionadas pela forte disciplinaridade do ensino básico estimulam o desenvolvimento de um raciocínio mais fundamentado e voltado à aplicações cotidianas, além de tornarem o estudante mais interessado no tópico e passar-lhe a sensação de conexão do conteúdo em sala de aula com seu dia-a-dia. Percebeu-se, também, que o ato de realizar questionamentos interpretativos e investigativos durante os procedimentos experimentais em aulas laboratoriais, ao invés de realiza-los apenas após o término das práticas, auxilia na interpretação dos fenômenos ocorridos durante o experimento, desde que a atividade experimental seja precedida de aulas teóricas que demonstrem maior aplicabilidade de conteúdos e atraiam o interesse dos estudantes.

Palavras-chave: Nanotecnologia. Ensino de química. Metodologias de ensino-aprendizagem.

ABSTRACT

Lack of interest, problems of concentration, and difficulties in keeping students' attention are common complaints that come from educators in the natural sciences. Pedagogical theories and government curricular orientation documents defend that the scientific concepts must be presented from the students' daily perspective to overcome these problems. Ones also defend a reduction of disciplinary frontiers in order for the student to see a connection between scientific content and daily life, increasing the students' interest for the subject. Due to it, several educational researches started to seek innovation in chemistry teaching. Some of the proposed activities defend the use of educational themes that feed the students' curiosity in understanding how modern processes work, because they make a more positive view of chemistry. Nanotechnology fits perfectly in this proposal, not only because of its vast applications in diverse areas, but also for being a novel theme for most students. Because of this, a study using nanotechnology as a captive topic in chemistry classes was done. In this study, different methodologies based on the combination of two theoretical and two experimental methods were analyzed in order to compare their performance when applied to six sophomore high school chemistry classes. The methodologies were analyzed according to the conception of nanotechnology acquired by the students and their acceptance by the nanotechnology theme. It was found that methodologies that lead to the transgression of disciplinary frontiers stimulate the development of a better-grounded and everyday-applied reasoning, besides making the student more interested in the topic and giving them the feeling that the classes were connected with their daily lives. It was also noticed that the act of asking interpretive and investigative questions during the experimental procedures in laboratory classes, instead of asking them after the procedures were done, helps in the interpretation of the phenomena occurred during the experiment, as long as theoretical classes that demonstrate applicability of content and attract students' interest precede the experimental activity.

Keywords: Nanotechnology. Chemistry teaching. Teaching/learning methodologies.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	OBJETIVOS	12
2.1.	Objetivo geral	12
2.2.	Objetivos específicos	12
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1.	Inovação do ensino de Química	13
3.1.1.	<i>Interdisciplinaridade e multidisciplinaridade</i>	14
3.2.	Nanotecnologia	15
3.2.1.	<i>Exemplos da presença da nanotecnologia no dia-a-dia</i>	17
3.2.1.1.	Medicina e qualidade de vida.....	17
3.2.1.2.	Esportes.....	19
3.2.1.3.	Indústria alimentícia.....	20
4.	METODOLOGIA	22
4.1.	Aulas teóricas	22
4.1.1.	<i>Método com células estudantis</i>	22
4.1.2.	<i>Método com aulas expositivas</i>	23
4.2.	Aulas práticas	24
4.3.	Avaliação do desempenho das diferentes metodologias	25
4.4.	Validação dos métodos de aula e de análise	25
5.	RESULTADOS	31
5.1.	Turma de validação	31
5.1.1.	<i>Entendimento dos conceitos da prática 1</i>	31
5.1.2.	<i>Entendimento dos conceitos da prática 2</i>	32
5.1.3.	<i>Pesquisa de opinião nas duas práticas</i>	34
5.1.4.	<i>Resultados obtidos na aula teórica</i>	35
5.2.	Compreensão de conceitos e fundamentos	38

5.2.1.	<i>Método de células estudantis</i>	38
5.2.2.	<i>Método de aulas expositivas</i>	45
5.3.	Pesquisa de opinião	50
5.3.1.	<i>Comparativo de dados quantitativos</i>	50
5.3.2.	<i>Sugestões às aulas de nanotecnologia e ciências naturais feitas pelos alunos</i>	52
5.3.2.1.	Turma A.....	52
5.3.2.2.	Turma B.....	53
5.3.2.3.	Turma C.....	53
5.3.2.4.	Turma D.....	54
5.3.2.5.	Turma E.....	54
5.3.2.6.	Turma F.....	55
6.	DISCUSSÃO	56
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
	REFERÊNCIAS	62
	APÊNDICE A – TEXTOS ENTREGUES AOS ALUNOS PARA LEITURA NAS AULAS COM CÉLULAS ESTUDANTIS	67
	APÊNDICE B – ROTEIRO DE PRÁTICA ENTREGUE AOS ALUNOS DAS TURMAS B E E	75
	APÊNDICE C – ROTEIRO DE PRÁTICA ENTREGUE AOS ALUNOS DAS TURMAS C E F	77
	APÊNDICE D – FORMULÁRIO APLICADO AOS ESTUDANTES UMA SEMANA APÓS AS AULAS TEÓRICAS	79
	APÊNDICE E – FORMULÁRIO APLICADO AOS ESTUDANTES DA TURMA DE VALIDAÇÃO AO FIM DA PRÁTICA 1	81
	APÊNDICE F – FORMULÁRIO APLICADO AOS ESTUDANTES DA TURMA DE VALIDAÇÃO AO FIM DA PRÁTICA 2	82
	APÊNDICE G – FORMULÁRIO APLICADO AOS ESTUDANTES DA TURMA DE VALIDAÇÃO AO FIM DA AULA TEÓRICA	83

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, quando se fala em educação em química, muito se preocupa em atrair o interesse do aluno e conciliá-lo ao cotidiano da vida moderna. Diversas atividades de pesquisa e extensão têm buscado esse interesse desenvolvendo atividades de ensino mais contextualizadas e divertidas, como uso de temas ciência-tecnologia-sociedade (CTS) (Dos Santos, 2008), jogos educacionais (Da Cunha, 2012), quadrinhos (Aquino *et al.*, 2015) e até ferramentas de aprendizado *online* (Da Silva Junior *et al.*, 2016). Nisso, muitas ferramentas didáticas surgiram durante as últimas décadas como ações de apoio pedagógico.

Fazendo-se uma análise dos documentos de orientação pedagógica do Ministério da Educação brasileiro, percebe-se, claramente, a demanda educacional por uma melhor contextualização, atrelando o conteúdo químico às vivências diretas do estudante. Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) destacam, constantemente, na extensão de seu texto, a necessidade de tornar o conhecimento químico mais simples, atrelando-o a situações corriqueiras vividas pelo aluno e pelas comunidades nas quais ele está inserido (Brasil, 2000). Além disso, os Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) também indicam, como uma das competências gerais a serem desenvolvidas na área de Ciências da Natureza, a contextualização sociocultural que, como explicado pelo documento, é “a inserção do conhecimento disciplinar nos diferentes setores da sociedade, suas relações com os aspectos políticos, econômicos e sociais de cada época e com a tecnologia e cultura contemporâneas” (Brasil, 2002).

Essas demandas ajudaram a ampliar o espírito de inovação educacional, que já avançava nas pesquisas do sistema de ensino brasileiro e que se baseia por alterações na metodologia tradicional utilizada no Brasil para realizar mudanças significativas no âmbito educacional (Garcia, 1995).

Nisso, um grande desafio surge à tona: superar o desânimo e o desinteresse por conteúdos científicos que, muitas vezes, são considerados pouco atrativos e sem importância pelos estudantes. A falta de elementos de cativo faz com que atividades que deveriam ter êxito em tornar o ensino mais contextualizado acabem caindo por terra, tornando-se rotineiras à medida que o tempo passa e, futuramente, desinteressantes novamente.

Por conta disso, faz-se necessário o uso de elementos e ações motivadoras, como aulas mais contextualizadas, práticas laboratoriais e modelos moleculares, para tornar o ensino de ciências sempre atrativo aos alunos. Outra alternativa de âmbito teórico, talvez até mesmo uma necessidade para aqueles que pretendem manter seus estudantes sempre atraídos ao meio científico, é trazer ao aluno atividades que satisfaçam a curiosidade do “como isso funciona” (Silvério, 2012). Utilizar-se da curiosidade para trazer um tema atual e interessante ao encontro do aluno, que faça-o sentir atraído pela ciência e que, de preferência, possa ser utilizado para trabalhar conteúdos que devem ser ensinados naquele nível educacional.

Um tema que se encaixa bem nestas características é a nanotecnologia. Por se tratar de um assunto novo para muitos estudantes e com várias aplicações em processos da vida moderna, a mesma mostra-se como uma boa alternativa a ser inserida no ensino de ciências naturais do ensino médio. Além disso, dependendo de como o tema é aplicado, podem ser trabalhados diversos conceitos como, por exemplo, escala, estequiometria, oxidação e redução e ética na ciência.

Neste trabalho, buscou-se desenvolver um roteiro de aulas práticas e teóricas que utilize o tema nanotecnologia para o cativo científico dos estudantes. Foi estudada a aplicabilidade por meio de diferentes metodologias centradas tanto nas interações dentre os próprios estudantes quanto interações entre estudantes e professores, além de ter sido estudado o efeito do questionamento durante o decorrer de práticas laboratoriais. O programa foi aplicado a seis turmas de segundo ano do ensino médio de uma escola pública estadual considerada como referência de ensino no sistema estadual de educação cearense.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o desempenho de diferentes metodologias teórico-práticas na aplicação de aulas introdutórias ao tema nanotecnologia na educação básica.

2.2. Objetivos específicos

- Desenvolver um roteiro de aulas sobre nanotecnologia adaptado ao segundo ano do Ensino Médio;
- Analisar qualitativamente e quantitativamente o desempenho de diferentes metodologias teóricas e práticas no entendimento de conceitos de nanotecnologia e no cativo científico dos estudantes;
- Analisar o desempenho do questionamento sobre práticas laboratoriais durante e depois da realização do experimento;
- Analisar como o método de aula teórica influencia no desempenho de práticas laboratoriais;
- Sugerir uma metodologia para introdução do tópico nanotecnologia na educação básica que torne o processo de ensino-aprendizagem mais simples e atraente.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Inovação do ensino de Química

O conhecimento e o ensino da ciência química costumam ser negligenciados na educação básica, sendo, muitas vezes, aplicados sem a devida contextualização, falhando em mostrar a conexão dos conceitos químicos com o cotidiano do aluno que, por sua vez, acaba desenvolvendo desinteresse pela disciplina (Gerhard, 2010).

Segundo Silvério (2012), as pesquisas mais recentes na área de educação em química têm buscado melhorar o ensino da disciplina, tornando-a mais atrativa, mostrando a conexão com o dia-a-dia do estudante e melhorando os aspectos práticos das aulas. A mesma também destaca:

Fazer com que o aluno passe a ter uma visão positivista da disciplina de Química é trazê-lo ao encontro do “como funciona”, e fazer com que os mesmos sejam capazes de reconhecer a química no seu cotidiano, fazendo com que o educando se torne capaz de formular suas próprias respostas aprimorando com o que viu na teoria.

Maceno e Guimarães (2011) apresentam um ideal semelhante onde, em entrevista à professores do ensino de Química, percebem que a concepção de muitos educadores é de que o aluno aprende melhor tanto quando ele consegue fazer uma conexão entre os conceitos aprendidos e as demandas científicas globais, tais como aquecimento global e respeito ao meio ambiente, quanto entre o conteúdo químico e situações da vida cotidiana, como o conceito de fases da matéria e as atividades feitas na cozinha de suas residências.

Estudos que buscam a ideia de inovação no ensino de Química, segundo a visão de educadores, autores literários e periódicos, também mostram que estas três partes entram em acordo que a inter-relação entre o conhecimento adquirido dentro e fora da sala de aula é necessária para escapar de métodos que sejam desinteressantes e/ou excessivamente conteudistas. Deste modo, tal inter-relação, por melhorar o processo de ensino-aprendizagem a partir do maior interesse do aluno, faz com que o ensino da ciência química torne-se mais eficiente (Maceno e Guimarães, 2011).

Assim, faz-se necessário, no ensino de química, o uso de temas que tanto relacionem-se intimamente a situações cotidianas do próprio educando, permitindo uma melhor contextualização dos conceitos químicos, quanto possa ser utilizado para explicar o fenômeno contextualizado, servindo, assim, como meio de cativo, estímulo e de desenvolvimento do

espírito investigativo do aluno. Neste mesmo contexto, percebe-se também a necessidade do desenvolvimento de metodologias didáticas que permitam uso de tais temas deste modo.

3.1.1. Interdisciplinaridade e multidisciplinaridade

É uma realidade que a educação básica brasileira se estrutura em currículos que permitem pouca interação entre áreas de conhecimento diferentes. As disciplinas escolares, em geral, possuem cargas-horárias de conteúdos desconexos, exigindo que os profissionais da educação tenham que mostrar os conhecimentos referentes à sua especialização sem a oportunidade de dar-lhes o devido grau de aplicabilidade, desestimulando o interesse do aluno que passa a ver aquele conteúdo como algo sem importância e conexão com o dia-a-dia (Augusto *et al.*, 2004; Gerhard, 2010). Teorias educacionais que quebrem a barreira disciplinar, ao mesmo tempo em que oferecem a devida contextualização sociocultural, têm sido desenvolvidas há décadas na perspectiva de tornar o ensino básico mais eficiente (Lavaqui e Batista, 2007).

O termo interdisciplinaridade começou a surgir nas discussões pedagógicas a partir da segunda metade do século XX (Cardoso *et al.*, 2008). Entretanto, por muito tempo, tal termo manteve-se avulso de significação, o que dificultava a aplicação prática das teorias em decorrência das variadas correntes que surgiam. Tal realidade manteve-se até 1972, quando Piaget propôs a divisão do que se imaginava ser interdisciplinaridade em três significados: multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade, que variam entre si de acordo com o grau de conectividade entre conhecimentos variados e pela existência ou não de fronteiras disciplinares (Lavaqui e Batista, 2007; Piaget, 1972 apud Santomé, 1998).

O pensamento de Piaget foi utilizado como base para a estruturação das futuras correntes de pensamento que buscariam diminuir a conceituação desconexa presente na educação. Entretanto, apesar dos esforços em tornar o ensino mais interdisciplinar, atualmente, em decorrência da legislação, estrutura e da extensa carga-horária escolar que dificultam uma conexão mútua entre disciplinas, muitos desses esforços acabam se transformando em processos multidisciplinares (Augusto *et al.*, 2004). Nestes processos, diferentes disciplinas trabalham conteúdos semelhantes por meio de temas geradores de conhecimento comuns, conhecidos na área educacional como temas transversais (Brasil, 1998).

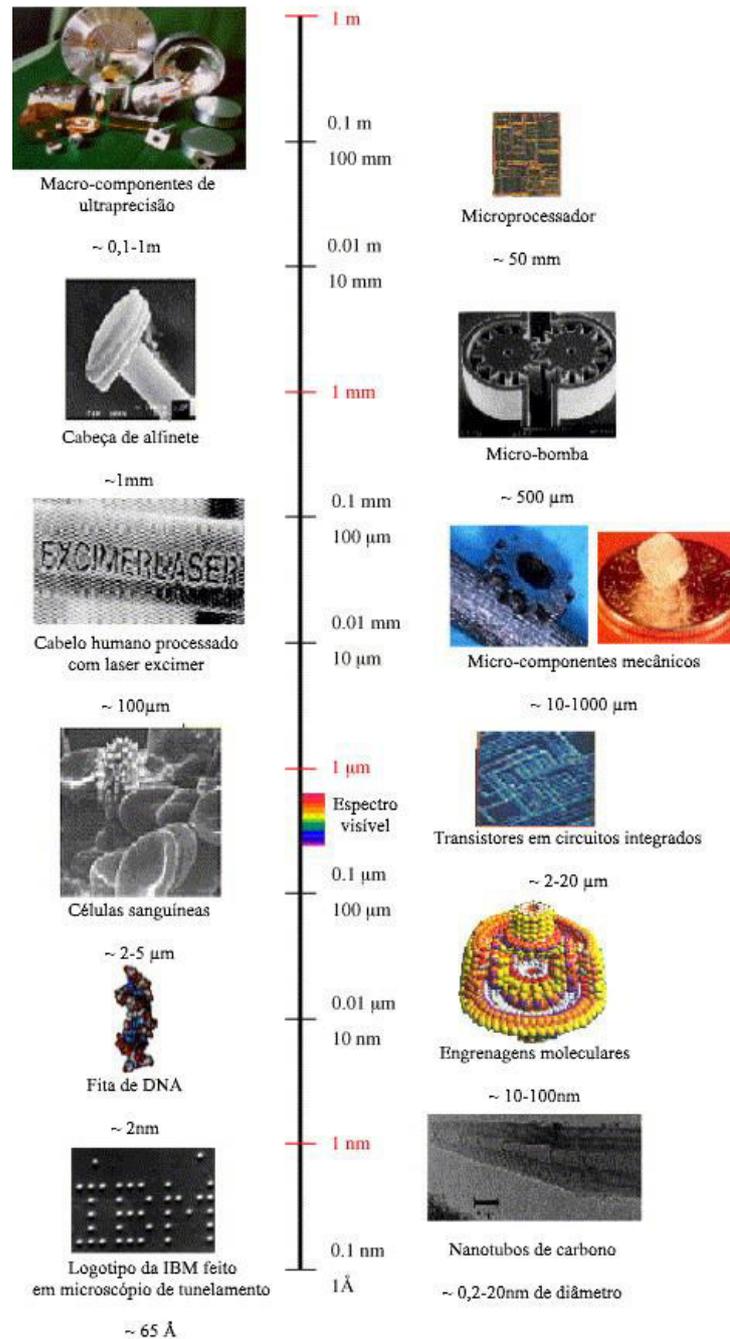
Apesar de apresentar falhas na criação de conexões entre diferentes disciplinas, o método multidisciplinar, quando utiliza temas transversais de maneira efetiva, como apresentado por Venville *et al.* (1998) em seus experimentos no sistema educacional australiano, ainda pode ser usado como método auxiliar no ensino de ciências, em decorrência de tornar o ensino mais aplicável devido à contextualização por meio dos temas transversais e melhorando o entendimento de conceitos.

Alguns outros métodos também podem ser adicionados à multidisciplinaridade e interdisciplinaridade visando complementá-las e torna-las mais atrativas ao aluno. No ensino de ciências, devido ao objetivo de desenvolver o espírito investigativo nos estudantes e para superar as necessidades de assimilação devido à dificuldade de visualização de alguns processos descritos nas aulas de ciências naturais, é comum utilizar-se de recursos audiovisuais, como apresentações de slides e vídeos paradidáticos (Rezende, 2008), e de experimentos didáticos, que buscam oferecer ao aluno do ensino básico comprovações visuais das teorias abordadas em sala de aula e uma introdução ao meio científico (Hofstein e Lunetta, 2004; Ferreira *et al.*, 2010).

3.2. Nanotecnologia

Compreende-se como nanotecnologia a ciência que trata da manipulação de materiais que possuem pelo menos uma de suas dimensões abaixo de 100 nm ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$) para o melhoramento de processos e para o avanço científico e tecnológico. Estes materiais recebem a denominação de nanomateriais (Conde, 2007). A Figura 1 exhibe alguns exemplos de componentes comuns fabricados em macro, micro e nanoescala.

Figura 1 - Escala de comprimento e exemplos de macro, micro e nanocomponentes.



Fonte: Mamalis (2007), adaptado pelo autor.

Dentre os vários temas que podem ser utilizados no ensino de ciências, a nanotecnologia tem sido eficaz para a formação do conhecimento científico. Entretanto, apesar de mostrar-se eficiente em estudos anteriores, como reportado por Blonder e Sakhnini (2012), Harmer e Columba (2010), Ambrogi *et al.* (2008) e Rebello *et al.* (2012), o potencial da nanotecnologia como tema gerador de conhecimento químico não tem sido aproveitado ao máximo e poucos estudos sugerem o uso do tema.

Tal assunto tem grande potencial para ser utilizado em metodologias do ensino de química mais inovadoras, tanto por sua conexão com vários processos do dia-a-dia, quanto por permitir que os educandos estimulem seu espírito investigativo. Além de ser possível justificar a eficiência de alguns processos com o uso dos nanomateriais, esse tópico também acaba por estimular o interesse por meio da curiosidade de um assunto que, para muitos, é novo.

3.2.1. Exemplos da presença da nanotecnologia no dia-a-dia

O uso de materiais em escala nanométrica tornou-se comum no cotidiano da vida moderna. Exemplos que utilizam nanomateriais envolvem áreas como medicina (Emerich e Thanos, 2003; Sahoo *et al.*, 2007), tecnologia de alimentos (Weiss *et al.*, 2006), esportes (Gong, 2013), telecomunicações e ciência da informação (Whitesides, 2005; Alfano e Miorandi, 2006), além de várias outras que aproveitam-se das propriedades únicas dos materiais em nanoescala.

Estas aplicações, que representam apenas uma pequena parcela do potencial uso da nanotecnologia, podem ser utilizadas como um aditivo ao ensino de ciências em salas de aula do ensino médio. A partir deste tópico, conceitos como escala, transgênicos e uso responsável da ciência podem ser trabalhados, além de se mostrar um bom tópico para despertar o interesse do aluno, tendo em vista que se trata de um assunto novo, desconhecido pela maioria dos estudantes, e que atrai bastante atenção não só pelo fato de ser novidade, mas por demonstrar muita aplicabilidade na vida moderna.

Abaixo, é feita uma breve discussão sobre três áreas que são beneficiadas pelo uso dos nanomateriais e como os nanomateriais auxiliaram em problemáticas comumente encontradas por profissionais e pesquisadores destas áreas. Estas aplicações da nanotecnologia foram abordadas em sala de aula durante este trabalho, em acordo com a metodologia descrita à frente.

3.2.1.1. Medicina e qualidade de vida

São inúmeros os trabalhos que relatam o uso de materiais nanoparticulados para o desenvolvimento de procedimentos na área de saúde. Esta área de pesquisa ganhou até uma terminologia própria: “nanomedicina”, termo que se tornou comum para os engenheiros e

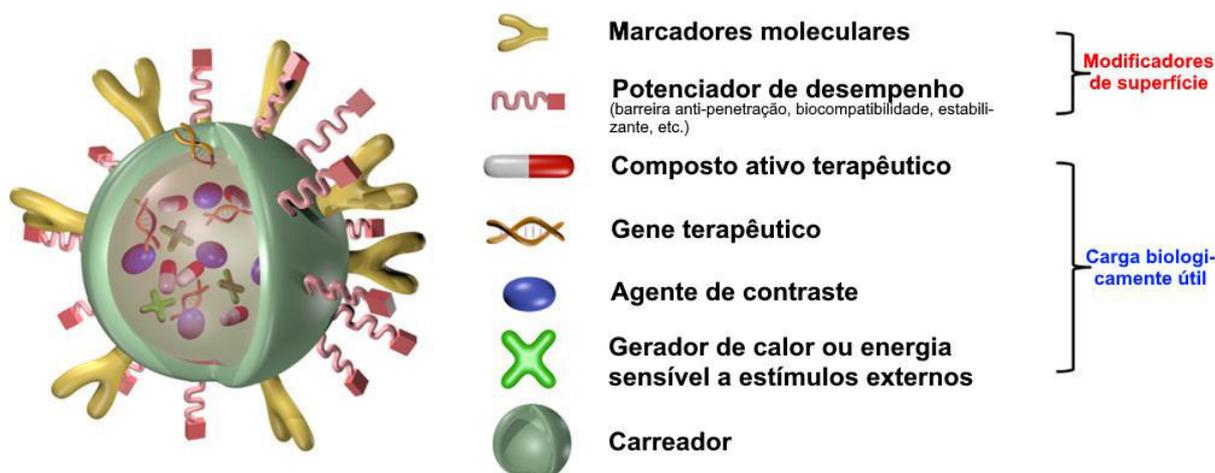
cientistas de materiais que pesquisam na área de nanotecnologia e que até estampa os títulos de laboratórios em institutos renomados e de periódicos de grandes editoras, como é o caso do *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine* publicado pela Elsevier, do *Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology* publicado pela Wiley Online Library e do *International Journal of Nanomedicine* da Dove Press.

Atualmente, a maioria das pesquisas que procuram entender melhor a aplicabilidade dos nanomateriais na saúde se preocupam em compreender as técnicas e as consequências da liberação controlada de fármacos, ou *drug delivery*, que visa melhorar a eficiência e o tempo de conservação de compostos ativos (Sahoo *et al.*, 2007).

Também são comuns as pesquisas que utilizam nanopartículas como agentes de contraste para imagens biológicas. Exemplos clássicos incluem o uso de nanopartículas magnéticas como agentes de contraste em imagens de ressonância magnética nuclear e nanomateriais fluorescentes que indicam o local de atuação de compostos bioativos (Emerich e Thanos, 2003). Alguns casos também relatam que o uso de nanomateriais como vetores para alterações genéticas em técnicas de terapia genética pode ser bem mais vantajoso do que outras técnicas já mais consolidadas, como o uso de vetores virais (Sahoo *et al.*, 2007).

Tais pesquisas têm potencial tanto na parte científica quanto em procedimentos de rotina, como diagnósticos mais rápidos e precisos, além do desenvolvimento dos chamados *theranostic nanomaterials*, materiais que, como esquematizado na Figura 2, são formados por componentes capazes de realizar tanto o diagnóstico quanto o tratamento de anomalias (Lim *et al.*, 2014).

Figura 2 - Esquema dos componentes de um *theranostic nanomaterial*.

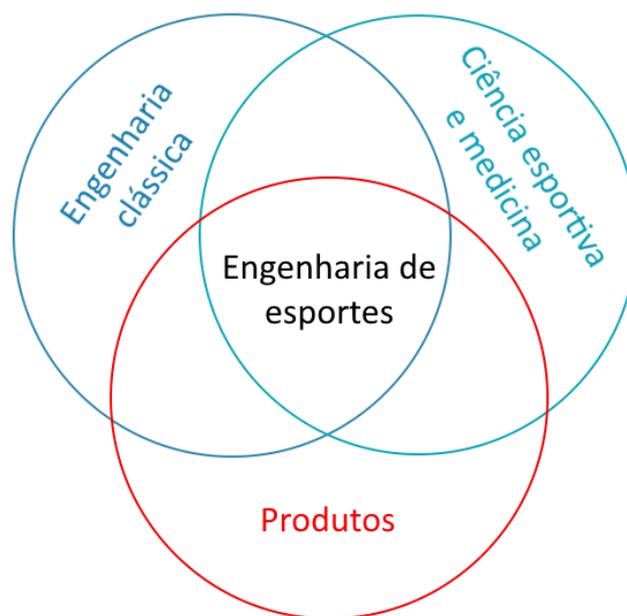


Fonte: Lim *et al.* (2014), adaptado pelo autor.

3.2.1.2. Esportes

A engenharia de esportes, como representado na Figura 3, é a área que se preocupa no desenvolvimento de novos produtos atléticos visando conforto, agilidade e desempenho. É a união da engenharia clássica com a medicina, ciência esportiva e com a inovação tecnológica (Jenkins *et al.*, 2010). As propriedades únicas dos nanomateriais também têm sido aproveitadas nesta área.

Figura 3 - As conexões da engenharia de esportes.



Fonte: Jenkins *et al.* (2010), adaptado pelo autor.

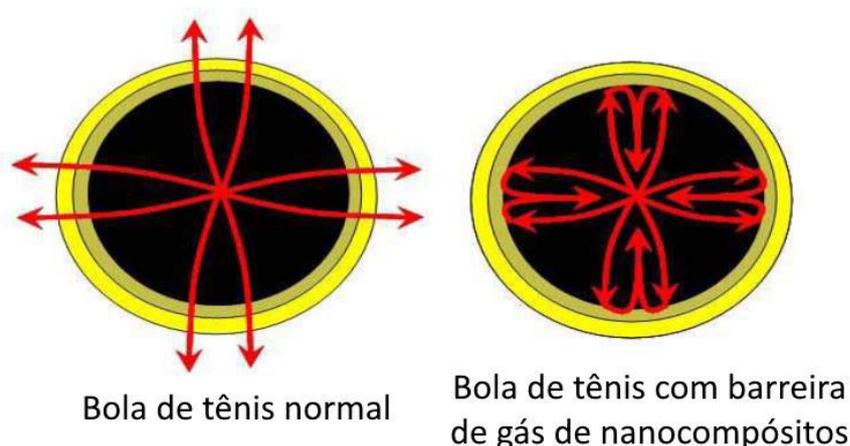
O uso dos nanomateriais tem alcançado quase todas as partes de desenvolvimento da engenharia de esportes, desde melhores vestimentas e acessórios, até as estruturas dos espaços de atividade física.

Gong (2013) destaca alguns casos onde os nanomateriais já são colocados em prática no meio esportivo. Alguns exemplos incluem o revestimento de pisos de estádios com filmes de nanopartículas de TiO_2 e gramados artificiais que se tornam mais resistentes e aptos à prática esportiva após a aplicação de CaCO_3 nanoparticulado.

Além disso, também se destacam os equipamentos que ficaram mais eficientes com o uso de partes oriundas da nanotecnologia. Alguns exemplos incluem raquetes de tênis feitas

com grafeno, como a utilizada pelo tenista sérvio Novak Djokovic e comercializada pela companhia americana HEAD NV (Racquetball; Spasenovic, 2012), bolas de tênis que se tornaram mais rápidas e estáveis após um revestimento interno de uma camada de nanocompósitos de borracha e argila, tal como mostrado na Figura 4, fibras mais hidrofóbicas que tornam-se úteis devido à baixa absorção de água e suor durante a prática esportiva, além de varas de salto fabricadas com fibras de carbono que tornaram-se mais leves e resistentes à torção e restauração da forma original que ocorrem durante a prática do esporte (Gong, 2013).

Figura 4 - Bola de tênis normal vs. bola de tênis com camada de nanocompósitos.



Fonte: Gong (2013), adaptado pelo autor.

3.2.1.3. Indústria alimentícia

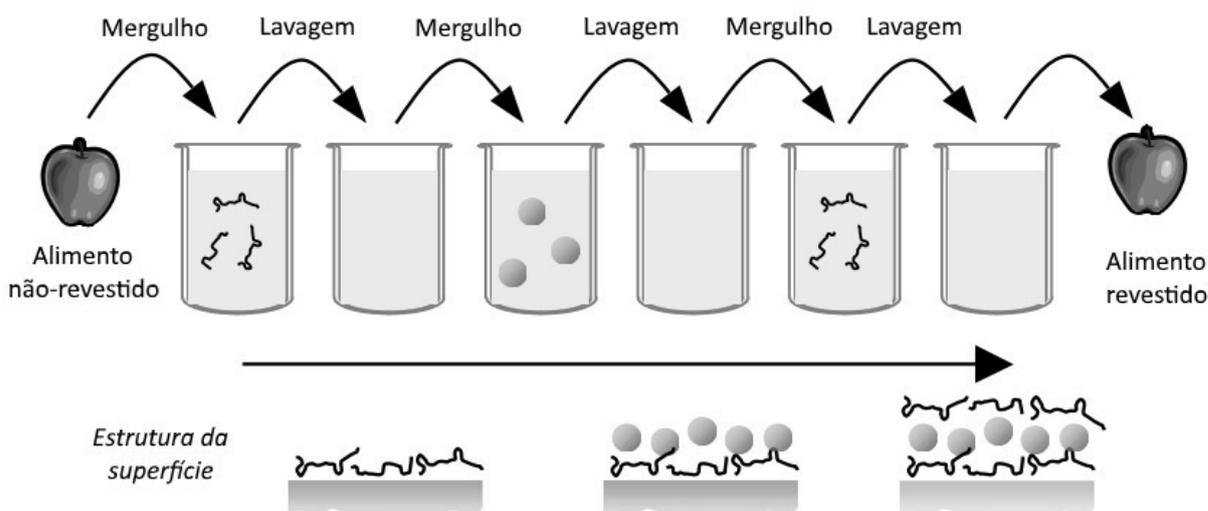
Graças ao aumento da procura por alimentos de maior qualidade nutricional e com a crescente preocupação da população com relação aos riscos de saúde relacionados às atividades industriais na alimentação, tais como uso negligente de agrotóxicos e alimentos transgênicos, a nanotecnologia começou a ganhar espaço também na indústria alimentícia (Sanguansri e Augustin, 2006).

As aplicações principais envolvem o uso de técnicas de nanotecnologia, tais como a nanoemulsão, para o melhoramento nutricional dos alimentos. Algumas delas incluem a adição e melhoramento de componentes de interesse, como aumento e conservação dos nutrientes já presentes nos alimentos, tais como vitaminas, sais minerais e compostos aromatizantes, além da incorporação de novos compostos, como drogas e genes para terapia genética, para a formação de alimentos enriquecidos com aditivos para a contribuição de

processos metabólicos naturais ou mesmo na manutenção da saúde. São os chamados alimentos funcionais (Sanguansri e Augustin, 2006; Weiss *et al.*, 2006; Scott e Chen, 2013).

Como relatado por Weiss *et al.* (2006), alguns estudos também demonstram interesse na formação de nanocamadas em produtos alimentícios que possam melhorar suas características nutricionais e tempo de conservação, funcionando como embalagens comestíveis, mas em nanoescala. Estas camadas podem ser compostas de biopolímeros e serem funcionalizadas com agentes de conservação, como antioxidantes, bactericidas e fungicidas, além de serem uma alternativa para a adição de componentes de enriquecimento nutricional. A Figura 5 mostra uma representação esquemática de um sistema de mergulhos e lavagens múltiplas, onde um alimento é revestido com várias camadas de espessura nanométrica a partir da adsorção de componentes no objeto de interesse. Neste sistema, vários componentes podem ser agregados ao produto final, podendo-se, por exemplo, adicionar tanto camadas que melhoram a conservação, quanto partes que melhoram o sabor, cor e propriedades nutricionais dos alimentos.

Figura 5 - Representação esquemática do revestimento de um alimento com múltiplas camadas utilizando um procedimento de mergulhos e lavagens sucessivas.



Fonte: Weiss *et al.* (2006), adaptado pelo autor.

Também são comuns técnicas semelhantes aos sistemas de *drug delivery*, já amplamente utilizados pela nanomedicina para evitar a degradação de alguns nutrientes e aditivos durante o trato digestivo, fazendo com que maiores quantidades de determinado composto atinjam partes de interesse do organismo (Sanguansri e Augustin, 2006; Weiss *et al.*, 2006).

4. METODOLOGIA

4.1. Aulas teóricas

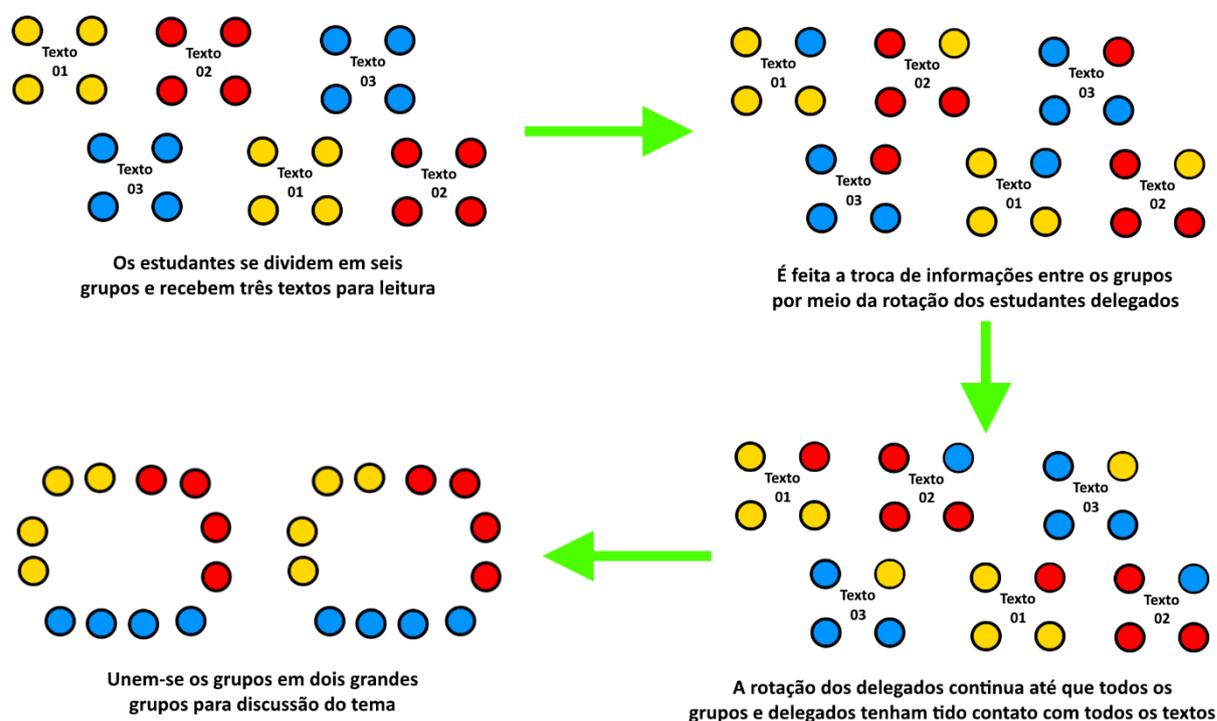
Foram ministradas aulas teóricas sobre o conceito de nanotecnologia e nanociência, utilizando a aplicação de nanomateriais em situações cotidianas para contextualização, para seis turmas de segundo ano do ensino médio, aqui designadas como turmas A, B, C, D, E e F, da EEM Adauto Bezerra, escola estadual localizada na cidade de Fortaleza – CE, por meio de dois métodos diferentes. O segundo ano foi escolhido pois conceitos como escala, estequiometria, reações de transferência de elétrons e genética, necessários para uma melhor interpretação do que seria abordado nas turmas A a F e de validação, já haviam sido estudados, facilitando a aplicação do trabalho. Nas turmas A, B e C, foi utilizado um método de estudo e cooperação entre células estudantis e, na segunda, aplicada às turmas D, E e F os estudantes assistiram uma aula expositiva ministrada por um professor, onde foi priorizado o debate entre os estudantes e professor para discussão do tópico. Os métodos, questionários e materiais de aula foram feitos baseados em resultados obtidos a partir de uma turma de validação.

4.1.1. Método com células estudantis

Pediu-se à turma que se dividissem em seis grupos distintos e que se posicionassem em círculos. Cada aluno recebeu um texto definindo uma aplicação dos nanomateriais, sendo entregue um texto diferente por grupo (Apêndice A). Os alunos fizeram a leitura individual dos textos e discutiram o conteúdo entre os demais membros do seu grupo. Depois disso, cada grupo teve que designar um membro para discutir com os demais estudantes sobre o conteúdo do texto entregue ao seu grupo. Este membro deveria ir para um novo grupo e repassar o conteúdo discutido no seu grupo inicial. O grupo que estivesse recebendo o membro designado deveria repassar para este o conteúdo do texto que eles receberam inicialmente. Os membros designados fizeram uma rotatividade entre os grupos de modo que cada designado e grupo tivesse acesso a todos os textos. Ao fim, pediu-se que os alunos juntassem seus grupos de modo que a turma ficasse dividida apenas em dois grandes grupos distintos. Foi feito então um momento de fixação do conhecimento, sendo discutidas, junto aos estudantes, de forma oral, questões como “o que vocês entenderam como nanotecnologia?”, “quais aplicações vocês acharam mais interessantes?” e “quais objetos que vocês conhecem utilizam nanotecnologia?”. Este método

é baseado em um método de estudos por aprendizagem cooperativa já consolidado em alguns sistemas cearenses de ensino básico e superior e que buscam uma maior troca de conhecimentos entre indivíduos e entre áreas educacionais diferentes (Miranda *et al.*, 2011). A Figura 6 faz uma representação esquemática do sistema de rotatividade neste método teórico.

Figura 6 - Representação esquemática do sistema de rotação no método com células estudantis.



Fonte: O autor.

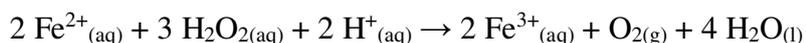
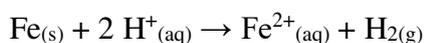
4.1.2. Método com aulas expositivas

Inicialmente, foi feita uma introdução teórica sobre escalas e sobre o que seria a escala nanométrica. Procurou-se desenvolver o diálogo com a turma perguntando se eles saberiam dizer o quão pequeno seria o menor componente presente nos materiais que eles utilizassem. Depois disso, foi exposto o vídeo O incrível e infinitamente pequeno universo da nanotecnologia (2014), explicando o que é a nanotecnologia e algumas das suas aplicações na vida cotidiana. Após a apresentação do vídeo, foi feito um momento de fixação do conhecimento perguntando-se aos estudantes o que eles acreditavam que fosse o componente em escala nanométrica nos materiais cotidianos apresentados no vídeo, como cola, raquete de tênis e protetor solar, e o que eles acreditavam que poderia ser a função deles. Também procurou-se deixar claro à turma as vantagens de se utilizar materiais em escalas menores, como

na sensibilidade de alguns componentes eletrônicos e biomédicos e na questão estética do uso de nanopartículas em cremes.

4.2. Aulas práticas

Quatro das seis turmas que receberam a aula teórica sobre os conceitos e aplicações da nanotecnologia realizaram uma atividade prática de síntese de um nanomaterial. Buscou-se realizar a síntese de um ferrofluido a partir de materiais de uso comum, como vinagre, esponja de aço, água oxigenada, detergente doméstico e amônia comercial. Foi escolhida a síntese do ferrofluido devido à fácil obtenção de magnetita nanoparticulada a partir do método de coprecipitação, partindo-se de reagentes de fácil acesso e pela facilidade de observação das características magnéticas deste material. O método reacional foi adaptado a partir da literatura (Rebello *et al.*, 2012). A reação é baseada na liberação de íons Fe^{2+} da esponja de aço quando esta era mergulhada e deixada em repouso no vinagre, seguido da oxidação de parte desses íons em Fe^{3+} com a adição de água oxigenada. Foram então feitas duas misturas de soluções de Fe^{2+} e Fe^{3+} , atentando-se ao volume da solução de cada íon, de modo que as duas misturas finais mantivessem a proporção $2 \text{Fe}^{3+} : 1 \text{Fe}^{2+}$, necessária para a síntese de magnetita. Em uma delas foram adicionadas algumas gotas de detergente e, nas duas, foi feita a precipitação de nanopartículas de magnetita aumentando-se o pH dos meios com amônia comercial. A presença do detergente, que acaba funcionando como surfactante, dificulta a decantação do sólido de magnetita, mantendo as nanopartículas em suspensão e formando um ferrofluido.



As práticas foram aplicadas utilizando-se dois roteiros de laboratório diferentes, sendo precedidas de uma explicação teórica sobre os fenômenos esperados e as reações que ocorreriam. O primeiro (Apêndice B), aplicado às turmas B e E, possui perguntas referentes ao experimento entre os passos do roteiro e pediu-se aos alunos que às respondessem prontamente no momento em que lhes aparecessem. O segundo (Apêndice C), aplicado às turmas C e F, possuía as mesmas perguntas, mas feitas apenas após os passos apresentados no roteiro e pediu-se aos alunos que as respondessem apenas após o término da prática.

4.3. Avaliação do desempenho das diferentes metodologias

Para avaliar o desempenho no processo de ensino-aprendizagem de cada metodologia teórico-prática utilizada foram analisadas as respostas dos alunos nas questões inseridas no roteiro de prática, além de ter sido aplicado um questionário (Apêndice D) para cada uma das turmas exatamente uma semana após as aulas teóricas. As respostas de cada turma foram comparadas visando analisar qual metodologia teórica ou combinação de metodologias teóricas e práticas tiveram melhor desempenho na fixação dos conceitos por parte dos estudantes, além de ter sido feita, no próprio questionário, uma pesquisa de opinião para saber o nível de aceitação de cada combinação de métodos pelos estudantes. Para tal, foram adicionadas perguntas que deveriam ser respondidas por meio de uma escala de Likert (Allen e Seaman, 2007), além de perguntas de opinião subjetivas. Foram avaliados cerca de 272 questionários distribuídos dentre as turmas de acordo com os dados do Quadro 1.

Quadro 1 - Distribuição dos questionários individuais avaliados dentre as turmas analisadas.

Turma de validação			
Prática 1	Prática 2	Aula teórica	Total
8	9	23	40
Turmas A a F			
Turma	Aula teórica	Aula prática	Total
A	18	--	18
B	26	24	50
C	21	22	43
D	15	--	15
E	25	24	49
F	26	31	57

Fonte: O autor.

4.4. Validação dos métodos de aula e de análise

A fins de que o nível de profundidade do conteúdo das aulas e dos questionários para avaliação fosse o mais adequado possível para as turmas trabalhadas, o conteúdo e roteiros das aulas teóricas, práticas e formulários aplicados às turmas A, B, C, D, E e F foram preparados de acordo com resultados obtidos em um trabalho multidisciplinar paralelo aplicado à outra turma de segundo ano da mesma escola, aqui referida como turma de validação. Nesta turma, o tema nanotecnologia era abordado junto ao tema transgênicos e era destacado o uso de materiais nanotecnológicos como alternativas mais seguras para a realização de mudanças no genoma de microorganismos de interesse à comunidade científica e industrial.

Um terço dos alunos da turma de validação, escolhidos aleatoriamente, participaram de duas aulas práticas, recebendo uma breve introdução teórica sobre o conteúdo de que se tratava cada prática. Na primeira, foi realizada a síntese de um nanocompósito de magnetita e hidroxiapatita. Na segunda, foi feita a extração do DNA de morango e a simulação do fenômeno de adsorção do DNA pelo nanocompósito sintetizado por eles. Esta prática foi escolhida devido à facilidade de obtenção do nanocompósito de hidroxiapatita e magnetita, sendo, ambos os compostos, obtidos facilmente a partir da coprecipitação de seus precursores, além do fato de que tal material já é reportado na literatura como um vetor de alterações genéticas alternativo à métodos virais (Wu *et al.*, 2010; Tram Do *et al.*, 2012; Del Valle *et al.*, 2014). Em um outro momento, o mesmo assunto foi discutido com o restante da turma em uma aula exclusivamente teórica. Ao final de cada atividade, foi aplicado um questionário (Apêndices E, F e G) aos estudantes para identificar quais pontos deste tópico os mesmos teriam maior dificuldade de assimilação, quais perguntas do formulário poderiam soar confusas aos alunos e quais métodos de ensino deveriam ser adaptados.

Na primeira prática, antes de realizarem o experimento, os alunos realizaram, junto a um professor, um debate sobre o que é a escala nanométrica, partindo então para a nanociência e suas aplicações. Nesta discussão preliminar, como mostrado na Figura 7, foi exibido o mesmo vídeo apresentado às turmas D, E e F como material complementar à discussão. Depois da discussão, foi feita a síntese de um nanocompósito de magnetita e hidroxiapatita por meio de coprecipitação, através de uma rota sintética adaptada da literatura (Gopi *et al.*, 2012), e as propriedades magnéticas do nanomaterial foram mostradas por meio da aproximação de um ímã, como mostrado nas Figuras 8 e 9. Após a realização do experimento, foi aplicado um questionário (Apêndice E) que perguntava os fundamentos da nanotecnologia, além de ser feita uma pesquisa de opinião e satisfação utilizando perguntas que deveriam ser respondidas com uma escala de Likert.

Figura 7 - Estudantes da turma de validação que participaram da prática 1 assistem vídeo sobre nanotecnologia e suas aplicações.



Fonte: O autor.

Figura 8 - Alunos realizam síntese de nanocompósitos de magnetita e hidroxiapatita.



Fonte: O autor.

Figura 9 - Alunos observam o efeito magnético dos nanocompósitos sintetizados por eles.



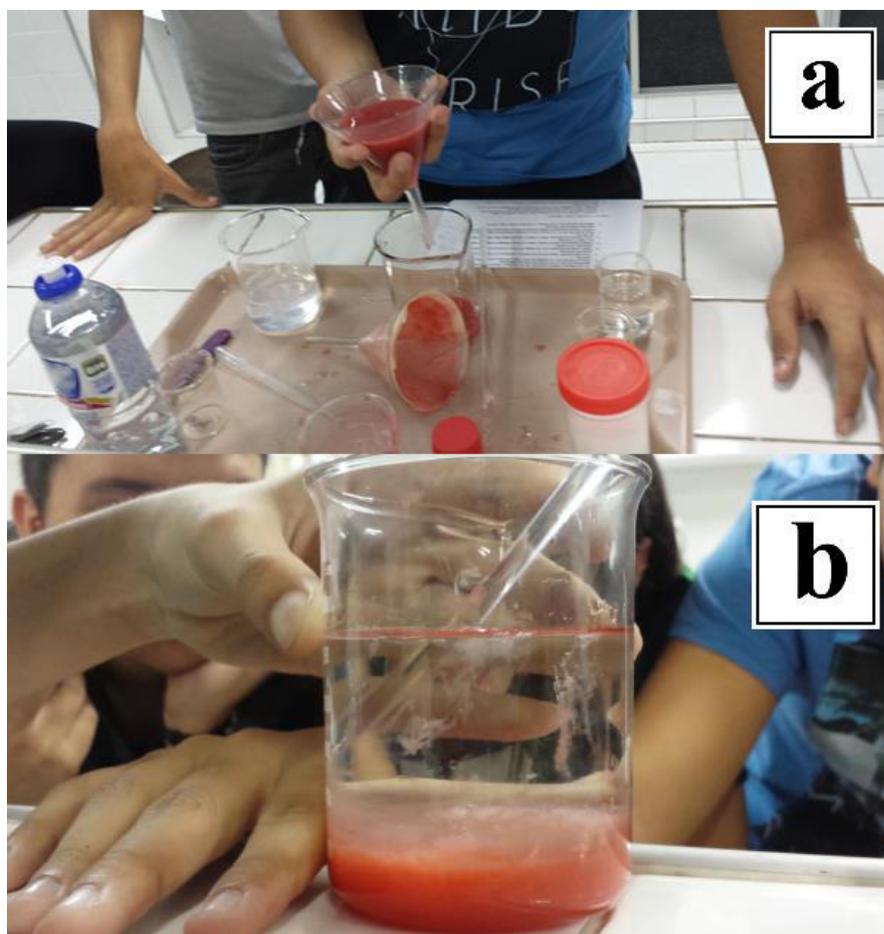
Fonte: O autor.

Na segunda prática, antes de realizarem o experimento, os alunos fizeram um debate sobre alterações genéticas, produção, uso e riscos de organismos transgênicos, utilizando-se a dengue e o uso de mosquitos *A. Aegypti* geneticamente alterados para a diminuição das populações de mosquito em cidades muito afetadas (Castro, 2016) como tema de contextualização. Buscou-se fazer o sequenciamento da discussão visando um método de contextualização freireano, conforme um modelo semelhante sugerido por Coelho e Marques (2007). Este tema foi escolhido para contextualização devido à alta incidência dos casos de dengue no Ceará e pela facilidade em encontrar uma conexão com o dia-a-dia dos alunos (Mais de 20 mil casos confirmados de dengue no Ceará em 2016, 2016).

Após a discussão, foi realizada a prática de extração de DNA do morango utilizando materiais de uso comum, como detergente comercial, aqui utilizado para ruptura das membranas celulares, sal de cozinha e álcool etílico comercial, utilizados para a precipitação do DNA. O processo de extração foi idêntico ao procedimento experimental reportado por Pereira *et al.* (2010). O morango foi escolhido devido à beleza e facilidade de visualização do DNA que ocorre no efeito visual da extração, onde o DNA precipitado (branco) entra em contraste com a fase alcoólica transparente e com o extrato de morango (rosa). Os alunos então

coletaram o DNA extraído, colocaram-no em outra solução alcoólica e adicionaram o nanocompósito sintetizado na primeira prática, simulando o efeito de adsorção do DNA na hidroxiapatita do nanocompósito. As Figuras 10-(a) e (b) mostram o processo de extração do DNA realizado. Foi explicado aos alunos que aquele procedimento formava um “DNA magnético” e que, caso o DNA tivesse algum gene de interesse, aquele nanomaterial, devido às suas características magnéticas e de boa biocompatibilidade, poderiam ser utilizados em procedimentos de alteração genética semelhante os que são utilizados na produção de transgênicos. Após a prática, foi aplicado um questionário (Apêndice F) com perguntas sobre os princípios abordados sobre transgênicos, a relação do nanomaterial com o DNA e uma pesquisa de opinião semelhante à da primeira prática.

Figura 10 - (a) Alunos realizam extração e coleta de DNA do morango que mostra-se como (b) filamentos brancos entre o extrato de morango e a fase alcoólica.



Fonte: O autor.

Na aula teórica, decidiu-se por realizar uma adaptação de modo que fosse feita uma aula teórica de 50 minutos abordando tanto o tema nanotecnologia quanto transgênicos, partindo-se do método de ensino que obtivesse melhores resultados na análise das respostas

conceituais e das pesquisas de opinião obtidas nas duas práticas. Ao fim da aula, foi aplicado um questionário (Apêndice G), semelhante aos questionários aplicados ao fim das práticas, de modo a entender como a aplicação ou não do experimento poderia influenciar no entendimento dos tópicos. Nesta última fase, pediu-se aos alunos que participaram das práticas que não respondessem aos questionários a fins de não influenciar nos resultados obtidos.

Os resultados obtidos nos três formulários aplicados à essa turma foram utilizados como base para compreensão de como os conteúdos de nanotecnologia deveriam ser trabalhados nas demais turmas.

5. RESULTADOS

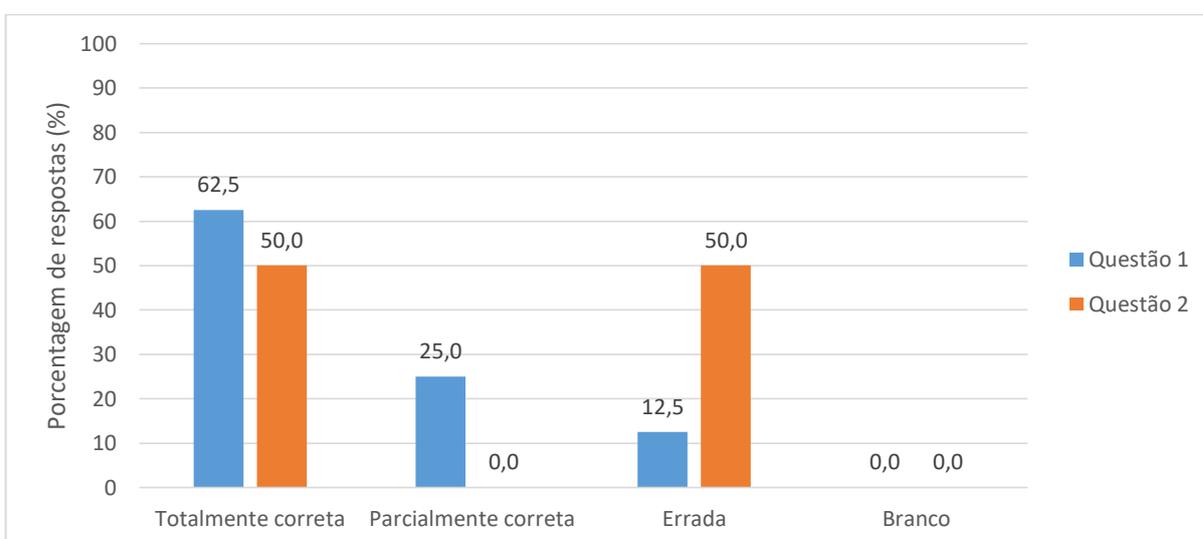
A seguir, são mostrados os resultados obtidos neste trabalho, acompanhados de uma breve discussão do que pode ser concluído a partir dos dados coletados. Primeiro, são exibidos os resultados da turma de validação e como os fenômenos observados nesta turma definiram os procedimentos adotados no restante do trabalho. Posteriormente, nas seções 5.2 e 5.3, os resultados são mostrados por método teórico, sendo feitas comparações do desempenho de cada metodologia e dos resultados da pesquisa de opinião e satisfação das turmas A, B, C, D, E e F segundo os estudantes. Por fim, no capítulo 6, é feita uma reflexão geral sobre os resultados obtidos neste trabalho.

5.1. Turma de validação

5.1.1. Entendimento dos conceitos da prática 1

Os resultados obtidos nas questões 1 e 2, que tratam sobre as aplicações do nanocompósito sintetizado pelos alunos (Figuras 8 e 9), são exibidas na Figura 11.

Figura 11 - Respostas obtidas nas questões de fundamentos de nanotecnologia na primeira prática da turma de validação.



Fonte: O autor.

Foram consideradas como totalmente corretas respostas onde fossem explicadas as características daquele material que o tornava interessante para o uso em alterações biológicas, sendo dadas ou não outras características corretas adicionais do material, como, por exemplo, modo de obtenção. São tidas como parcialmente corretas respostas que explicam a característica

do nanomaterial, mas que possuem algum conceito ou detalhe adicional errôneo. Perguntas que obtiveram respostas, mas onde as características do nanomaterial não são explicadas corretamente são classificadas como erradas e àquelas não respondidas como em branco. O Quadro 2 exibe algumas respostas dos formulários parafraseadas e a classificação que receberam.

Quadro 2 - Respostas às questões 1 e 2 da prática 1 da turma de validação parafraseadas e suas classificações.

Questão	Resposta	Classificação
1	“Ela tem propriedade magnética quando está próximo de um ímã, porém perde essa propriedade rapidamente”.	Totalmente correta
1	“Tem propriedades metálicas portanto é atraída por um ímã”.	Parcialmente correta
1	“NaOH concentrado que retira a gordura do corpo”	Errada
2	“É semelhante à estrutura dos nossos ossos”	Totalmente correta
2	“Reage bem com substâncias biológicas”	Totalmente correta
2	“Se dar bem com a água, facilidade com reação”	Errada

Fonte: O autor.

5.1.2. Entendimento dos conceitos da prática 2

Os resultados da prática 2, que trata da extração de DNA do morango (Figuras 12-(a) e (b)) e da simulação do fenômeno de adsorção do DNA na hidroxiapatita do nanocompósito sintetizado, obtidos nas questões sobre os fundamentos abordados sobre os transgênicos e alterações genéticas (Questões 1 e 2) e da relação entre o nanocompósito com o material genético (Questão 3) são exibidas na Figura 12. Assim como na Figura 11, as questões são classificadas como totalmente e parcialmente corretas, erradas e em branco. Foram consideradas como “completamente corretas” respostas onde o conceito ou função em questão fosse definido corretamente, podendo ou não ser relatada alguma outra propriedade ou fenômeno observado, desde que explicado corretamente. São tidas “como parcialmente corretas” respostas em que o conceito ou função tenha sido definido, mas não de modo completo, como, por exemplo, quando alguns alunos responderam que a nanopartícula penetrava a célula para o DNA se associar a ela, ao invés de dizer que o DNA, apenas após a extração e adição das nanopartículas, se agregava à superfície do nanomaterial. “Erradas” e “em

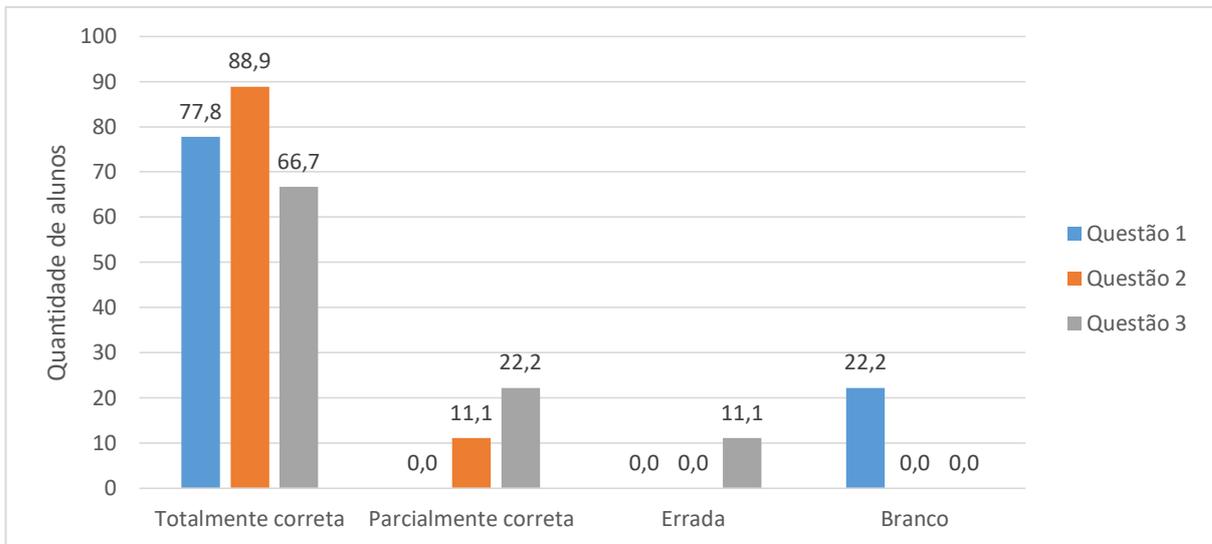
branco” foram classificadas de modo similar à Figura 11. O Quadro 3 exibe algumas respostas dos formulários parafraseadas e a classificação que receberam.

Quadro 3 - Respostas às questões 1 a 3 da prática 2 da turma de validação parafraseadas e suas classificações.

Questão	Resposta	Classificação
1	“Guardar a ‘identidade’ e características específicas de tal ser ou espécie”.	Totalmente correta
1	“‘Programar’ o indivíduo, todas as suas características estão no DNA”.	Totalmente correta
2	“Os organismos transgênicos são qualquer ser que teve alteração genética induzida por algo, como trocas de genes de diferentes espécies”	Totalmente correta
2	“Um organismo transgênico é um organismo geneticamente modificado”	Totalmente correta
2	“É uma substância modificada geneticamente”	Parcialmente correta
3	“Como ele se associou à nanopartícula, ele teve uma característica adicionada, a de ser magnético, no caso”	Totalmente correta
3	“Eles entraram nos poros da célula através do detergente, quebrando as paredes celulares e se deu caráter magnético ao DNA desestruturando e se agregando à nanopartícula”	Parcialmente correta
3	“As nanopartículas magnéticas entraram nos poros celulares se agregando com o cloreto de sódio no DNA, sendo depois selecionado pelas diferentes cargas do ímã”	Errada

Fonte: O autor.

Figura 12 - Respostas obtidas nas questões de fundamentos sobre transgênicos e relação destes com nanotecnologia na segunda prática da turma de validação.

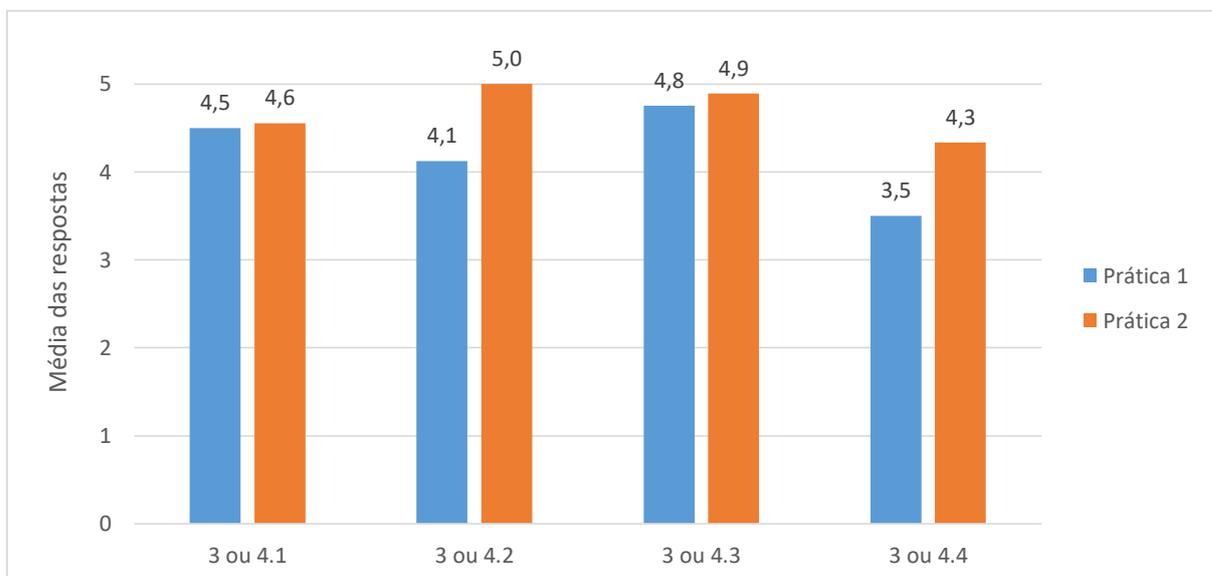


Fonte: O autor.

5.1.3. Pesquisa de opinião nas duas práticas

Na Figura 13, são mostrados os resultados médios da pesquisa de opinião contidas nos questionários aplicados durante as práticas, em conformidade com as perguntas exibidas nos apêndices E e F.

Figura 13 - Resultados médios da pesquisa de opinião das práticas 1 e 2 da turma de validação.



Fonte: O autor.

Percebe-se, ao analisar tanto os resultados das perguntas sobre fundamentos quanto às da pesquisa de opinião, que o método utilizado na segunda prática obteve melhor desempenho do que na primeira. Em decorrência disto, o método de discussão oral utilizando a dengue e os mosquitos transgênicos para contextualização foi utilizado na aula teórica com o restante da turma.

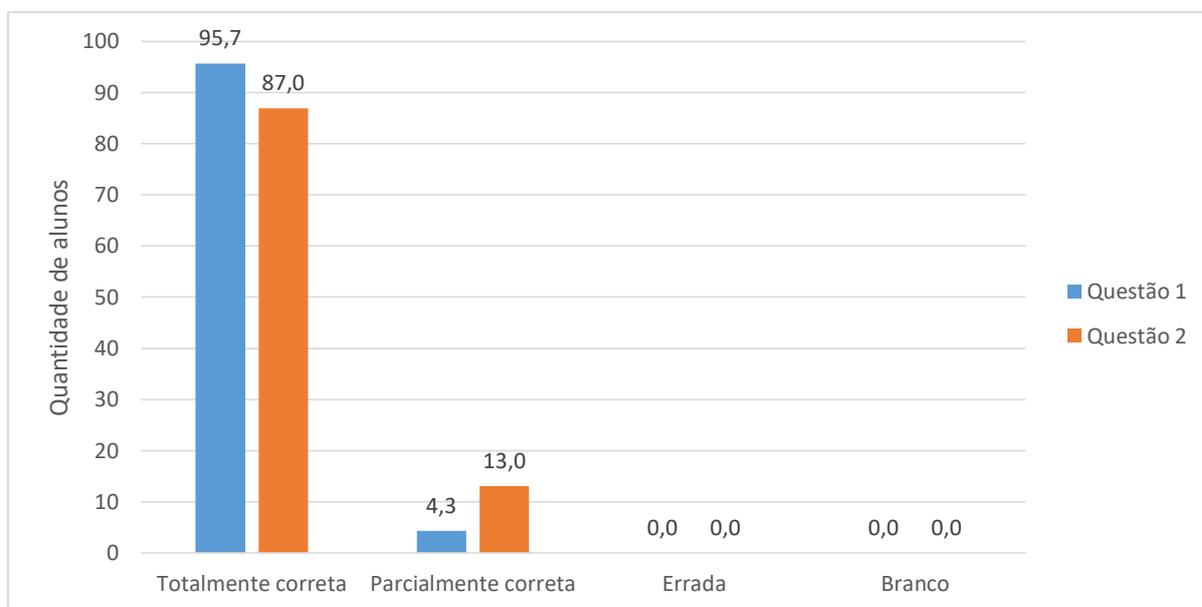
5.1.4. Resultados obtidos na aula teórica

Na Figura 14, são descritos os resultados da análise das respostas das questões de fundamentos sobre transgênicos e nanotecnologia obtidos a partir dos questionários aplicados após a aula teórica com o restante da turma de validação (Apêndice G). As questões 1 e 2 são semelhantes às mesmas perguntas feitas no questionário da prática 2. Como, neste momento, não foi realizada atividade experimental, as perguntas 3 e 4.1 foram suprimidas. As respostas foram classificadas de modo semelhante às respostas dos questionários das aulas práticas. No Quadro 4 são feitas paráfrases das respostas subjetivas dos questionários e suas classificações. Quadro 4 - Respostas às questões 1 e 2 da aula teórica da turma de validação parafraseadas e suas classificações

Questão	Resposta	Classificação
1	“A função do DNA é definir as características de um organismo”.	Totalmente correta
1	“É um ‘histórico’ sobre o próprio organismo”.	Parcialmente correta
2	“É um organismo com o DNA alterado”	Totalmente correta
2	“O organismo geneticamente modificado com uso de tecnologia”	Parcialmente correta

Fonte: O autor.

Figura 14 - Respostas obtidas nas questões de fundamentos de nanotecnologia na aula teórica da turma de validação.

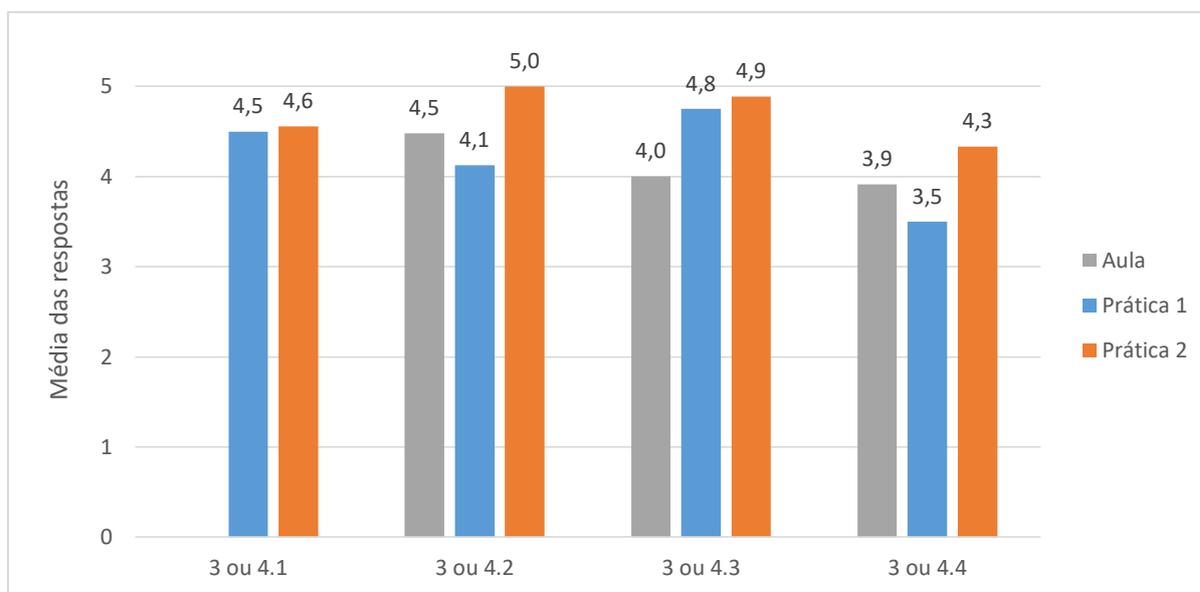


Fonte: O autor.

Percebe-se que houve um aumento significativo no percentual de respostas classificadas como totalmente corretas tanto quando comparado com os resultados obtidos na primeira prática quanto na segunda. Houve também uma diminuição no percentual de respostas classificadas como parcialmente corretas, além de não haverem respostas classificadas como erradas ou em branco. Tal fenômeno faz uma leve comprovação do que é argumentado por Hofstein e Lunetta (2004) e Ferreira *et al.* (2010), onde os mesmos destacam o efeito do questionamento no desempenho do processo de aprendizagem a partir de atividades laboratoriais. Os autores destacam a importância de adaptar os procedimentos experimentais para que estes se tornem mais investigativos, levando os alunos à interpretar dados à medida que eles são observados e analisados.

Apesar das discrepantes diferenças nos entendimentos conceituais entre os alunos que realizaram e que não realizaram prática, houve uma diminuição na classificação da aula nas perguntas da pesquisa de opinião, como mostrado na Figura 15, no que se refere, principalmente, ao entendimento do conceito e à sua presença na sociedade, mostrando que, apesar de atrair a atenção do corpo estudantil com o assunto, a ausência de uma atividade experimental tornou o assunto menos fascinante e contextualizado do que comparado com os alunos que realizaram prática.

Figura 15 - Comparativo entre os resultados médios da pesquisa de opinião da aula teórica e das práticas da turma de validação.



Fonte: O autor.

Em decorrência disso concluiu-se que seria necessário realizar uma investigação nas turmas A, B, C, D, E e F sobre o modo como o questionamento dos fenômenos observados na prática é feito e suas influências na construção do conhecimento. Para isso, foram feitos dois roteiros de prática com perguntas que visavam a interpretação dos fenômenos ocorridos na prática: o primeiro (Apêndice B) possuía estas perguntas durante o decorrer dos procedimentos experimentais. O segundo (Apêndice C) possuía tais perguntas apenas após os procedimentos experimentais, o que se assemelha ao ato realizado na turma de validação de entregar os questionários apenas após a realização das práticas.

Devido à mudança no procedimento experimental, resolveu-se manter neste trabalho a aplicação de dois métodos teóricos diferentes. Um semelhante ao método teórico aplicado antes do início da primeira prática da turma de validação, aqui descrito como método com aulas expositivas e o outro utilizando um método com células estudantis, que, assim como o método teórico do segundo dia de prática, é focado na interação entre os estudantes, utilizando assuntos cotidianos para contextualização.

Entretanto, a fim de continuar com uma investigação detalhada dos efeitos de cada método teórico ou metodologia teórico-prática aplicada no aprendizado e na satisfação dos estudantes com a (s) aula (s), resolveu-se fazer uma investigação com seis turmas diferentes, sendo, em cada uma, aplicada uma combinação de métodos única e própria.

5.2. Compreensão de conceitos e fundamentos

5.2.1. Método de células estudantis

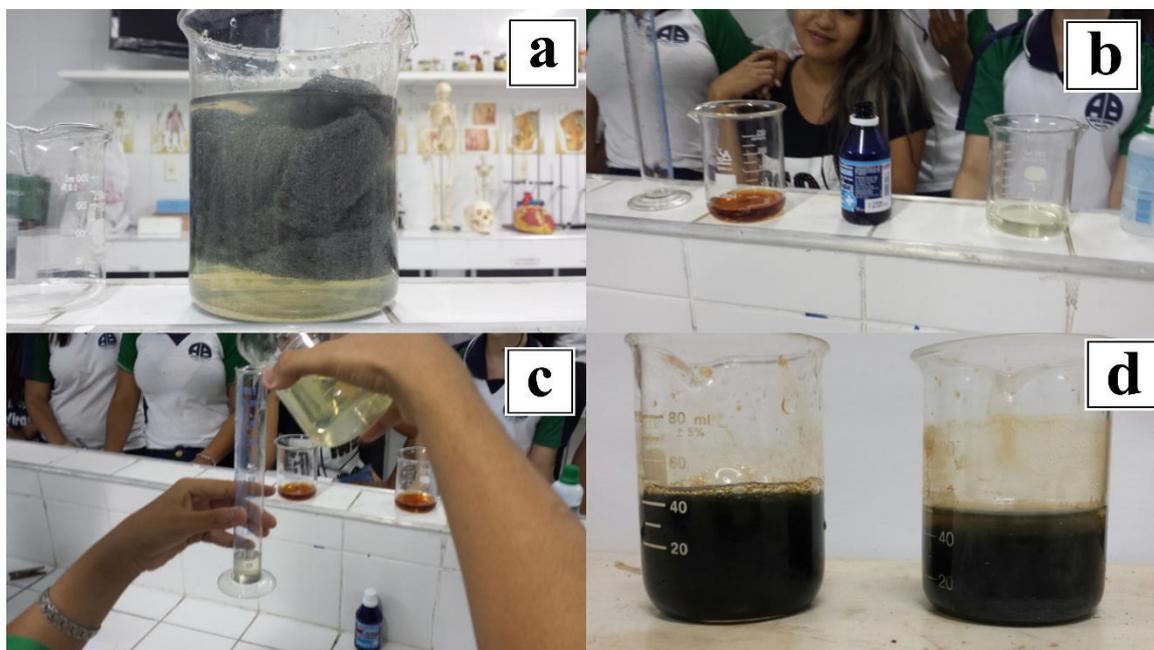
As turmas A, B e C, conforme relatado nas Figuras 16-(a) e (b), tiveram uma aula teórica por meio de células estudantis, conforme o procedimento descrito na subseção 4.1.1. A turma A teve apenas uma aula exclusivamente teórica. As turmas B e C, além de receberem a aula teórica, tiveram um outro momento com uma aula prática na mesma semana, conforme exibido nas Figuras 17-(a) a (d). A turma B realizou uma prática onde o questionamento e a interpretação dos fenômenos observados deveriam ocorrer durante o procedimento, seguindo o manual do apêndice B, ao passo que a turma C realizou a mesma prática, sendo feito o questionamento apenas após o procedimento experimental, conforme o manual do apêndice C.

Figura 16 - Alunos das turmas A (a) e C (b) realizam discussão sobre nanotecnologia e suas aplicações em células estudantis.



Fonte: O autor.

Figura 17 - Estudantes realizam experimento de formação de ferrofluido (b) e (c) através da síntese de nanopartículas de magnetita (d) utilizando materiais de uso comum (a), como esponja-de-aço, vinagre, água oxigenada e amônia comercial.



Fonte: O autor.

A análise das respostas dos questionários aplicados uma semana após as aulas teóricas, exibidas nas Figuras 18 a 20, demonstraram uma influência da aplicação da prática entre os resultados obtidos com turmas que foram tratadas com metodologias diferentes.

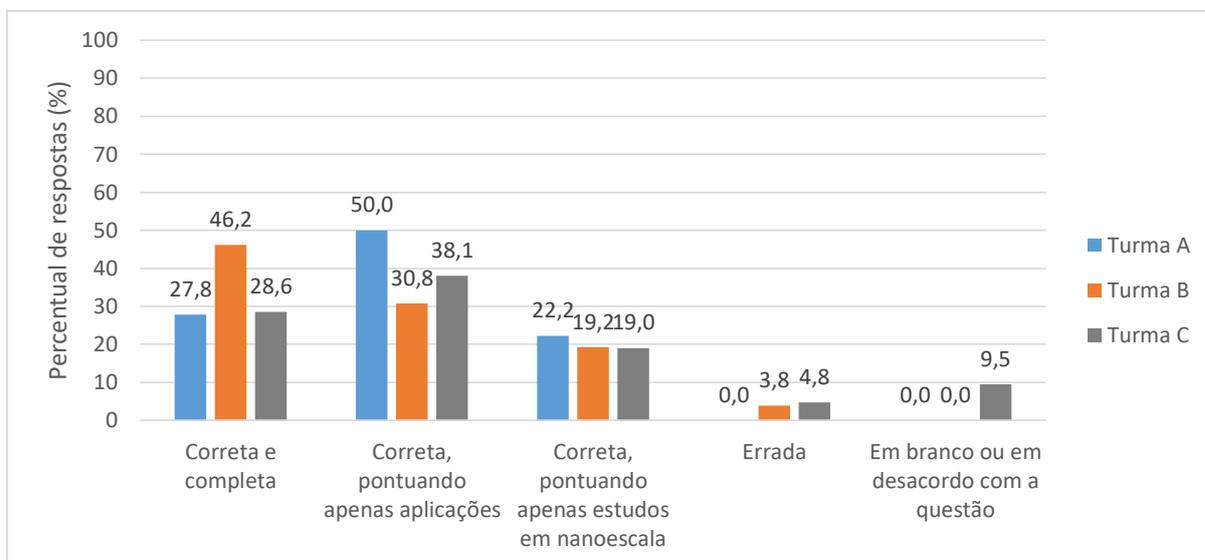
A Figura 18 faz um comparativo entre o percentual de acerto da primeira questão do questionário, que tratava, de modo subjetivo, dos fundamentos da nanotecnologia. As respostas foram classificadas como corretas e completas quando os alunos destacavam tanto que a nanotecnologia é aplicável em diversas áreas quanto destacaram que a mesma se trata do estudo de materiais em escala reduzida. As respostas que identificavam corretamente apenas a aplicabilidade da nanotecnologia ou apenas os estudos em escala reduzida também foram classificadas como corretas, entretanto, foram contabilizadas separadamente. Respostas onde os alunos deram definições que não se encaixavam na definição de nanotecnologia foram classificadas como erradas. Respostas em desacordo com a questão e não respondidas foram contabilizadas. O Quadro 5 parafraseia algumas respostas obtidas nestas turmas e indica a classificação que receberam nesta análise.

Quadro 5 - Respostas à questão 1 do questionário teórico pelas turmas A, B e C parafraseadas e suas classificações.

Turma	Resposta	Classificação
A	“Tecnologia que trabalha em escala nanométrica aplicada frequentemente a produção de circuitos e dispositivos eletrônicos”.	Correta e completa
B	“É uma nova tecnologia que visa produzir produtos, medicamentos entre outros com o tamanho de um metro dividido um milhão de vezes. Sendo assim, será mais eficaz, prático e moderno”.	Correta e completa
C	“É a tecnologia que utiliza-se de materiais nanométricos os quais servem para melhorarem as qualidades da saúde, esporte, alimentos e outros vários fatores”	Correta e completa
A	“Nanotecnologia é uma forma de melhorar a condição dos humanos”	Correta, pontuando apenas aplicações
B	“É a ciência que estuda e o seu conceito é bem simples eles querem aumentar a eficiência de vários setores da sociedade. Melhorando a segurança das pessoas mas dependendo de cada área”	Correta, pontuando apenas aplicações
C	“É uma forma de facilitar as pessoas a desenvolverem suas tarefas facilmente”	Correta, pontuando apenas aplicações
A	“É um estudo científico e tecnológico sobre partículas extremamente pequenas”	Correta, pontuando apenas estudos em nanoescala
B	“Nanotecnologia é uma tecnologia especializada em uma tecnologia ‘micro’”	Correta, pontuando apenas estudos em nanoescala
C	“A nanotecnologia é o estudo das escalas menores possíveis”	Correta, pontuando apenas estudos em nanoescala
B	“É o estudo de microorganismos que podem auxiliar em várias áreas”	Errada
C	“É a tecnologia que transforma matérias”	Errada

Fonte: O autor.

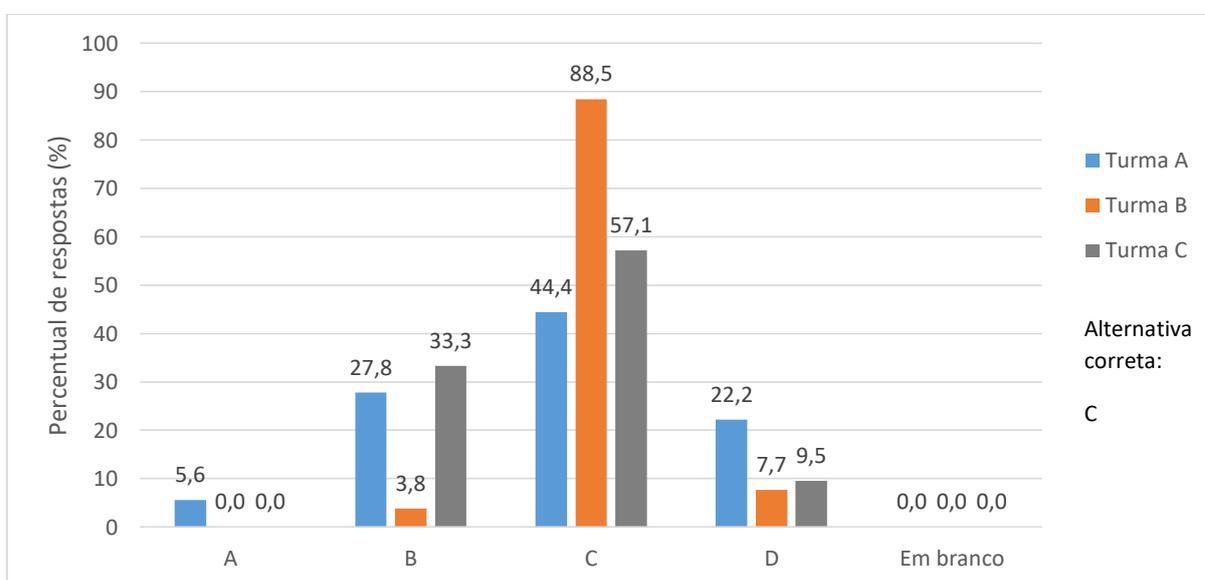
Figura 18 - Percentual de respostas corretas e erradas à questão 1 do questionário aplicado às turmas A, B e C.



Fonte: O autor.

Também se percebeu, conforme mostrado na Figura 19, uma mudança significativa nos percentuais de respostas da segunda questão dentre as três turmas, cuja qual tratava de forma objetiva da escala nanométrica em comparação com escalas macrométricas. A questão perguntava quantos nanômetros eram equivalentes a um milímetro e um metro respectivamente e os alunos deveriam escolher a alternativa “(C) 1 milhão e 1 bilhão”.

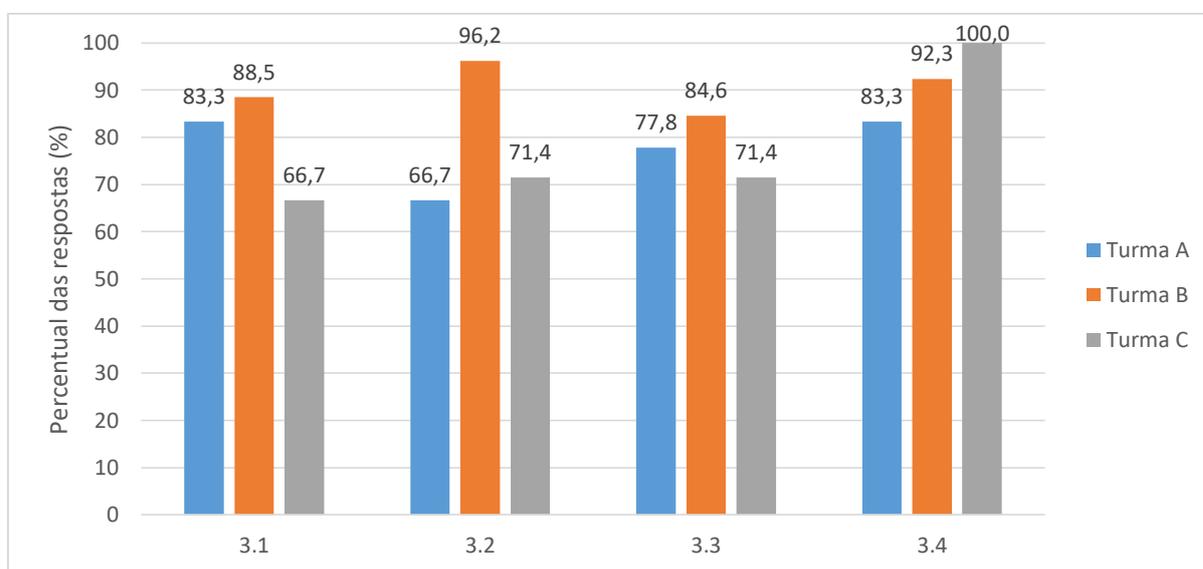
Figura 19 - Percentuais de respostas às alternativas da questão 2 do questionário teórico pelos alunos das turmas A, B e C.



Fonte: O autor.

A Figura 20 faz um comparativo entre os percentuais de acerto dos itens 3.1 a 3.4 do questionário teórico. Cada item exibiu uma afirmação sobre nanotecnologia e os alunos deveriam classificá-la como verdadeira ou falsa. Os itens 3.1 e 3.3 deveriam ser classificados como verdadeiros para serem classificados como corretos e os itens 3.2 e 3.4 como falsos.

Figura 20 - Comparativo entre os percentuais de acerto nos itens da terceira questão do questionário teórico das turmas A, B e C.



Fonte: O autor.

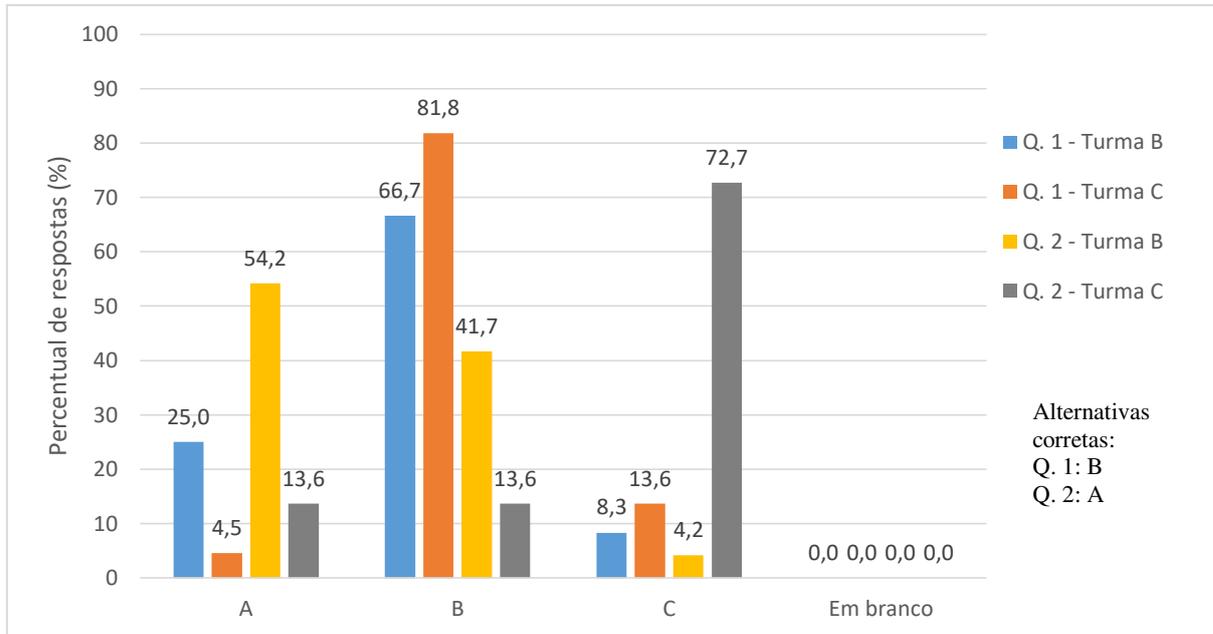
Também foi feito um comparativo entre os percentuais de acerto das respostas inseridas no manual de prática das atividades experimentais das turmas B e C, exibidas nas Figuras 21 e 22. A Figura 21 compara as respostas obtidas nas questões 1 e 2 destas turmas, cujas quais perguntavam de modo objetivo quais as reações que ocorreram durante a prática. Já a Figura 22 faz um comparativo das respostas das questões 3 e 4, que pediam, de forma subjetiva, uma interpretação dos fenômenos de formação da nanopartícula e de suspensão da mesma pela adição de detergente à reação. As respostas foram classificadas como “completamente corretas” caso o fenômeno fosse explanado e justificado corretamente. Respostas classificadas como “parcialmente corretas” explicavam corretamente o fenômeno ocorrido, mas falharam em explicar o motivo de seu acontecimento. Respostas onde o fenômeno não fosse descrito corretamente foram classificadas como “em desacordo com o fenômeno ocorrido” e as respostas em branco ou que não estavam em acordo com o que foi pedido na questão foram contabilizadas juntas. O Quadro 6 parafraseia algumas respostas obtidas nestas turmas e indica a classificação que receberam nesta análise.

Quadro 6 - Respostas dadas pelas turmas B e C às questões 3 e 4 às perguntas feitas durante a aula experimental.

Questão	Resposta	Classificação
3	“Que o sem detergente, o material desceu e o com detergente fica (permanece) preto por completo”	Completamente correta
4	“O ímã vai atrair a nanopartícula para o fundo e sem o ímã elas ficavam misturadas ao líquido”	Completamente correta
3	“No béquer A ficou mais fácil para a decantação e por conta da separação fica mais difícil de pregar o ímã. Já o B fica mais fácil”.	Parcialmente correta
4	“Ele atrai as nanopartículas”	Parcialmente correta
3	“Ficou mais fácil de decantar. Béquer B ficou mais claro”	Em desacordo com o fenômeno ocorrido
4	“No que não está com detergente o ímã fez descer um sólido para o fundo do recipiente e no que estava com detergente apareceu ‘pontinhos’ pois não atraiu as nanopartículas”	Em desacordo com o fenômeno ocorrido

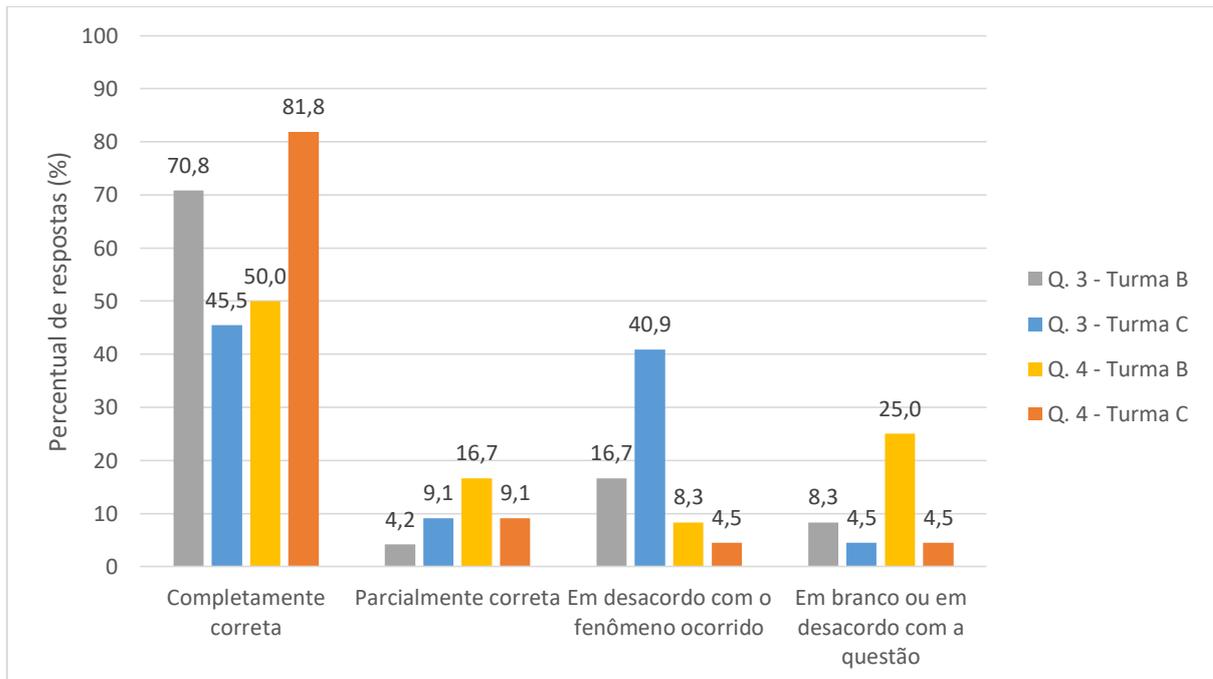
Fonte: O autor.

Figura 21 - Comparativo das respostas das questões 1 e 2 do manual de prática aplicados às turmas B e C.



Fonte: O autor.

Figura 22 - Comparativo das respostas das questões 1 e 2 do manual de prática aplicados às turmas B e C.



Fonte: O autor.

5.2.2. Método de aulas expositivas

As turmas D, E e F, conforme mostrado nas Figuras 23-(a) e (b), receberam uma aula teórica utilizando um método de aula expositiva acompanhado da exibição de um vídeo para apoio e complementação do conteúdo de aula, conforme o procedimento descrito na subseção 4.1.2. Assim como nas turmas que tiveram aulas com o método de células estudantis, uma das turmas que recebeu aulas com o método teórico aqui descrito não teve prática (turma D) ao passo que as outras duas tiveram uma aula experimental. A turma E realizou uma prática onde o questionamento e a interpretação dos fenômenos observados deveriam ocorrer durante o procedimento, seguindo o manual do apêndice B, ao passo que a turma F realizou a mesma prática, sendo feito o questionamento apenas após o procedimento experimental, conforme o manual do apêndice C.

Figura 23 - Alunos das turmas E (a) e F (b) assistem a vídeo que fala sobre o que é e quais as aplicações da nanotecnologia.



Fonte: O autor.

A análise das respostas dos questionários teóricos aplicados às turmas D, E e F, exibidos nas Figuras 24 a 26 também demonstraram que a realização da prática teve uma influência nos resultados obtidos com turmas que foram tratadas com metodologias diferentes. Entretanto, percebeu-se que, dentre estas turmas, ao contrário do que ocorreu com as turmas onde foi utilizado o método com células estudantis, o uso de uma metodologia prática onde as perguntas foram realizadas durante o decorrer do experimento diminuiu o desempenho dos estudantes da turma E quando comparados às turmas D e F. O tratamento dos dados, perguntas e respostas esperadas para cada questão nestas turmas foram idênticos aos dos questionários aplicados às turmas A, B e C. O Quadro 7 parafraseia algumas respostas obtidas nestas turmas e indica a classificação que receberam nesta análise.

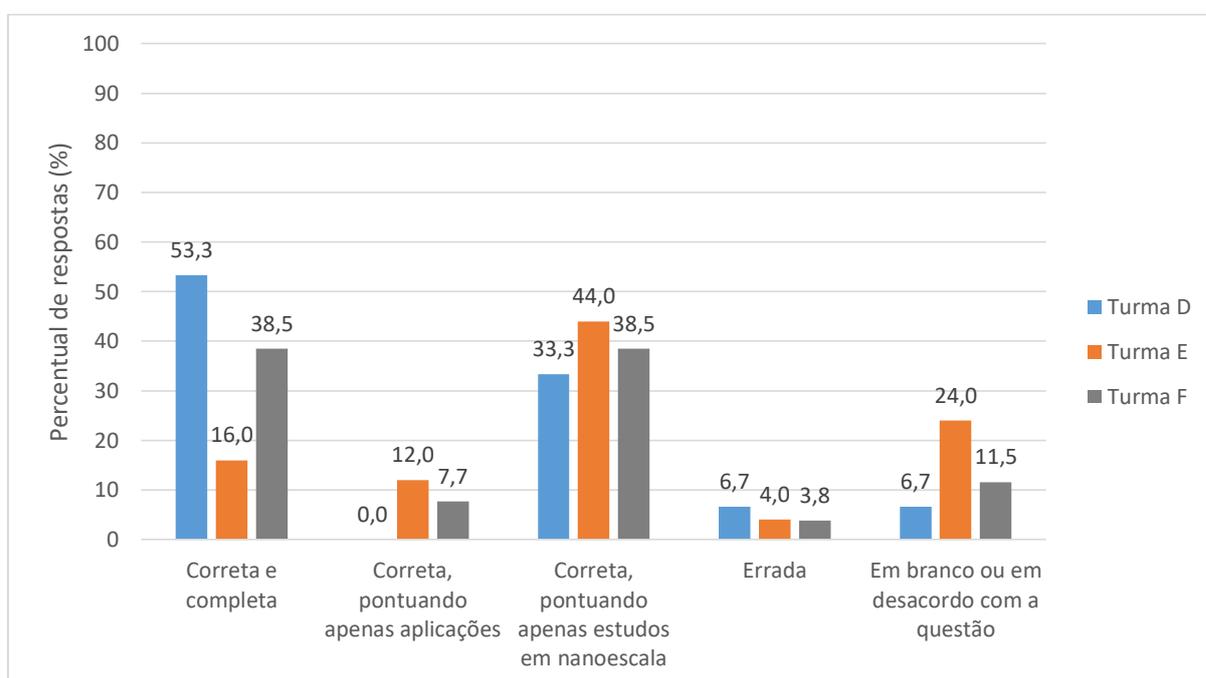
Quadro 7 - Respostas à questão 1 do questionário teórico pelas turmas D, E e F parafraseadas e suas classificações

Turma	Resposta	Classificação
D	“São pequenas tecnologias que estão presentes em muitos grandes meios tecnológicos”	Correta e completa
E	“É o estudo de nanopartículas que procura melhorar a vida do ser humano na saúde, educação entre outras áreas”	Correta e completa
F	“É o uso de partículas em escala nanométrica no aperfeiçoamento de materiais como cosméticos, equipamentos do dia-a-dia e outros”	Correta e completa
E	“É a tecnologia que ajuda no futuro em muitos tratamentos de medicina e também em outras áreas”	Correta, pontuando apenas aplicações
F	“É uma nova descoberta que está sendo estudada e faz e facilita muito a vida das pessoas e apresenta solução para algumas doenças como o câncer”	Correta, pontuando apenas aplicações
D	“Um novo tipo de tecnologia que é tão pequeno que chega a ser menor que uma célula”	Correta, pontuando apenas estudos em nanoescala
E	“Tecnologia que estuda moléculas em escalas nanométricas”	Correta, pontuando apenas estudos em nanoescala

F	“É uma tecnologia avançada, extremamente pequena, invisível ao olho nu”	Correta, pontuando apenas estudos em nanoescala
D	“São organismos microscópicos que auxiliam muito na vida humana”	Errada
E	“São moléculas microscópicas que apresentam novas moléculas biológicas”	Errada
F	“A nanotecnologia é a ‘ciência’ que vai estudar a alteração química dos átomos para criar novas substâncias ou melhorá-las”	Errada

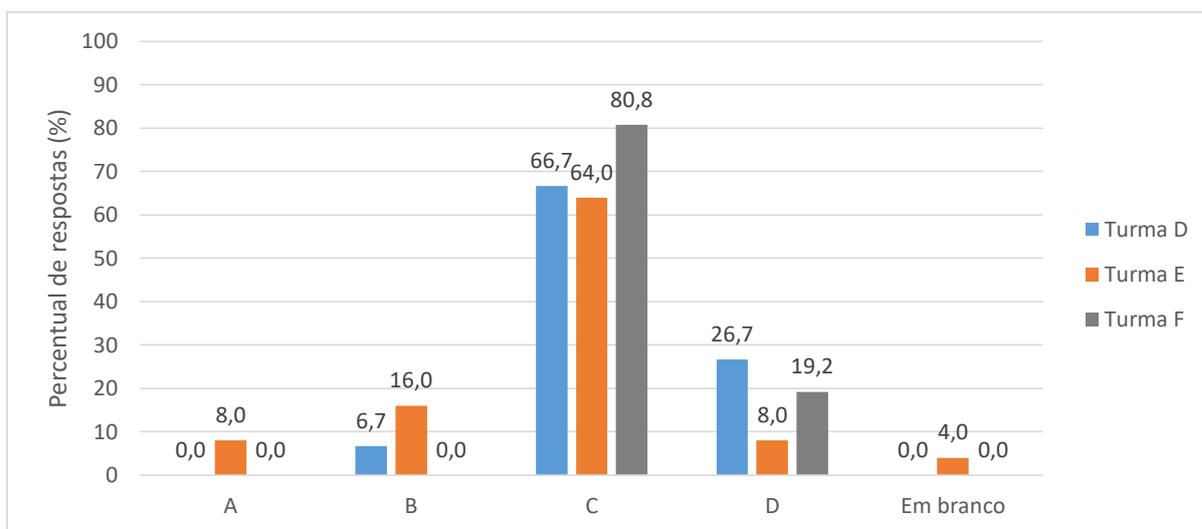
Fonte: O autor.

Figura 24 - Percentual de respostas corretas e erradas à questão 1 do questionário aplicado às turmas D, E e F.



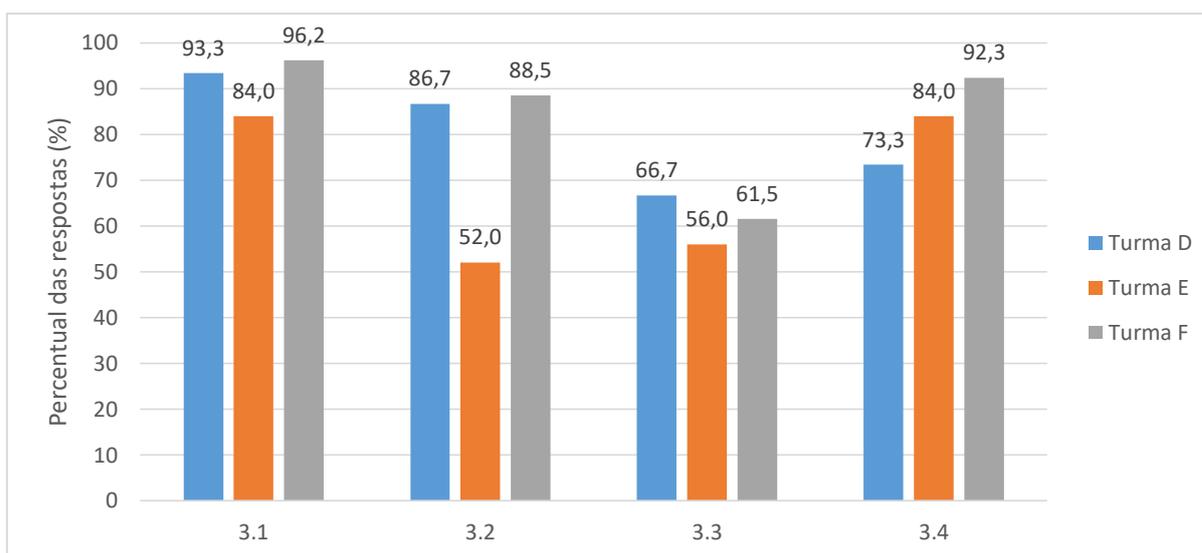
Fonte: O autor.

Figura 25 - Percentuais de respostas às alternativas da questão 2 do questionário teórico pelos alunos das turmas D, E e F.



Fonte: O autor.

Figura 26 - Comparativo entre os percentuais de acerto nos itens da terceira questão do questionário teórico das turmas D, E e F.



Fonte: O autor.

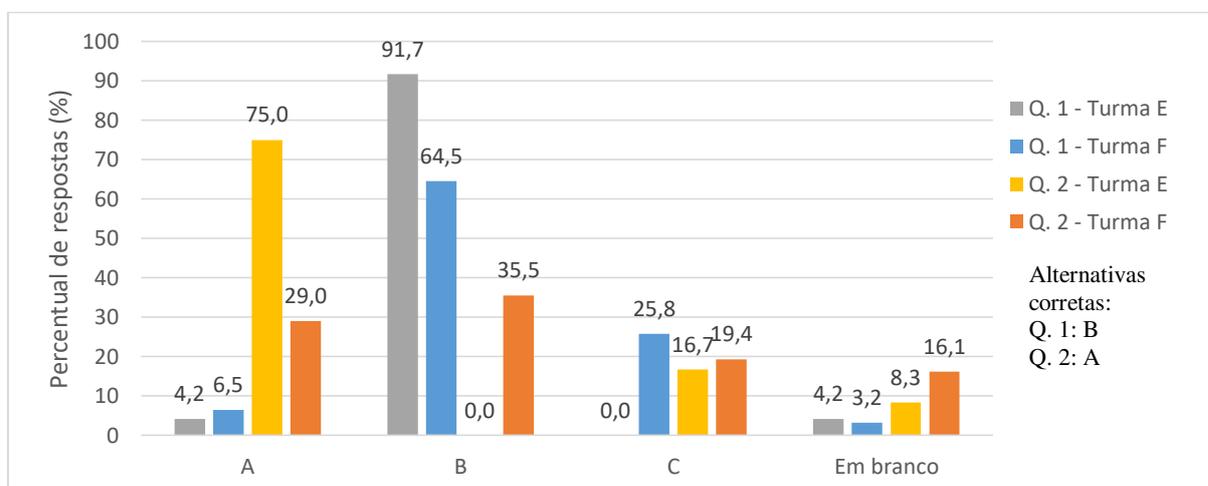
Assim como no método anterior, também foi feito um comparativo entre os percentuais de acerto das respostas inseridas no manual de prática das atividades experimentais das turmas E e F, exibidas nas Figuras 27 e 28. A Figura 27 compara as respostas obtidas nas questões 1 e 2 destas turmas e a Figura 28 faz um comparativo das respostas das questões 3 e 4. As perguntas e a classificação das respostas foram idênticas às do método com células estudantis. O Quadro 8 parafraseia algumas respostas obtidas nestas turmas e indica a classificação que receberam nesta análise.

Quadro 8 - Respostas dadas pelas turmas E e F às questões 3 e 4 às perguntas feitas durante a aula experimental.

Questão	Resposta	Classificação
3	“No béquer B precipitou e no A não”	Completamente correta
4	“Na presença do ímã puxa as partículas de ferro”	Completamente correta
3	“Sim, o béquer A com detergente demorou mais para moléculas se juntarem”	Parcialmente correta
4	“Puxa as partículas eletromagnética, na ausência ele se precipita”	Parcialmente correta
3	“Sim, o béquer A precipitou mais rápido que o B”	Em desacordo com o fenômeno ocorrido
4	“O ímã faz com que ocorra a ‘repeliação’ dos nanômetros mantendo sua característica de nanopartícula, ou seja, não há formação do precipitado aglomerado”	Em desacordo com o fenômeno ocorrido

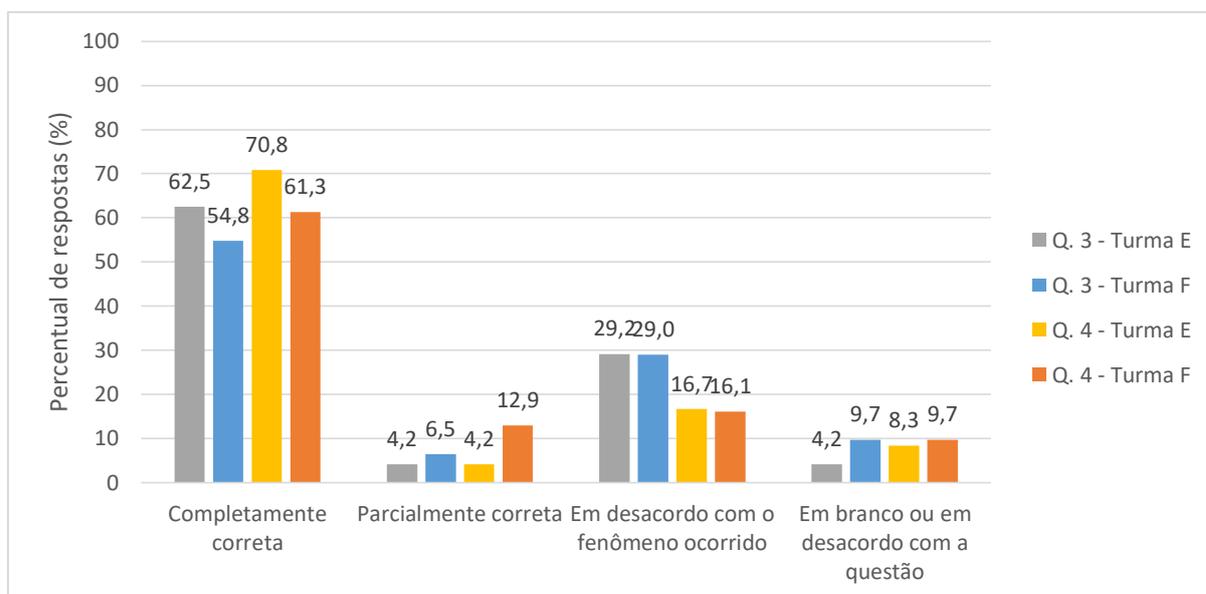
Fonte: O autor.

Figura 27 - Comparativo das respostas das questões 1 e 2 do manual de prática aplicados às turmas E e F.



Fonte: O autor.

Figura 28 - Comparativo das respostas das questões 1 e 2 do manual de prática aplicados às turmas E e F.



Fonte: O autor.

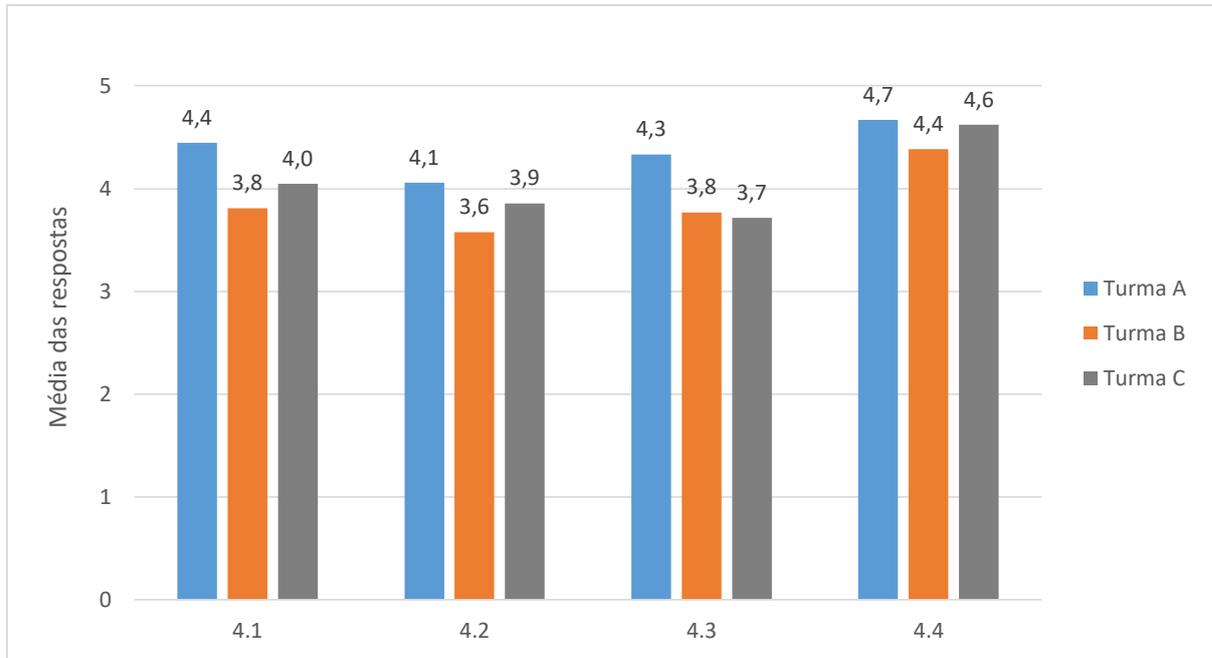
5.3. Pesquisa de opinião

5.3.1. Comparativo de dados quantitativos

As Figuras 29 a 31 expõem os resultados da pesquisa de opinião realizada com as 6 turmas através do questionário teórico. A questão 4, cujos resultados médios são exibidos nas Figuras 29 e 30, analisou, utilizando escalas de Likert, o grau de concordância dos estudantes com quatro afirmações que deveriam levar cada aluno a fazer uma reflexão e auto avaliação do seu entendimento durante as aulas e satisfação com o conteúdo. Já a questão 5, cujos resultados médios são exibidos na Figura 31, pediu aos estudantes para darem uma nota de 0 a 10 para as aulas de nanotecnologia.

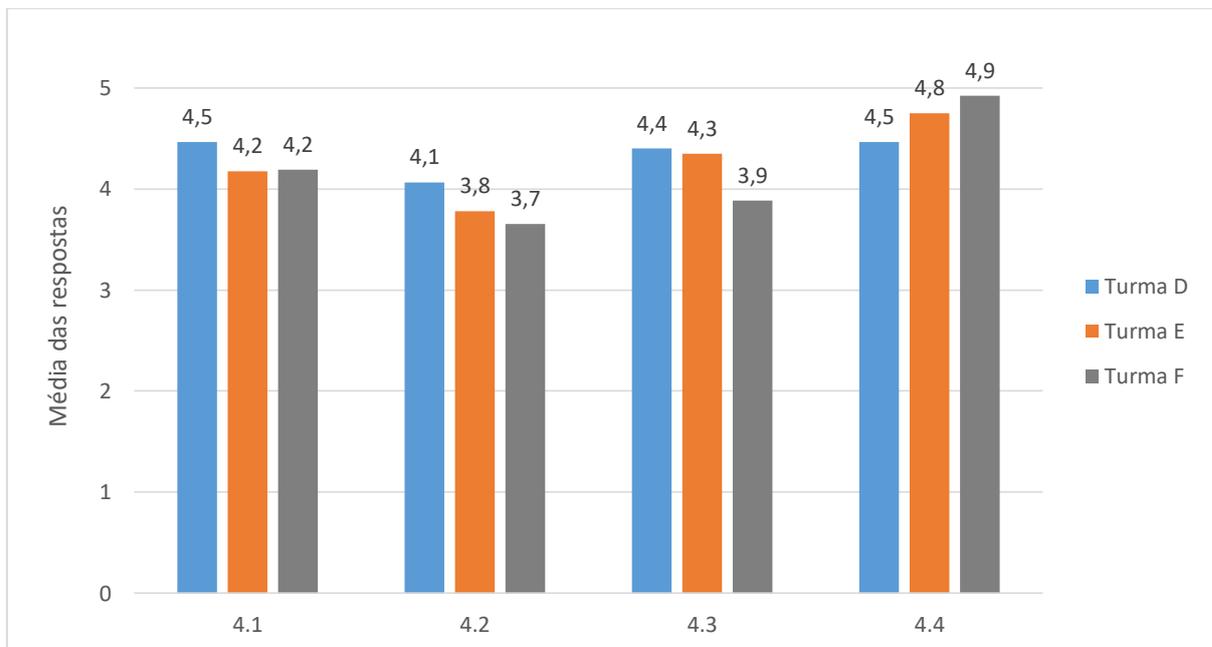
O item 4.1 afirmava que o aluno se sentiu interessado sobre o assunto nanotecnologia. O item 4.2 afirmou que o estudante foi capaz de perceber claramente uma conexão entre o assunto discutido e o cotidiano. O 4.3 afirmou que o assunto nanotecnologia fez o estudante enxergar as ciências naturais com bons olhos e o 4.4 afirmou que o estudante acredita que mais aulas deveriam ser usadas para discussão de curiosidades, como foi o caso das aulas de química sobre nanotecnologia.

Figura 29 - Resultados médios das respostas aos itens da questão 4 de pesquisa de opinião das turmas que receberam aulas com o método em células estudantis.



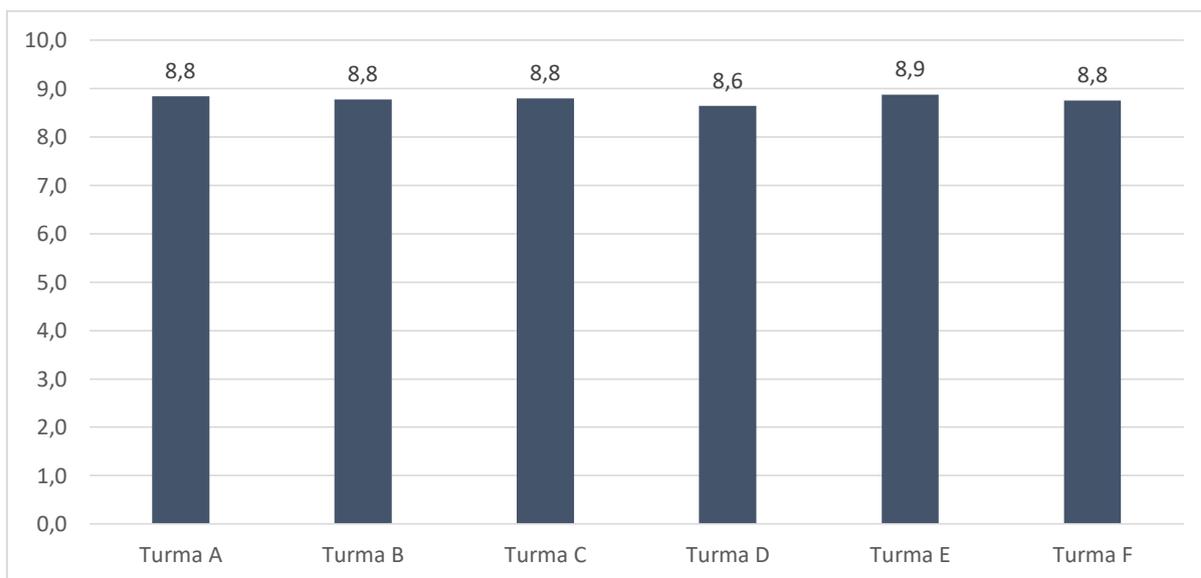
Fonte: O autor.

Figura 30 - Resultados médios das respostas aos itens da questão 4 de pesquisa de opinião das turmas que receberam aulas com o método de aulas expositivas.



Fonte: O autor.

Figura 31 - Média das notas das aulas de nanotecnologia atribuídas pelos alunos.



Fonte: O autor.

5.3.2. Sugestões às aulas de nanotecnologia e ciências naturais feitas pelos alunos

A última questão do formulário teórico pediu aos estudantes que fizessem sugestões de como as aulas sobre nanotecnologia, bem como outras aulas de ciências naturais poderiam ser melhoradas. A grande maioria das respostas, em especial nas turmas B, C, E e F, que realizaram experimentação, sugeriu um uso maior de atividades experimentais. Abaixo, nos subtópicos 5.3.2.1 a 5.3.2.6, são parafraseadas as sugestões feitas pelos estudantes. Em decorrência de sua similaridade, as respostas que sugeriam essencialmente apenas o uso de mais práticas laboratoriais não foram transcritas.

5.3.2.1. Turma A

Na turma A foram feitas sugestões por 8 estudantes, correspondendo a 44,4% do total de estudantes avaliados pelo questionário teórico nesta turma. Das 8 sugestões, 37,5% sugeriam apenas o uso de mais práticas laboratoriais. As outras 5 são parafraseadas no Quadro 9.

Quadro 9 - Sugestões para melhoria das aulas feitas pelos alunos da turma A.

Aluno	Sugestão
-------	----------

A1	“Mostrando vídeos de aplicação e curiosidades sobre o assunto”
A2	“Com o auxílio de fatos do cotidiano e práticas nos laboratórios”
A3	“Uma linguagem menos formal”
A4	“Vídeos, experiências, reportagem”
A5	“Eu acho que deveria ter uma nova metodologia, para melhor entendimento do conteúdo”

Fonte: O autor.

5.3.2.2. Turma B

Na turma B foram feitas sugestões por 15 estudantes, correspondendo a 57,7% do total de estudantes avaliados pelo questionário teórico nesta turma. Das 15 sugestões, 80,0% sugeriam apenas o uso de mais práticas laboratoriais. As outras 3 são parafraseadas no Quadro 10.

Quadro 10 - Sugestões para melhoria das aulas feitas pelos alunos da turma B.

Aluno	Sugestão
B1	“Podem ser usados recursos visuais, como vídeos”
B2	“Aulas associadas à situações cotidianas, são melhores compreendidas”
B3	“Procurar trazer materiais como experiências, porque eu acho que só falando fica uma coisa muito cansativa”

Fonte: O autor.

5.3.2.3. Turma C

Na turma C foram feitas sugestões por 7 estudantes, correspondendo a 33,3% do total de estudantes avaliados pelo questionário teórico nesta turma. Das 7 sugestões, nenhuma sugeriu apenas o uso de mais práticas laboratoriais, entretanto, 42,9% destas sugeriram a experimentação junto à alguma outra recomendação. As sugestões são parafraseadas no Quadro 11.

Quadro 11 - Sugestões para melhoria das aulas feitas pelos alunos da turma C.

Aluno	Sugestão
C1	“Mais aulas práticas envolvendo todos os alunos, ou até trabalhos pequenos em grupo, para mais técnica e conhecimento”
C2	“Mais idas ao laboratório, abordar assuntos novos e da atualidade”
C3	“Ir mais para o laboratório e continuar com essa maneira de mostrar o assunto em nosso cotidiano”
C4	“Juntando grupo, do mesmo jeito que o educador fez”
C5	“Que os professores interajam mais com os alunos. Com uma aula bem dinâmica”
C6	“Com demonstração de aparelhos nanotecnológicos”
C7	“Usando objetos para chamar nossa atenção mais ainda”

Fonte: O autor.

5.3.2.4. Turma D

Na turma D foram feitas sugestões por 4 estudantes, correspondendo a 26,7% do total de estudantes avaliados pelo questionário teórico nesta turma. Das 4 sugestões, somente uma sugeriu apenas o uso de mais práticas laboratoriais. As outras 3 são parafraseadas no Quadro 12.

Quadro 12 - Sugestões para melhoria das aulas feitas pelos alunos da turma D.

Aluno	Sugestão
D1	“Mais dinâmica, aplicações práticas, a história por trás de determinado assunto”
D2	“O método o qual o professor utilizou, mostrando os avanços que a nanotecnologia causou é muito bom. Mas, poderia trazer alguns meios que contém a nanotecnologia, como materiais para analisarmos e não só em slides”
D3	“Sugerir trabalhos individuais ou coletivos para os alunos apresentarem e aprenderem mais a respeito dos assuntos que envolvem a nanotecnologia”

Fonte: O autor.

5.3.2.5. Turma E

Na turma E foram feitas sugestões por 11 estudantes, correspondendo a 44,0% do total de estudantes avaliados pelo questionário teórico nesta turma. Das 11 sugestões, 63,6% sugeriam apenas o uso de mais práticas laboratoriais. As outras 4 são parafraseadas no Quadro 13.

Quadro 13 - Sugestões para melhoria das aulas feitas pelos alunos da turma E.

Aluno	Sugestão
E1	“Mais equipamentos para melhora das aulas”
E2	“Usar uma forma que prenda o aluno, apesar de já interessante, no meio do caminho fica um pouco cansativo, então de uma forma mais animada”
E3	“Mais dinamismo, experimentos e esclarecimentos”
E4	“Mais participação”

Fonte: O autor.

5.3.2.6. Turma F

Na turma F foram feitas sugestões por 17 estudantes, correspondendo a 68,0% do total de estudantes avaliados pelo questionário teórico nesta turma. Das 17 sugestões, todas sugeriam apenas o uso de mais práticas laboratoriais.

6. DISCUSSÃO

Pode-se perceber, a partir da análise dos resultados, que a experimentação prática teve um reflexo no entendimento dos conceitos de nanotecnologia. Os alunos que receberam aulas com a metodologia que combina o método de células estudantis com o método prático onde os questionamentos foram feitos durante o decorrer do experimento (turma B) tiveram o maior percentual de acertos dentre as turmas analisadas que receberam este método teórico. Os alunos que tiveram o mesmo método teórico combinado com o método prático onde os questionamentos foram feitos apenas após o experimento (turma C) tiveram resultados próximos aos daqueles obtidos a partir da turma que teve apenas a aula teórica (turma A).

Por outro lado, as turmas que tiveram aulas teóricas por meio de aulas expositivas obtiveram resultados diferentes quando combinados com as mesmas metodologias de aulas experimentais. Os alunos que participaram da aula prática onde os questionamentos foram feitos durante o decorrer do experimento (turma E) tiveram percentual de acertos menor do que as demais turmas que passaram pelo mesmo método teórico. Os alunos da turma F, que tiveram aulas expositivas combinadas com práticas onde o questionamento foi feito apenas após o experimento, tiveram, assim como observado nas turmas A e C, resultados semelhantes ou pouco melhores do que àqueles que assistiram apenas uma aula teórica com o mesmo método.

Gerhard (2010), fala em seu trabalho sobre a fragmentação do ensino escolar, discutindo, dentre outras coisas, sobre as consequências da forte disciplinaridade na significação necessária ao aprendizado científico, impedindo a formação de conexões entre conhecimentos. Tal discussão pode ser utilizada como base para o entendimento do processo observado dentre as turmas estudadas neste trabalho. A autora relata que o currículo escolar baseado exclusivamente em séries e disciplinas leva à fragmentação do conhecimento científico, separando-o em diferentes áreas de conhecimento, com programas que mostram conteúdos de maneira desvinculada, permitindo pouca ou nenhuma conexão entre disciplinas diferentes.

Esta fragmentação curricular, quando percebida e assimilada pelos alunos, faz com que os mesmos deixem de compreender a existência de conexões não só entre as disciplinas, mas também entre o conteúdo estudado e seu cotidiano, levando à falsa ideia de uma realidade científica na qual não é necessário encontrar algo que a caracterize (Lavaqui e Batista, 2007; Gerhard, 2010). Isso leva à uma maior dificuldade não só na compreensão dos conteúdos, mas também no desenvolvimento do espírito científico estudantil. Quando o estudante se adapta à uma realidade escolar altamente fragmentada que, muitas vezes, é acompanhada de conteúdos

apresentados sem a devida contextualização, eles acabam impedidos de encontrar uma significação nas suas atividades escolares, atrapalhando a sua formação científica.

Segundo Gerhard (2010), uma alternativa de solução para esta problemática é o uso de metodologias mais interdisciplinares, que restabeleçam o vínculo entre diferentes disciplinas e promovam conexões mais claras entre conhecimentos diversos.

As turmas A, B e C, que tiveram aulas teóricas por meio do método de células estudantis, puderam ter contato com conteúdos apresentados de modo mais interconectado à outras áreas de conhecimento do que as turmas D, E e F, que tiveram aulas teóricas por meio de uma aula expositiva.

O primeiro método teórico promove uma discussão sobre diferentes ciências (esportiva, alimentícia e médica) utilizando a nanotecnologia e seus conceitos, a partir da visão da química, como um tema transversal, promovendo a conexão entre elas, através de uma abordagem multidisciplinar. Já o segundo método, utiliza uma aula onde é realizado um debate que prioriza muito mais o entendimento desses conceitos e, mesmo mostrando conexões da nanotecnologia com outras áreas da sociedade, o faz muito mais superficialmente do que o primeiro método, além de não se atentar tanto em utilizar a nanotecnologia como um tema que mostre conexões entre estudos diferentes.

Isso promove, nos estudantes das turmas A, B e C, uma quebra preliminar do raciocínio cartesiano amplamente presente no âmbito científico escolar, onde um conhecimento é dividido em "ordem", "razão" e "separabilidade" (Edgar e Le Moigne, 2000), por inserir o conteúdo de nanotecnologia dentro de outras áreas que, à primeira vista, não são diretamente ligadas à química, permitindo que, futuramente, os efeitos do uso desta metodologia possam ser verificados através da comparação do desempenho entre as turmas.

Estudantes que permaneceram tendo aulas teóricas por um método mais similar ao tradicionalmente aplicado não passam por esse processo de quebra de paradigma e continuam tendo dificuldades em relacionar o conteúdo visto em sala de aula com o seu cotidiano, levando à formação de barreiras que os impede de chegar a conclusões imediatas, como exigido para um bom desempenho em questões subjetivas de modo geral e em atividades laboratoriais como a aplicada às turmas B e E.

Essa afirmação se prova, por exemplo, ao analisar as respostas das seis turmas aos itens 4.1 e 4.2 da pesquisa de opinião, indicando que a média dos estudantes das turmas D, E e F, se sentiu menos interessada e percebeu menos conexões do conteúdo de nanotecnologia com o cotidiano do que as turmas A, B e C.

O resultado em se manter este pensamento cartesiano pode ser percebido claramente ao comparar as respostas de perguntas subjetivas obtidas a partir das seis turmas. Estas acabam expondo bem o resultado da mudança de metodologia por forçarem o estudante a desenvolver uma linha de raciocínio e expor sua opinião com relação ao tópico em um curto espaço de tempo.

Ao se analisar os resultados expostos nas Figuras 18 e 24 percebe-se que, dentre as respostas que estão corretas mas que não foram consideradas completas, os alunos das turmas A, B e C tendem a priorizar a ideia de que a nanotecnologia possui aplicações práticas em diversos setores da atualidade, ao passo que as turmas D, E e F tendem a ter uma visão mais tecnicista do estudo de nanomateriais, geralmente tendendo a pontuar que se tratam de estudos de materiais em escala reduzida, não apontando suas aplicabilidades.

Também é possível verificar os efeitos dos métodos teóricos nas resoluções das questões aplicadas durante a prática. Turmas que receberam uma aula teórica que mostrava maiores conexões com outras áreas (B e C), na maioria das questões analisadas, teve percentual de respostas em desacordo com o fenômeno ocorrido menor do que turmas que tiveram a aula teórica onde as conexões e aplicabilidade da nanotecnologia era deixada em segundo plano (E e F).

Questões objetivas, por já apresentarem visualmente propostas de respostas aos estudantes, estimulam menos o desenvolvimento de uma ideia do que questões subjetivas, onde o aluno necessita desenvolver suas próprias sentenças para conseguir se expressar.

Percebe-se, ao comparar as Figuras 19 a 21 com as Figuras 25 a 27 que o desempenho das turmas que realizaram práticas em que o questionamento foi feito durante a prática, quando relacionado ao desempenho de turmas cujo questionamento foi feito apenas após os procedimentos experimentais, ou mesmo que não realizaram práticas laboratoriais, varia de acordo com o método teórico utilizado.

Nas turmas onde o método com células estudantis foi utilizado, estas tiveram resultados médios piores do que aquelas, ao passo que no método com aulas expositivas o fenômeno ocorre em vice-versa. Isso indica que, para que o ato de realizar questionamentos durante o procedimento experimental tenha resultados satisfatórios, é necessário desenvolver um pensamento que estimule a formação de raciocínios imediatos desde as aulas teóricas.

Em geral, nas pesquisas de opinião utilizando escalas de Likert e sistema de notas, percebeu-se que os alunos se demonstraram interessados pelo tema, acreditando que mais aulas deveriam ser utilizadas para tratar sobre curiosidades e que, apesar da leve diferença nos resultados entre os itens 4.1 e 4.2 destacados acima, em média, todas as turmas concordaram

que se sentiram interessados pelo assunto e que as suas conexões com o cotidiano ficaram claras.

Por fim, ao se comparar os percentuais de alunos que sugeririam mais aulas laboratoriais nas sugestões para melhoria das aulas nas turmas A a F, percebeu-se que a maioria das turmas que realizaram atividades de experimentação defenderam a tese de que mais aulas laboratoriais melhorariam o ensino de ciências naturais. Dentre as demais respostas, prevaleceu o uso de recursos visuais, além de aulas mais dinâmicas e participativas como sugestões dos alunos.

Sugere-se, então, como abordagem introdutória ao tema nanotecnologia no ensino médio o uso de métodos teóricos que demonstrem claramente a conexão do tópico à outras ciências e à vida cotidiana do estudante, junto à métodos experimentais que facilitem a interpretação dos resultados enquanto estes são observados, como é o caso do método utilizado neste trabalho onde perguntas interpretativas e investigativas foram realizadas durante o decorrer do experimento. Assim, o uso da nanotecnologia como tema gerador de conhecimento para a contextualização de assuntos que devem ser tratados nas séries da educação básica, acaba facilitado devido ao maior interesse e às conexões que o estudante faz com situações diárias.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi desenvolvido um roteiro de aulas teóricas e práticas sobre nanotecnologia, com conteúdos que foram adaptados ao segundo ano do ensino médio, baseando-se em resultados obtidos a partir de um trabalho paralelo sobre nanotecnologia e transgênicos aplicados em uma turma de validação. Na turma de validação, percebeu-se que a realização da atividade experimental poderia estar dificultando o entendimento de fundamentos científicos. Por conta disso, resolveu-se estudar os efeitos do questionamento investigativo durante e após as atividades experimentais combinado à dois métodos teóricos diferentes.

Percebeu-se, realizando uma análise através da aplicação de formulários em seis turmas que receberam combinações dos métodos teórico-práticos diferentes, que diferentes métodos teóricos têm influência direta no desempenho dos estudantes quando questionados uma semana depois sobre opiniões e fundamentos de nanotecnologia. Estudantes que assistiram aulas teóricas que contrastam com a fragmentação disciplinar do ensino desenvolvem um raciocínio mais fundamentado e tendem a lembrar da aplicabilidade do conhecimento melhor do que estudantes que assistiram aulas teóricas que se assemelham mais aos métodos comumente utilizados na comunidade escolar.

Foi observado, também, que o simples ato de realizar questionamentos durante o decorrer dos procedimentos experimentais em práticas laboratoriais, ao invés de realizar tal questionamento após o término do experimento, pode melhorar a percepção e interpretação dos fenômenos que ocorrem na prática. Entretanto, para isso, é necessário que o experimento seja precedido de uma metodologia teórica que prenda o interesse dos alunos e que faça-os sentir que aquele conteúdo possui conexões com sua vida cotidiana. Caso contrário, os estudantes podem enfrentar dificuldades em desenvolver raciocínios e significação rapidamente, necessários para o bom desempenho deste método prático.

Por fim, através de uma análise de pesquisas de opinião, percebeu-se que o tema nanotecnologia obteve êxito, em todas as turmas, em atrair a atenção e o interesse dos estudantes para o assunto abordado, tanto em turmas que realizaram atividades teóricas e práticas, quanto em turmas onde não foram aplicadas atividades experimentais. Entretanto, em turmas onde foi aplicado o método de células estudantis, que promoviam maior intercâmbio de conhecimento entre os estudantes, além de mostrar maior conectividade entre as ciências, os alunos indicaram se sentir mais interessados pelo tópico e perceberam melhor a conexão da nanotecnologia com o cotidiano.

A partir deste estudo, este trabalho sugere que profissionais da área de educação tentem escapar, mesmo que ocasionalmente, do velho método de apenas apresentar conceitos e conteúdos constantemente, oferecendo apenas exercícios de fixação como ferramenta de aprendizagem, pois já é quase unânime a ideia de que isso torna o ensino antiquado e desagradável. Recomenda-se aos educadores que busquem formas de aplicar aulas de modo diferenciado para seus alunos e que o façam de maneira que os discentes sintam-se entretidos ao se envolverem no conteúdo da disciplina ministrada, ainda que as barreiras do sistema e dos recursos educacionais permitam que isso ocorra apenas em raras ocasiões.

Prender a atenção do aluno e tornar o aprendizado prazeroso é talvez o maior desafio diário de um professor e, quando este desafio não é alcançado, o ensino torna-se muito mais difícil para o aluno, que pode acabar pagando as consequências destas dificuldades futuramente. Ao conquistar o estudante e dar-lhe oportunidades apenas por melhorar seu método de aula, o professor deixa de ocupar apenas a função de provedor de informações, que é ocupada, por exemplo, pelo livro didático, e passa a prover também, mesmo sem perceber, zelo e lições do que é humanidade. Ocupa, então, o verdadeiro cargo de educador.

REFERÊNCIAS

- ALFANO, G.; MIORANDI, D. On information transmission among nanomachines. *Nano-Networks and Workshops*, 2006. NanoNet'06. 1st International Conference on, 2006, IEEE. p.1-5.
- ALLEN, I. E.; SEAMAN, C. A. Likert scales and data analyses. **Quality progress**, v. 40, n. 7, p. 64, 2007. ISSN 0033-524X.
- AMBROGI, P. et al. Make sense of nanochemistry and nanotechnology. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 9, n. 1, p. 5-10, 2008.
- AQUINO, F. F.; FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI, L. P. D. S. Elaboração, aplicação e avaliação de uma HQ sobre conteúdo de História dos Modelos Atômicos para o Ensino de Química. **Orbital-The Electronic Journal of Chemistry**, v. 7, n. 1, p. 53-58, 2015. ISSN 1984-6428.
- AUGUSTO, T. G. D. S. et al. Interdisciplinaridade: concepções de professores da área ciências da natureza em formação em serviço. **Ciência & Educação (Bauru)**, p. 277-289, 2004. ISSN 1516-7313.
- BLONDER, R.; SAKHNINI, S. Teaching two basic nanotechnology concepts in secondary school by using a variety of teaching methods. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 13, n. 4, p. 500-516, 2012.
- BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos: apresentação dos temas transversais**. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC 1998.
- _____. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC 2000.
- _____. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC 2002.
- CARDOSO, F. S. et al. Interdisciplinaridade: fatos a considerar. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e tecnologia**, v. 1, n. 1, 2008. ISSN 1982-873X.
- CASTRO, L. Mosquito geneticamente modificado ajuda no combate à dengue em SP. Piracicaba, 2016. Disponível em: < <http://g1.globo.com/jornal->

hoje/noticia/2016/07/mosquito-geneticamente-modificado-ajuda-no-combate-dengue-em-sp.html >. Acesso em: 15 de outubro de 2016.

COELHO, J. C.; MARQUES, C. A. Contribuições freireanas para a contextualização no ensino de Química. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, p. 1-17, 2007. ISSN 1415-2150.

CONDE, J. P. Nanomateriais. **Boletim da SPQ**, p. 57-59, 2007.

DA CUNHA, M. B. Jogos no ensino de química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. 2012.

DA SILVA JUNIOR, J. N. et al. **Stereogame: An Interactive Computer Game That Engages Students in Reviewing Stereochemistry Concepts**: ACS Publications 2016.

DEL VALLE, L. J. et al. DNA adsorbed on hydroxyapatite surfaces. **Journal of Materials Chemistry B**, v. 2, n. 40, p. 6953-6966, 2014.

DOS SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino (ISSN 1980-8631)**, v. 1, 2008. ISSN 1980-8631.

EDGAR, M.; LE MOIGNE, J.-L. A. Inteligência da Complexidade. **São Paulo: Fundação Peirópolis**, 2000.

EMERICH, D. F.; THANOS, C. G. Nanotechnology and medicine. **Expert Opinion on Biological Therapy**, v. 3, n. 4, p. 655-663, 2003. ISSN 1471-2598.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. D. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, p. 101-106, 2010.

GARCIA, W. E. **Inovação educacional no Brasil**. Autores Associados, 1995. ISBN 8585701080.

GERHARD, A. C. **A fragmentação dos saberes na educação científica escolar na percepção de professores de uma escola de ensino médio**. 2010. 149 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). FACULDADE DE FÍSICA, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GONG, Z. G. Nanotechnology application in sports. *Advanced Materials Research*, 2013, Trans Tech Publ. p.186-189.

GOPI, D. et al. Synthesis and spectroscopic characterization of magnetic hydroxyapatite nanocomposite using ultrasonic irradiation. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 87, p. 245-250, 2012. ISSN 1386-1425.

HARMER, A. J.; COLUMBA, L. Engaging middle school students in nanoscale science, nanotechnology, and electron microscopy. **Journal of Nano Education**, v. 2, n. 1-2, p. 91-101, 2010. ISSN 1936-7449.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. **Science education**, v. 88, n. 1, p. 28-54, 2004. ISSN 1098-237X.

International Journal of Nanomedicine. Disponível em: < <https://www.dovepress.com/international-journal-of-nanomedicine-journal> >. Acesso em: 19 de maio de 2017.

JENKINS, P. E.; PLASEIED, A.; KHODAEI, M. UCD sports engineering program. **Procedia Engineering**, v. 2, n. 2, p. 2757-2762, 2010. ISSN 1877-7058.

LAVAQUI, V.; BATISTA, I. D. L. Interdisciplinaridade em ensino de Ciências e de matemática no ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 3, p. 399-420, 2007.

LIM, E.-K. et al. Nanomaterials for theranostics: recent advances and future challenges. **Chemical reviews**, v. 115, n. 1, p. 327-394, 2014. ISSN 0009-2665.

MACENO, N. G.; GUIMARÃES, O. M. A inovação no ensino de química: propostas e recomendações para sua melhoria. **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1-12, 2011.

Mais de 20 mil casos confirmados de dengue no Ceará em 2016. 2016. Disponível em: < <http://g1.globo.com/ceara/noticia/2016/07/mais-de-20-mil-casos-de-dengue-no-ceara-em-2016.html> >. Acesso em: 15 de outubro de 2016.

MAMALIS, A. Recent advances in nanotechnology. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 181, n. 1, p. 52-58, 2007. ISSN 0924-0136.

MIRANDA, C. S. N. D.; BARBOSA, M. S.; MOISÉS, T. F. D. A aprendizagem em células cooperativas e a efetivação da aprendizagem significativa em sala de aula. **Revista do NUFEN**, v. 3, n. 1, p. 17-40, 2011. ISSN 2175-2591.

Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine. Disponível em: < <https://www.journals.elsevier.com/nanomedicine-nanotechnology-biology-and-medicine> >. Acesso em: 19 de maio de 2017.

NHS CHOICES. MRI scan. Disponível em: < <http://www.nhs.uk/conditions/MRI-scan/Pages/Introduction.aspx> >. Acesso em: 03 de abril de 2017.

NOGUEIRA, L. V. et al. Estudo comparativo entre os tipos de exercícios na diabetes mellitus tipo 2. **UNILUS Ensino e Pesquisa**, v. 9, n. 17, p. 5-11, 2013. ISSN 2318-2083.

O incrível e infinitamente pequeno universo da nanotecnologia. Direção: Rafael Figueiredo. Rio de Janeiro: COOPAS 2014.

PEREIRA, B. B.; CAMPOS, E.; BONETTI, A. M. Extração de DNA por meio de uma abordagem experimental investigativa. **Genética na Escola**, v. 5, n. 2, p. 20-2, 2010.

Racquetball. Disponível em: < <http://www.head.com/en/sports/racquetball/> >. Acesso em: 15 de maio de 2017.

REBELLO, G. A. F. et al. Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA. **Química nova na escola**, v. 34, n. 01, p. 3-9, 2012.

REZENDE, L. A. História das ciências no ensino de ciências: contribuições dos recursos audiovisuais. **Ciência em tela**, v. 1, n. 2, p. 1-7, 2008.

SAHOO, S.; PARVEEN, S.; PANDA, J. The present and future of nanotechnology in human health care. **Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine**, v. 3, n. 1, p. 20-31, 2007. ISSN 1549-9634.

SANGUANSRI, P.; AUGUSTIN, M. A. Nanoscale materials development—a food industry perspective. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, n. 10, p. 547-556, 2006. ISSN 0924-2244.

SANTOMÉ, J. **Globalização e interdisciplinaridade: o currículo integrado**: Porto Alegre: Artes Médicas 1998.

SCOTT, N.; CHEN, H. Nanoscale science and engineering for agriculture and food systems. **Industrial Biotechnology**, v. 9, n. 1, p. 17-18, 2013. ISSN 1550-9087.

SILVÉRIO, J. **Atividades experimentais em sala de aula para o ensino da química: percepção dos alunos e professor**. 2012. 50 f. Monografia (Graduação em Química). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.

SPASENOVIC, M. Is Novak Djokovic using a graphene racket? , 2012. Disponível em: < <http://www.graphenetracker.com/is-novak-djokovic-using-a-graphene-racket/> >. Acesso em: 17 de maio de 2017.

TRAM DO, T. N. et al. Hydroxyapatite nanoparticles as vectors for gene delivery. **Therapeutic delivery**, v. 3, n. 5, p. 623-632, 2012. ISSN 2041-5990.

VENVILLE, G. et al. The integration of science, mathematics, and technology in a discipline-based culture. **School science and Mathematics**, v. 98, n. 6, p. 294-302, 1998. ISSN 1949-8594.

WEISS, J.; TAKHISTOV, P.; MCCLEMENTS, D. J. Functional materials in food nanotechnology. **Journal of food science**, v. 71, n. 9, p. R107-R116, 2006. ISSN 1750-3841.

WHITESIDES, G. M. Nanoscience, nanotechnology, and chemistry. **Small**, v. 1, n. 2, p. 172-179, 2005. ISSN 1613-6829.

Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology. Disponível em: < [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1939-0041](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1939-0041) >. Acesso em: 19 de maio de 2017.

WU, H. C. et al. Novel Magnetic Hydroxyapatite Nanoparticles as Non-Viral Vectors for the Glial Cell Line-Derived Neurotrophic Factor Gene. **Advanced Functional Materials**, v. 20, n. 1, p. 67-77, 2010. ISSN 1616-3028.

APÊNDICE A – TEXTOS ENTREGUES AOS ALUNOS PARA LEITURA NAS AULAS COM CÉLULAS ESTUDANTIS

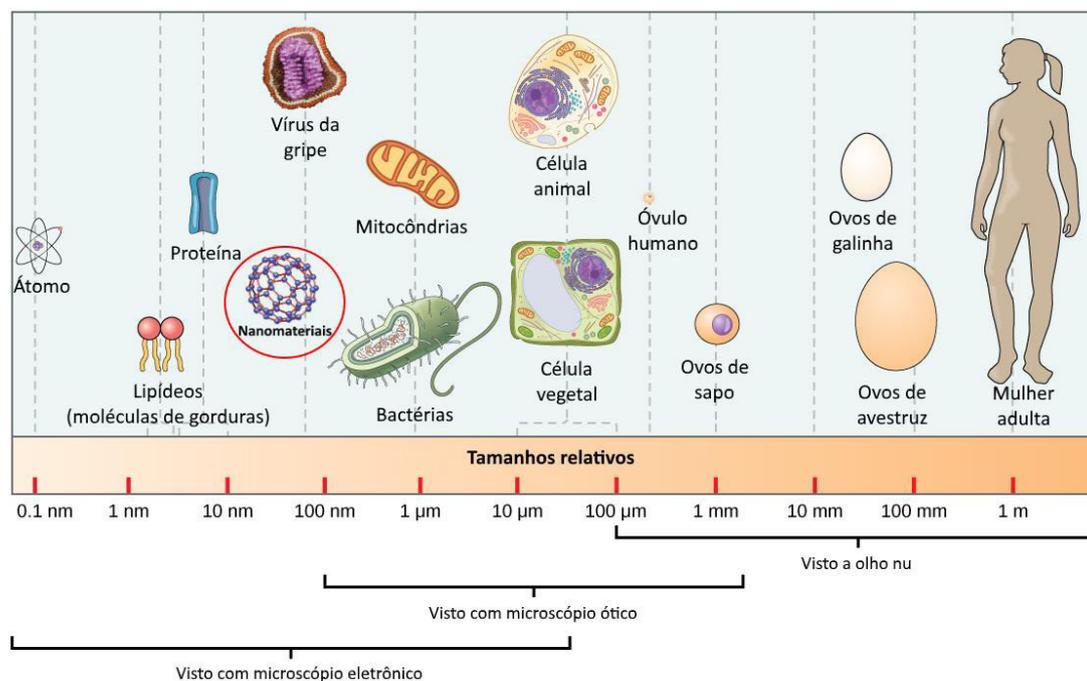
TEXTO 01 - NANOMEDICINA

Você já passou por complicações por utilizar um remédio ou conhece alguém que sofreu com isso? Já viu alguém passando por um tratamento de quimioterapia que acabou perdendo os cabelos e demais pelos corporais, além de ter emagrecido muito? Ou até mesmo conhece algum remédio que tem que ser injetado com o uso de uma seringa pois não pode ser ministrado via oral.

Um dos grandes desafios no desenvolvimento de remédios e procedimentos da saúde está nos efeitos que o seu uso terá. Isso inclui não apenas os efeitos colaterais do uso do medicamento, mas também que implicações ocorrerão se o remédio for ministrado por via oral, nasal, injetado, etc. A insulina, por exemplo, que é ministrada para diabéticos do tipo 1, que não conseguem produzir o hormônio de forma natural, tem que ser tomada em quantidades e momentos bem específicos, além de não poder ser consumida via oral, pois o processo de digestão destruiria a insulina antes dela atingir os vasos sanguíneos. Isso causa muitas complicações na vida dos pacientes de todo o mundo (Emerich e Thanos, 2003; Nogueira *et al.*, 2013).

Imagine então se você pudesse encapsular o seu medicamento em um comprimido tão pequeno que ele conseguiria ter acesso a qualquer parte do corpo e só liberasse o remédio aonde ele fosse preciso. Pudesse até mesmo entrar em uma célula se fosse necessário e entregar um pedaço de DNA que a ensinasse a se curar. Pensando nesta mesma linha, poderíamos até desenvolver “mini-cirurgiões”, que procurariam uma célula doente e já fariam seu tratamento no que a encontrassem.

Imagem 1 - Gráfico comparativo de tamanhos de nanomateriais e componentes biológicos



Fonte: <https://cnx.org/resources/7b4d03a7fc1e724f75950258ae6d2356>. Acessado em 03 de abril de 2017. Adaptado pelo autor.

Parece muito ilusório e até mesmo roteiro de ficção-científica, mas tudo isso já é possível e já é utilizado através do uso dos chamados **nanomateriais**. Nanomateriais (ou nanopartículas) são materiais muito pequenos, bem menores do que uma célula, alguns do tamanho de algumas substâncias orgânicas. Mais precisamente, são materiais que tem pelo menos uma de suas dimensões na proporção de **nanômetros**. Um nanômetro (nm) é igual a um milímetro dividido por um milhão, ou, ainda, um metro dividido por um bilhão ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$). Só para ter noção do quanto é pequeno, uma fita de DNA possui largura de apenas 2 nanômetros.

Atualmente, várias pesquisas são feitas para entender melhor o potencial do uso dos nanomateriais na área da saúde. As principais aplicações incluem a **liberação controlada de fármacos**, onde o composto ativo (a substância responsável pelo funcionamento do medicamento) é liberado aos poucos, em doses e tempos controlados. Alguns nanomateriais até recebem o que é chamado de **biodemarcadores**, moléculas orgânicas que fazem com que eles “reconheçam” em que parte do corpo estão e liberem o composto ativo apenas onde ele é necessário. Isso ajuda, por exemplo, a evitar os efeitos trágicos dos quimioterápicos em partes saudáveis do corpo, fazendo com que eles sejam “guardados” e apenas sejam liberados quando

estiverem na presença das células cancerígenas, evitando que afetem outras partes do corpo (Emerich e Thanos, 2003; Sahoo *et al.*, 2007).

Falando em nanopartículas com biodemarcadores, elas também podem realizar o tratamento já no momento do diagnóstico. Um belo exemplo está no uso de nanopartículas que visam encontrar algo anormal no corpo utilizando ressonância magnética. Utilizando um biodemarcador certo, essas nanopartículas podem ficar presas em uma parte do corpo que não está funcionando corretamente, como um câncer por exemplo, e servir como contraste na imagem que se obtém da ressonância magnética. Dependendo do tipo de nanomaterial utilizado, pode-se, já na ressonância, fazer o tratamento daquela anomalia, realizando a liberação no local de algum fármaco ou mesmo por meio de outro procedimento, como aquecimento ou liberação de radiação naquela região.

Imagem 2 - Procedimento de imagem de ressonância magnética nuclear



Fonte: NHS CHOICES. MRI scan

Sim, as nanopartículas são bastante promissoras para a saúde. Mas então, por que elas não são utilizadas em boa parte dos procedimentos modernos? De fato, a nanotecnologia é muito jovem e suas implicações ainda precisam ser estudadas. Ainda não é bem compreendido o risco de se utilizar materiais tão pequenos com seres humanos ou mesmo suas implicações no meio ambiente. Para tal, muitos estudos ainda precisam ser realizados e, até lá, o uso dos nanomateriais para o tratamento da saúde ainda será bastante limitado. Entretanto, estas pesquisas têm avançado rápido e alguns tratamentos já estão nas fases finais dos testes clínicos. Pode ser que, em um futuro próximo, tratamentos mais seguros e mais eficientes estejam disponíveis para nós graças aos avanços da nanotecnologia.

TEXTO 02 - ENGENHARIA DE ESPORTES E NANOTECNOLOGIA

Se você reparar bem, vai perceber que muitos materiais utilizados em esportes profissionais agem de modo diferente de materiais semelhantes aos quais temos contato no nosso dia-a-dia. Os pisos dos estádios são limpos constantemente durante os jogos, mas, mesmo assim, não ficam molhados nem escorregadios. Além disso, já reparou que as roupas de mergulho dos nadadores saem da água praticamente secas?

Esses são alguns frutos da chamada engenharia de esportes, área de estudo que une a engenharia clássica às ciências esportivas, medicina e ao desenvolvimento de equipamentos esportivos. Seu objetivo principal é de desenvolver materiais esportivos que sejam amigáveis ao uso, confortáveis e que possam melhorar a eficiência da atividade física exigida (Jenkins *et al.*, 2010).

Exemplos de tecnologias criadas pela engenharia de esportes vão desde partes estruturais de espaços esportivos, como a criação de gramados artificiais e pistas de corrida que absorvem melhor o impacto, e vão até materiais essenciais ao uso do atleta, como raquetes mais leves e roupas de mergulho com menos atrito, que acabam “deslizando” melhor na água.

Recentemente, a engenharia de esportes encontrou uma aliada, que tem facilitado bastante o desenvolvimento de materiais esportivos mais eficientes. É a **nanotecnologia**, área que se preocupa em estudar o desenvolvimento de materiais nas menores escalas possíveis. Mais especificamente na escala dos **nanômetros**. Só para ter ideia do quão pequeno é, 1 nanômetro equivale à bilionésima parte do metro, ou mesmo a um milímetro dividido em um milhão de partes.

Alguns desses materiais não chegam a ter mais do que alguns poucos átomos em sua composição e, devido ao seu tamanho extremamente reduzido, acabam por apresentar

Imagem 3 - Michael Phelps na FINA World Championships



Fonte: <http://www.pannellswimshop.com/public/images/177a.jpg>. Acessado em 08 de abril de 2017.

características novas que, se utilizadas corretamente, podem melhorar a eficiência de muitas atividades.

Imagem 4 - Competição de vôlei no Ginásio Indoor da Capital nas Olimpíadas de Verão Beijing 2008.



Fonte:http://www4.pictures.gi.zimbio.com/Olympics+Day+7+Volleyball+MvzNGmM_rG0l.jpg. Acessado em 08 de abril de 2017.

Um exemplo está nos ginásios olímpicos. O Ginásio Indoor da Capital, que sediou as competições de vôlei nas Olimpíadas da China de 2008 possui uma cobertura invisível no solo da espessura de apenas poucos nanômetros. Apesar de bem pequena, essa camada permitiu que o chão do estádio se tornasse resistente à absorção de água, óleo, além de facilitar a remoção de poeira. Isso facilita muito os atletas durante o jogo. Outros exemplos incluem fibras mais resistentes, que ajudam na criação de tênis melhores e de gramados artificiais que dificilmente se soltam durante os jogos, além de roupas que absorvem menos água, o que ajuda não só os nadadores, mas também atletas de esportes onde o simples fato da roupa ficar “colada” devido à absorção de suor pode atrapalhar, como no ciclismo (Gong, 2013).

A nanotecnologia está presente em várias outras áreas também, mas suas contribuições para o mundo dos esportes são imprescindíveis, além de ser uma das áreas em que ela tem mais avançado. Podemos esperar, num futuro breve, equipamentos que auxiliem e muito o desempenho dos esportistas pelo simples fato de possuírem, na sua composição, partes pensadas e desenvolvidas na escala nanométrica.

TEXTO 03 - ALIMENTOS NANOTECNOLÓGICOS

Se você já comprou um alimento em uma loja de produtos orgânicos, aqueles produzidos por pequenos agricultores e que, geralmente, não levam agrotóxicos na sua composição, você deve ter percebido que eles são bem diferentes dos alimentos que encontramos nas prateleiras dos supermercados. Alimentos orgânicos, como você pode ver na imagem abaixo, que compara um mamão e laranjas orgânicas (à esquerda) aos mesmos produtos industriais (à direita), possuem cores menos vívidas e, geralmente, seu odor e sabor costumam não serem tão fortes quanto os alimentos industriais.

Imagem 5 - Comparativo entre alimentos orgânicos e de origem industrial



Fonte: http://raiz.vteximg.com.br/arquivos/ids/156375-435-420/IMG_5890.jpg;

<https://bs.simplusmedia.com/i/f/o/saude/conteudo/mamao-formosa.jpg>; http://verdevidadelivery.com/wp/wp-content/uploads/2013/04/BXK1483_Laranjas-org%C3%A2nica-vv.jpg;

<http://www.extraplus.com.br/media/W1siZiIsIjIwMTIvMDQvMTkvMDhfNDdfNDNfNzFfMTI3MDZlTGZyYW5qYV9MaW1hX2tnLnBuZyJdXQ/12706-Laranja-Lima-kg.png>. Acessado em 09 de abril de 2017.

Isso se deve à diversos fatores. Os alimentos produzidos pela indústria, em geral, passaram por processos de melhoramento. Nestes processos, além deles se tornarem mais atrativos, com aparência e sabores melhorados, algumas características nutricionais acabam sendo adicionadas, como, por exemplo, aumento da quantidade de vitaminas e alguns sais minerais.

Mas, então, se estes alimentos foram supostamente melhorados, por que tantas pessoas se preocupam em conseguir alimentos de fontes mais naturais, às vezes até pagando mais caro para consegui-los? A resposta para isso está nos meios de aumento da produção e de melhoramento nutricional. Muitos destes alimentos passaram por mudanças genéticas e, apesar de serem constantemente vigiados, as consequências que estas alterações podem trazer ainda preocupam muitos consumidores. Além disso, o uso de agrotóxicos, substâncias tóxicas que buscam o controle de pragas, tem aumentado muitos nas grandes lavouras durante as últimas décadas, o que também contribui para o aumento da preocupação sobre a segurança de se consumir estes alimentos.

Entretanto, recentemente, uma nova ciência começou a crescer e pode representar uma alternativa para a produção de alimentos melhorados com maior segurança. É a **nanotecnologia**. O nome pode parecer estranho, mas seu conceito é bem simples. Trata-se do estudo de componentes muito pequenos que, devido ao seu tamanho reduzido, apresentam propriedades interessantes e que, se aplicadas corretamente, podem aumentar a eficiência de vários setores da sociedade. Esses componentes são tão pequenos que, se fizermos uma fila em linha reta com suas unidades, conseguiríamos colocar milhares deles, quase milhões, apenas no espaço de um milímetro.

Para os produtores de alimentos, esses pequenos materiais, assim chamados **nanomateriais**, podem ter várias aplicações que poderiam substituir alguns processos atuais. Por exemplo, há estudos que procuram revestir alimentos com camadas extremamente finas, mas que podem impedir que o alimento se estrague, aumentando seu tempo de conservação por muito mais tempo, diminuindo a quantidade de conservantes que precisam ser adicionados aos alimentos. Além disso, eles também podem servir para melhorar as propriedades nutricionais dos alimentos, como aumentar a quantidade de vitaminas, proteínas e, até mesmo, adicionar outros componentes, como medicamentos, e formar alimentos que, além de nutrir, podem servir para o tratamento de problemas de saúde, como alergias por exemplo (Sanguansri e Augustin, 2006; Weiss *et al.*, 2006).

Não apenas isso, mas a nanotecnologia também pode aumentar a eficiência na absorção dos nutrientes dos alimentos. Muitos nutrientes são perdidos durante o processo digestivo. O estômago e o intestino quebram muitas substâncias e, nisso, a quantidade de vitaminas e enzimas que absorvemos é bem menor do que a quantidade que ingerimos. Mas, alguns nanomateriais podem “segurar” esses nutrientes durante o processo digestivo, “soltando-

os” apenas quando chegassem em partes do corpo onde seriam melhor aproveitados (Weiss *et al.*, 2006). É a chamada entrega controlada de substâncias.

A nanotecnologia pode representar um futuro promissor na produção alimentícia, mas então, por que ela já não é constantemente utilizada no processo de produção alimentícia? De fato, ainda há um grande caminho a ser seguido antes disso se tornar comum na nossa vida. Vários estudos ainda precisam ser realizados para entendermos corretamente a proporção e as consequências do uso de materiais tão pequenos. Entretanto, estas pesquisas têm avançado rápido e pode ser que, em um futuro próximo, alimentos mais eficientes e seguros estejam disponíveis para nós graças ao uso da nanotecnologia.

APÊNDICE B – ROTEIRO DE PRÁTICA ENTREGUE AOS ALUNOS DAS TURMAS B E E

PROCEDIMENTO E PERGUNTAS

1. Separe dois béqueres de 100 mL e marque-os como “A” e “B”.
2. Meça 30 mL do filtrado de ferro e coloque-o nos béqueres A e B.
3. Adicione às misturas nos béqueres algumas gotas de água oxigenada. Observe e anote o que ocorreu.

Que reação química ocorreu quando você adicionou água oxigenada à mistura nos béqueres?

- a. $2 \text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + 8 \text{OH}^{-}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_{4(\text{s})} + 4 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
- b. $2 \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + 3 \text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})} + 2 \text{H}^{+}_{(\text{aq})} \rightarrow 2 \text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + \text{O}_{2(\text{g})} + 4 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
- c. $\text{Fe}_{(\text{s})} + 2 \text{H}^{+}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{H}_{2(\text{g})}$

4. Meça 15 mL do filtrado de ferro e coloque-o nos béqueres A e B.
5. Ao béquer A, adicione algumas gotas de detergente.
6. Meça 40 mL de amônia comercial e coloque-os nos béqueres A e B. Observe e anote o que ocorreu.

Que reação química ocorreu quando você adicionou amônia comercial à mistura nos béqueres?

- a. $2 \text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + 8 \text{OH}^{-}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_{4(\text{s})} + 4 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
- b. $2 \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + 3 \text{H}_2\text{O}_{2(\text{aq})} + 2 \text{H}^{+}_{(\text{aq})} \rightarrow 2 \text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + \text{O}_{2(\text{g})} + 4 \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$
- c. $\text{Fe}_{(\text{s})} + 2 \text{H}^{+}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{H}_{2(\text{g})}$

7. Aguarde cinco minutos e anote o que ocorreu com as misturas nos béqueres A e B.

Você percebeu algum efeito do detergente no béquer A que não ocorreu no béquer B sem detergente? Se sim, o que você percebeu?

8. Aproxime um ímã dos béqueres e depois afaste-o. Observe e anote o que ocorreu.

Tente explicar, com suas palavras, o efeito que a presença e a ausência do ímã causa.

APÊNDICE C – ROTEIRO DE PRÁTICA ENTREGUE AOS ALUNOS DAS TURMAS C E F

PROCEDIMENTO

1. Separe dois béqueres de 100 mL e marque-os como “A” e “B”.
2. Meça 30 mL do filtrado de ferro e coloque-o nos béqueres A e B.
3. Adicione às misturas nos béqueres algumas gotas de água oxigenada. Observe e anote o que ocorreu.
4. Meça 15 mL do filtrado de ferro e coloque-o nos béqueres A e B.
5. Ao béquer A, adicione algumas gotas de detergente.
6. Meça 40 mL de amônia comercial e coloque-os nos béqueres A e B. Observe e anote o que ocorreu.
7. Aguarde cinco minutos e anote o que ocorreu com as misturas nos béqueres A e B.
8. Aproxime um ímã dos béqueres e depois afaste-o. Observe e anote o que ocorreu.

QUESTÕES

1. Que reação química ocorreu quando você adicionou água oxigenada à mistura nos béqueres?
 - a. $2 \text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + 8 \text{OH}^{-}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 - b. $2 \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + 3 \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2 \text{H}^{+}_{(\text{aq})} \rightarrow 2 \text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + \text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 - c. $\text{Fe}(\text{s}) + 2 \text{H}^{+}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{H}_2(\text{g})$

2. Qual reação química ocorreu quando você adicionou amônia comercial às misturas nos béqueres?
 - a. $2 \text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + 8 \text{OH}^{-}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 - b. $2 \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + 3 \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2 \text{H}^{+}_{(\text{aq})} \rightarrow 2 \text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} + \text{O}_2(\text{g}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 - c. $\text{Fe}(\text{s}) + 2 \text{H}^{+}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{H}_2(\text{g})$

3. Você percebeu algum efeito do detergente no béquer A que não ocorreu no béquer B sem detergente? Se sim, o que você percebeu?

4. Tente explicar, com suas palavras, o efeito que a presença e a ausência do ímã causa.

**APÊNDICE D – FORMULÁRIO APLICADO AOS ESTUDANTES UMA SEMANA
APÓS AS AULAS TEÓRICAS**

QUESTIONÁRIO

1. Explique, com suas palavras, o que é nanotecnologia?

2. Quantos nanômetros cabem em um milímetro e em um metro respectivamente?

- a) 100 e 1.000.
- b) 10.000 e 100.000.
- c) 1 milhão e 1 bilhão.
- d) 1 bilhão e 1 trilhão.

3. Classifique as afirmações abaixo como verdadeiras (V) ou falsas (F).

3.1. Quando em escalas muito menores, alguns materiais apresentam características novas e interessantes.
3.2. A nanotecnologia já é constantemente usada em todos os setores da sociedade e novos estudos para entender os seus riscos não são necessários.
3.3. Nanomateriais são compostos de poucos átomos e tem o tamanho semelhante a algumas moléculas biológicas.
3.4. A nanotecnologia não possui nenhuma aplicação prática no dia-a-dia.

4. Classifique as afirmações abaixo de acordo com o que você achou da (s) aula (s) sobre nanotecnologia.

4.1. Me senti interessado sobre o assunto nanotecnologia.	1	2	3	4	5
	Discordo totalmente			Concordo totalmente	

4.2. Pude perceber claramente uma conexão entre o assunto discutido e meu dia-a-dia.	1	2	3	4	5
	Discordo totalmente			Concordo totalmente	
4.3. Esse assunto me fez enxergar as ciências naturais com bons olhos.	1	2	3	4	5
	Discordo totalmente			Concordo totalmente	
4.4. Acredito que mais aulas deveriam ser usadas para discussão de curiosidades, como foi o caso da (s) aula (s) de química sobre nanotecnologia.	1	2	3	4	5
	Discordo totalmente			Concordo totalmente	

5. De modo geral, se você fosse dar uma nota de 0 a 10 para a (s) aula (s) sobre nanotecnologia, que nota daria?

6. (Opcional) Dê uma sugestão para melhorar o modo como as aulas de nanotecnologia e/ou ciências naturais podem ser melhoradas.

**APÊNDICE E – FORMULÁRIO APLICADO AOS ESTUDANTES DA TURMA DE
VALIDAÇÃO AO FIM DA PRÁTICA 1**

Questionário Individual – Prática 01

1. Cite uma característica interessante da substância magnetita.

2. Cite uma propriedade interessante da substância hidroxiapatita.

3. Avalie as afirmações abaixo, segundo a sua opinião, atribuindo uma nota de 1 a 5, sendo 1 “Discordo totalmente” e 5 “Concordo totalmente”.

3.1. A explicação anterior à prática foi boa e me fez entender o que aconteceu no experimento.	1	2	3	4	5
	Discordo totalmente			Concordo totalmente	
3.2. Eu consegui entender o que é a nanotecnologia e a escala nanométrica.	1	2	3	4	5
	Discordo totalmente			Concordo totalmente	
3.3. Eu pude perceber, pela explicação anterior à prática, que a nanotecnologia está presente na sociedade.	1	2	3	4	5
	Discordo totalmente			Concordo totalmente	
3.4. Eu pude ver a mim e à minha sociedade como agentes atuantes* em relação aos potenciais problemas do uso da nanotecnologia.	1	2	3	4	5
	Discordo totalmente			Concordo totalmente	

*Por agentes atuantes, entende-se pessoas e situações capazes de agir ativamente na solução do problema em questão.

**APÊNDICE F – FORMULÁRIO APLICADO AOS ESTUDANTES DA TURMA DE
VALIDAÇÃO AO FIM DA PRÁTICA 2**

Questionário Individual – Prática 02

1. Qual a função do DNA em um organismo?

2. Defina o que é um organismo transgênico de acordo com o que você aprendeu hoje.

3. Qual a relação da nanopartícula que você sintetizou com o DNA magnético que você criou hoje e como eles podem ser relacionados a um transgênico?

4. Avalie as afirmações abaixo, segundo a sua opinião, atribuindo uma nota de 1 a 5, sendo 1 “Discordo totalmente” e 5 “Concordo totalmente”.

3.1. A explicação anterior à prática foi boa e me fez entender o que aconteceu no experimento.	1	2	3	4	5
	Discordo totalmente			Concordo totalmente	
3.2. Eu consegui entender o que é um transgênico e um organismo geneticamente modificado.	1	2	3	4	5
	Discordo totalmente			Concordo totalmente	
3.3. Eu pude perceber, pela explicação anterior à prática, que os organismos geneticamente modificados estão presentes na sociedade.	1	2	3	4	5
	Discordo totalmente			Concordo totalmente	
3.4. Eu pude ver a mim e à minha sociedade como agentes atuantes* em relação aos potenciais problemas do uso dos transgênicos.	1	2	3	4	5
	Discordo totalmente			Concordo totalmente	

*Por agentes atuantes, entende-se pessoas e situações capazes de agir ativamente na solução do problema em questão.

**APÊNDICE G – FORMULÁRIO APLICADO AOS ESTUDANTES DA TURMA DE
VALIDAÇÃO AO FIM DA AULA TEÓRICA**

Questionário Individual – Aula

1. Qual a função do DNA em um organismo?

2. Defina o que é um organismo transgênico de acordo com o que você aprendeu hoje.

3. Avalie as afirmações abaixo, segundo a sua opinião, atribuindo uma nota de 1 a 5, sendo 1 “Discordo totalmente” e 5 “Concordo totalmente”.

3.2. Eu consegui entender o que é um transgênico e um organismo geneticamente modificado.	1	2	3	4	5
	Discordo totalmente			Concordo totalmente	
3.3. Eu pude perceber pela aula que os organismos geneticamente modificados estão presentes na sociedade.	1	2	3	4	5
	Discordo totalmente			Concordo totalmente	
3.4. Eu pude ver a mim e à minha sociedade como agentes atuantes* em relação aos potenciais problemas do uso dos transgênicos.	1	2	3	4	5
	Discordo totalmente			Concordo totalmente	

*Por agentes atuantes, entende-se pessoas e situações capazes de agir ativamente na solução do problema em questão.