

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**  
**DOUTORADO EM QUÍMICA**

Paulo Ricardo da Silva

**A Interdisciplinaridade na formação docente:** investigando contribuições de um processo de formação continuada de professores da área de Ciências Naturais a partir do tema Nanociência e Nanotecnologia

Juiz de Fora

2019

Paulo Ricardo da Silva

**A Interdisciplinaridade na formação docente:** investigando contribuições de um processo de formação continuada de professores da área de Ciências Naturais a partir do tema Nanociência e Nanotecnologia

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química, área de Educação Química, da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito para a obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. José Guilherme da Silva Lopes

Juiz de Fora

2019

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pelo dom da vida, e por me guiar em todos os momentos e permitir a conclusão deste trabalho;

À minha família, especialmente à minha querida mãe, por me ensinar a importância do estudo e a ser quem sou hoje;

Ao meu orientador, por dividir suas experiências comigo e auxiliar em meu desenvolvimento profissional;

À todos os amigos que me acompanham e que também conhecem um pouco da minha história;

Aos colegas do Grupo de Estudos em Educação Química (GEEDUQ), pelas conversas, críticas e risadas ao longo dos praticamente 6 anos de convívio diário;

À todos os professores que tive, por me cativarem com seus conselhos e ensinamentos;

Aos professores Andreia, Gilmar, Nilma, Ivoni e Rita, pelas inúmeras contribuições para o desenvolvimento e aprimoramento dessa tese;

À todos os professores que participaram da pesquisa. Sem dúvidas, a colaboração e o entusiasmo deles com a profissão, contribuíram para a qualidade desse trabalho;

Ao Departamento de Química da UFLA, pelo apoio e compreensão oferecidos nos momentos de finalização do trabalho;

Ao Programa de Pós-Graduação em Química da UFJF, por permitir a realização deste trabalho.

## RESUMO

A interdisciplinaridade é uma perspectiva que vem sendo defendida visando a superação da excessiva fragmentação de conhecimentos nas mais diversas esferas da sociedade. No campo educacional brasileiro, ganha relativo destaque a partir da década de 1990. Entretanto, apesar de diversos estudos e orientações curriculares apontando sua importância nas escolas, persistem inúmeras dificuldades para o desenvolvimento de práticas interdisciplinares, o que pode estar ligado à formação de professores, ainda fortemente marcada pela lógica disciplinar. Partimos da hipótese de que os Saberes Docentes definidos por Tardif (2014) articulados às modalidades de interdisciplinaridade apontadas por Lenoir (2013) podem contribuir para a implementação de estratégias com potencial formativo, visando o desenvolvimento de práticas docentes interdisciplinares. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo de investigar as contribuições de um processo de formação continuada para professores com foco na formação para atuação interdisciplinar, a partir do tema Nanociência e Nanotecnologia (N&N). Adicionalmente, procuramos compreender como os professores participantes dos cursos desenvolvem uma prática interdisciplinar, bem como se apropriam de conceitos relacionados à N&N e os abordam na Educação Básica. Portanto, os sujeitos desta pesquisa foram os professores que participaram de processos de formação continuada oferecidos em 2015 e 2016, bem como alunos desses professores após o oferecimento de aulas envolvendo a N&N. Os dados foram construídos a partir de gravações em áudio e vídeo de todos os encontros dos cursos, de materiais produzidos por alunos dos professores (cartazes, avaliações escritas) e entrevistas realizadas com duas professoras e foram analisados sob a ótica da Análise de Conteúdo. Em relação à busca pelo processo de formação continuada, verificamos que a participação dos professores foi motivada por desconhecimento sobre N&N e que a maioria valorizava o trabalho interdisciplinar, mas relatava dificuldades para o desenvolvimento de práticas interdisciplinares, como o tempo e a própria formação disciplinar. Observamos ainda, que o processo de formação continuada contribuiu para o desenvolvimento de diversos saberes pelos participantes, principalmente pelo estímulo ao contato com áreas diferentes da formação acadêmico-profissional e pela vivência com colegas que possuíam distintas experiências e trajetórias de formação, constituindo o que denominamos “ambiente de formação interdisciplinar”. Adicionalmente, ao longo dos encontros dos processos formativos, os professores tiveram a oportunidade de avaliar suas práticas perante alguns referenciais teóricos, buscando maior equilíbrio entre teoria e prática. Verificamos, ainda, que o estímulo ao desenvolvimento de propostas de ensino sobre N&N possibilitou a mobilização de vários saberes, o que pode ter contribuído para desencadear processos de apropriação de conceitos e de transposição didática, favorecendo futuras abordagens na sala de aula. Os resultados acima descritos indicam que ações voltadas para mobilização dos diversos saberes, articuladas a reflexões sobre práticas interdisciplinares a partir da N&N possuem potencial formativo no que diz respeito ao desenvolvimento de práticas docentes interdisciplinares.

Palavras-chave: Formação de Professores. Interdisciplinaridade. Nanociência e Nanotecnologia. Saberes Docentes.

## ABSTRACT

Interdisciplinarity is a perspective that has been defended in order to overcome the excessive fragmentation of knowledge in many spheres of society. In the Brazilian educational field, this conception has gained relative prominence beginning the 1990s. However, despite several studies and curricular guidelines pointing out its importance in schools, there are still many difficulties for the development of interdisciplinary practices, what can be connected to the training of teachers, still strongly marked by disciplinary logic. We begin from the hypothesis that the Teachers' Knowledge, defined by Tardif (2014), articulated to the modalities of interdisciplinarity, pointed out by Lenoir (2013), can contribute to the implementation of strategies with formative potential, aiming at the development of interdisciplinary teaching practices. Thus, this work aims to investigate the contributions of a continuous training process for teachers with a focus on training for interdisciplinary action, based on the theme Nanoscience and Nanotechnology (N&N). In addition, we seek to understand how the teachers participating in the courses develop an interdisciplinary practice, as well as how they appropriate N&N related concepts and approach them in the Basic Education. Therefore, the subjects of this research were the teachers who participated in ongoing training processes offered in 2015 and 2016, as well as the students of these teachers after offering classes involving N&N. The data were drawn from audio recordings and video of all course meetings, materials produced by teacher's students (posters, written assessments) and interviews with two teachers, and then analyzed from the perspective of the Analysis of Content. Regarding the pursuit for the process of continuous formation, we verified that the participation of the teachers was motivated by the unfamiliarity about the N&N theme and that most of them valued the interdisciplinary work, but reported for the development of interdisciplinary practices, such as time and the own disciplinary training. We also observed that the process of continuous education contributed to the development of diverse knowledge by participants, specially by encouraging the contact with different areas of academic and professional training and the experience with colleagues who had different experiences and learning paths, forming what we call "Interdisciplinary training environment". In addition, throughout the meetings of the training processes, teachers had the opportunity to evaluate their practices based on some theoretical references, seeking greater balance between theory and practice. We also verified that the stimulation for the development of N&N teaching suggestion made it possible the mobilization of several knowledge, which may have contributed to trigger processes of appropriation of concepts and didactic transposition, favoring future approaches in the classroom. The results described above indicate that actions aimed for the mobilization of different knowledge, articulated to reflections on interdisciplinary practices from the N&N, have formative potential concerning the development of interdisciplinary teaching practices.

Key-Words: Teacher Training. Interdisciplinarity. Nanoscience and Nanotechnology. Teachers' Knowledge.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Campos de aplicação da interdisciplinaridade e suas formas de abordagem .....	22
Figura 2 - Distribuição de trabalhos envolvendo a interdisciplinaridade na área de Ensino de Ciências em nível Médio de 1980 a 2012 .....	33
Figura 3: Cartaz produzido pelo grupo A, de estudantes do 9º ano sobre N&N .....	141
Figura 4: Cartaz produzido pelo grupo B, de estudantes do 9º ano sobre N&N .....	142
Figura 5: Cartaz produzido pelo grupo C, de estudantes do 9º ano sobre N&N .....	143

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Finalidades da interdisciplinaridade científica e escolar .....	27
Quadro 2 - Diferentes tipologias dos saberes docentes .....	43
Quadro 3 - Breve cronologia da nanotecnologia .....	52
Quadro 4 - Características que qualificam a N&N como um tema importante de ser abordado no ensino .....	60
Quadro 5 - Perfil de formação acadêmico-profissional e tempo de atuação na EB .....	77
Quadro 6 - Estrutura dos processos de formação .....	92
Quadro 7 - Tópicos e ações desenvolvidas que remetem aos saberes pedagógicos .....	115

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

CBC – Conteúdo Básico Comum

CEB – Câmara de Educação Básica

CNE – Conselho Nacional de Educação

DCN – Diretrizes Curriculares Nacionais

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

EUA – Estados Unidos da América

GEEDUQ – Grupo de Estudos em Educação Química

IBM – International Business Machines

ITO – Óxido de Índio-Estanho

MEC – Ministério da Educação

MOAB – Massive Ordnance Air Blast

OLED – Organic Light Emitting Diode

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PIBID – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência

PNLD – Programa Nacional do Livro e do Material Didático

PROBIC -JR – Programa de Bolsas de Iniciação Científica Júnior

UFF – Universidade Federal Fluminense

UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora

UnB – Universidade de Brasília

UNIGRANRIO – Universidade do Grande Rio

UNIPAC – Universidade Presidente Antônio Carlos

USP – Universidade de São Paulo



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>INTERDISCIPLINARIDADE: ASPECTOS HISTÓRICOS, RELAÇÕES COM A EDUCAÇÃO BÁSICA E COM A FORMAÇÃO DE PROFESSORES</b> .....	15
2.1	AS POTENCIALIDADES DA FORMAÇÃO HUMANA PELA INTEGRAÇÃO DE CONHECIMENTOS.....	15
2.2	INTERDISCIPLINARIDADE – BREVE HISTÓRICO.....	18
2.3	INTERDISCIPLINARIDADE E SUAS IMPLICAÇÕES NA SOCIEDADE .....	21
2.4	INTERDISCIPLINARIDADE CIENTÍFICA X ESCOLAR: APROXIMAÇÕES E DISTANCIAMENTOS.....	24
2.5	INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ECOS, CONSTATAÇÕES E PERSPECTIVAS.....	30
2.6	INTERDISCIPLINARIDADE E FORMAÇÃO DE PROFESSORES.....	36
2.7	CONSTRUINDO UM REFERENCIAL PARA ABORDAR A FORMAÇÃO DE PROFESSORES EM UMA PERSPECTIVA INTERDISCIPLINAR .....	42
2.8	FORMAÇÃO DE PROFESSORES: NOSSO POSICIONAMENTO TEÓRICO.....	47
<b>3</b>	<b>NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA: DEFINIÇÕES, POTENCIALIDADES, CONTROVÉRSIAS E RELAÇÕES COM O ENSINO DE CIÊNCIAS</b> .....	50
3.1	PROVOCAÇÕES INICIAIS .....	50
3.2	A ESCALA NANOMÉTRICA: PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA N&N E ALGUMAS APLICAÇÕES .....	50
3.3	CONTROVÉRSIAS LIGADAS À NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA .....	54
3.4	A MÍDIA E A IMAGEM DA N&N.....	57
3.5	N&N NO CONTEXTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	59
3.6	À GUIA DE FECHAMENTO .....	64
<b>4</b>	<b>ASPECTOS METODOLÓGICOS</b> .....	66
4.1	PESQUISA QUALITATIVA.....	66
4.2	O AMBIENTE DE PESQUISA .....	67
4.3	OS SUJEITOS DE PESQUISA.....	68
4.4	CONSTRUÇÃO DOS DADOS .....	69
4.5	ANÁLISE DOS DADOS .....	71
<b>5</b>	<b>O PROCESSO DE FORMAÇÃO CONTINUADA: VIVÊNCIAS, DESAFIOS E IMPACTOS NA FORMAÇÃO DOCENTE INTERDISCIPLINAR</b> .....	74

5.1	PERFIL DOS SUJEITOS .....	74
5.1.1	<b>Formação acadêmica e tempo de atuação .....</b>	<b>74</b>
5.1.2	<b>Concepções dos sujeitos sobre N&amp;N e suas relações com o ensino .....</b>	<b>80</b>
5.1.3	<b>Concepções sobre as implicações de abordagens interdisciplinares para a atuação profissional e para a formação dos estudantes .....</b>	<b>86</b>
5.2	CONSTRUÇÃO DE UM AMBIENTE INTERDISCIPLINAR DE FORMAÇÃO .....	90
5.3	OS SABERES DOCENTES MOBILIZADOS AO LONGO DO PROCESSO DE FORMAÇÃO .....	99
5.3.1	<b>Os saberes disciplinares .....</b>	<b>101</b>
5.3.2	<b>Os saberes curricular e da formação profissional .....</b>	<b>114</b>
5.4	ARTICULAÇÃO ENTRE FORMAÇÃO E ATUAÇÃO: AS DISCUSSÕES SOBRE INTERDISCIPLINARIDADE NOS PROCESSOS FORMATIVOS .....	132
6	<b>A ABORDAGEM DE N&amp;N NA PRÁTICA PROFISSIONAL DAS PROFESSORAS .....</b>	<b>138</b>
6.1	A PRÁTICA DE ALINE .....	139
6.2	A PRÁTICA DE ROSA .....	145
6.3	APONTAMENTOS DE ROSA E ALINE SOBRE AS CONTRIBUIÇÕES DO PROCESSO FORMATIVO PARA SUA FORMAÇÃO .....	148
6.3.1	<b>Avaliação do contato dos estudantes com a N&amp;N .....</b>	<b>151</b>
6.4	A TRAJETÓRIA DE VIDA DAS PROFESSORAS E A FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR .....	155
7	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>164</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>168</b>
	<b>APÊNDICE A: Cartaz de divulgação sobre o processo de formação .....</b>	<b>183</b>
	<b>APÊNDICE B: Questionário aplicado aos professores no início dos processos de formação.....</b>	<b>184</b>
	<b>APÊNDICE C: Roteiro para a realização das entrevistas com Aline e Rosa .....</b>	<b>185</b>
	<b>ANEXO A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido .....</b>	<b>186</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho possui raízes que remontam à inúmeras experiências ao longo de minha vida, inclusive anteriormente à escolha pela profissão e ao exercício da docência. Sou de origem humilde e cresci sentindo as dificuldades da classe baixa no que diz respeito ao acesso aos mais diversos bens, porém, nunca me faltou uma família presente e uma mãe que desde sempre cultivou em mim os valores dos estudos e da educação.

Dessa forma, sempre estudei em escola pública - o que para mim é motivo de imenso orgulho - e, aos poucos, os valores cultivados desde a infância começaram a me proporcionar novos caminhos e perspectivas. É bem verdade que, até os 15 anos, meu sonho era ser jogador de futebol, e eu me esforçava ao máximo para conseguir alcançar este objetivo. Entretanto, mesmo tendo essa “meta”, sempre gostei de estudar e valorizava muito os momentos proporcionados pela educação escolar.

Apenas quando iniciei o Ensino Médio a perspectiva de buscar o Ensino Superior começou a fazer parte do meu cotidiano, muito motivado pelos incentivos dos professores, que começavam a falar sobre programas de ingresso na universidade, o ENEM, bem como a escolha da profissão. Motivado pelo gosto ao futebol, pensei inicialmente em cursos que de alguma forma estivessem relacionadas a tal esporte, como Educação Física e Fisioterapia, ao mesmo tempo em que desenvolvia muita afinidade com a Química e a Matemática. Ser professor nunca passou pela minha cabeça!

Ainda aos 15 anos, tive a oportunidade de ser selecionado para o Programa de Bolsas de Iniciação Científica Júnior (PROBIC Jr) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), no qual participei durante todo o Ensino Médio, trabalhando em projetos relacionados ao Ensino de História (na época minha primeira opção era algum projeto relacionado à Química, mas não havia nenhum, então optei pela área de História, que também gostava bastante). Acredito que ter participado deste programa ampliou muito minha visão sobre a Universidade e contribuiu para que eu vislumbrasse cada vez mais a oportunidade de estar naquele espaço futuramente, enquanto estudante de uma graduação – ainda não definida em qual área.

Foram três anos de bastante conflitos internos, mas de grande aproximação da Química e da Matemática, tais quais foram minhas opções ao final do 3º ano do Ensino Médio. Escolhi Química por entender na época que eu poderia ir para um curso mais “aplicado” e com possibilidade de estudar Química e Matemática, o que eu mais gostava na escola até então. Fui aprovado para a modalidade Licenciatura e iniciei os estudos na UFJF em 2008, sem a convicção de que eu seria professor...

Logo nos primeiros semestres tive a certeza que estava no curso certo. Ao longo dos quatro anos da graduação me envolvi muito com as disciplinas específicas de Química, mas também com as pedagógicas, além de participar de diversos projetos de ensino, dentre os quais destaco o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) e a participação como mediador no Centro de Ciências da UFJF, tendo a oportunidade de vivenciar experiências com os mais diversos públicos e áreas do conhecimento. Concluí a graduação em 2011.

Logo na sequência (2012), iniciei os estudos no Mestrado, no âmbito do Grupo de Estudos de Educação Química da UFJF (GEEDUQ/UFJF), onde me dediquei a pesquisar sobre a formação de professores que lecionam a disciplina Ciências do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental e já me deparei com o tema Interdisciplinaridade, que muito me motivou enquanto pesquisador, mas que também começou a trazer perspectivas diferenciadas e que marcaram minha atuação profissional. Neste momento, faço uma pausa na trajetória acadêmica e apresento um relato das experiências profissionais.

No início de 2013 (segundo ano do Mestrado), iniciei minha trajetória enquanto professor de Química na Educação Básica, que se estenderia até meados de 2017. A primeira experiência foi justamente na escola onde estudei durante toda a Educação Básica, do 1º ano do Ensino Fundamental ao 3º ano do Ensino Médio. Nos mais de quatro anos que atuei na Educação Básica, procurei discutir com os estudantes não só a Química, mas a Ciência de forma geral, acredito que muito marcado pelo envolvimento com a Interdisciplinaridade. Assim, procurava sempre questionar os estudantes acerca do que estava sendo apresentado nas aulas e sobre possíveis articulações com outros conhecimentos e contextos. Lembro de um episódio em que comecei a aula falando a respeito da relação do vácuo com a ideia de átomo e a discussão foi parar em vida em outros planetas, questões envolvendo o Universo, distâncias, caminhos percorridos pela luz, enfim, por conta dos questionamentos dos estudantes e da percepção de que naquele momento os mesmos estavam se envolvendo no debate e apresentando concepções e questionamentos a respeito da Ciência.

Adicionalmente, percebia que as escolas e os professores acreditavam que o trabalho interdisciplinar poderia trazer novas perspectivas para os estudantes, mas sempre esbarravam em questões burocráticas e da própria formação, sendo esta última uma questão a qual eu estava me dedicando no mestrado, mas sem tanto aprofundamento.

Diante disso, ao terminar o trabalho de Mestrado, uma questão importante emergiu: é possível desenvolver um trabalho de formação na perspectiva interdisciplinar articulado a um projeto de pesquisa? Ainda neste contexto, no ano de 2014, surge a proposta do estado de Minas

Gerais denominada “Reinventando o Ensino Médio”, cujo objetivo era inserir temas relacionados ao mundo profissional por meio de novas disciplinas, aumentando a carga horária de cinco para seis aulas diárias. Uma das disciplinas chamava-se “Estudos Avançados em Ciências” e a Nanociência e Nanotecnologia era um tema a ser abordado na referida disciplina. Naquela época, juntamente com meu orientador, pensamos que este poderia ser um norte para o desenvolvimento de uma proposta de formação continuada na perspectiva interdisciplinar, uma vez que envolve conceitos de diversas disciplinas.

Considerando as reflexões apresentadas até o momento e vislumbrando a importância do investimento em ações de formação continuada pautadas na perspectiva interdisciplinar, a questão que moveu o desenvolvimento dessa pesquisa é: Como um processo de formação continuada para professores da área de Ciências da Natureza, estruturado na reflexão sobre uma temática que exige enfoque interdisciplinar, pode contribuir para a formação aspirando a atuação interdisciplinar?

O objetivo geral do trabalho foi compreender que elementos de processos de formação continuada desenvolvidos com professores em exercício, da área de Ciências Naturais, podem contribuir no sentido de formação para atuação interdisciplinar.

Os objetivos específicos:

- Avaliar o processo de apropriação de conhecimentos de professores sobre N&N e como os docentes avaliam a abordagem de tais conhecimentos para a Educação Básica;
- Elucidar a mobilização de saberes pelos professores ao longo da participação no processo de formação e investigar como tais saberes se articulam em direção à formação interdisciplinar;
- Compreender a relação de professores participantes do processo de formação com a interdisciplinaridade ao longo de sua trajetória de formação e atuação.

Portanto, os apontamentos acima me moveram a desenvolver este trabalho, o qual muito venho me dedicando desde o segundo semestre de 2014. Nos próximos parágrafos apresento a estrutura geral da tese, estruturada em cinco capítulos.

No segundo capítulo, *“Interdisciplinaridade: Aspectos Históricos, relações com a Educação Básica e com a Formação de Professores”*, apresentamos alguns aspectos ligados à presença da Interdisciplinaridade ao longo da história da humanidade, bem como à sua inserção no campo educacional, que a difere de outros campos, como o científico, por exemplo. Abordamos como ela se apresenta no âmbito do ensino de Ciências, além de apresentar uma

possibilidade para se compreender a formação de professores na perspectiva interdisciplinar. Finalizamos o capítulo trazendo nosso posicionamento em relação ao pensar sobre a formação de professores, no sentido de superação do modelo da Racionalidade Técnica.

O terceiro capítulo, *“Nanociência e Nanotecnologia: definições, potencialidades, controvérsias e relações com o ensino de Ciências”*, trata de conceitos envolvendo a Nanociência e Nanotecnologia (N&N), evidenciando-a como uma área interdisciplinar e que possibilita abordagens interdisciplinares, além de ser marcada por diversas controvérsias no campo científico. Também procuramos mostrar que a mídia, no que diz respeito à divulgação da N&N, valoriza mais os aspectos positivos do que os aspectos negativos, o que pode contribuir para a difusão de visões equivocadas sobre o assunto. Finalizamos o capítulo discutindo sobre possíveis relações com o ensino de Ciências, revelando algumas tendências observadas na literatura a respeito.

No capítulo 4, *Aspectos Metodológicos*”, apresentamos o contexto e os sujeitos da pesquisa, as estratégias de construção dos dados e os referenciais para análise dos resultados.

No quinto capítulo, *“O processo de formação continuada: experiências, desafios e impactos na formação docente interdisciplinar”*, apresentamos os resultados da investigação sobre os dois processos de formação continuada desenvolvidos, analisando a relação dos sujeitos com a N&N e a interdisciplinaridade antes e, principalmente, durante a participação nos cursos.

No sexto capítulo, *“A interdisciplinaridade e a abordagem de N&N na prática profissional das professoras”*, apresentamos uma análise sobre a prática de duas professoras, após terem participado do processo de formação continuada, bem como a relação das mesmas com a interdisciplinaridade ao longo da vida, procurando entender possíveis influências para a atuação das mesmas enquanto docentes. Por fim, tecemos algumas considerações acerca dos resultados desta investigação.

Concluimos o texto apresentando as considerações a partir dos resultados da pesquisa, procurando apontar limites e contribuições dos processos de formação e dos resultados da investigação.

## **2 INTERDISCIPLINARIDADE: ASPECTOS HISTÓRICOS, RELAÇÕES COM A EDUCAÇÃO BÁSICA E COM A FORMAÇÃO DE PROFESSORES**

### **2.1 AS POTENCIALIDADES DA FORMAÇÃO HUMANA PELA INTEGRAÇÃO DE CONHECIMENTOS**

Vivemos em um mundo no qual as especialidades vêm crescendo a cada instante. Se por um lado tal aumento vem sendo significativo para o desenvolvimento de várias áreas, por exemplo, as Ciências Naturais (Biologia, Física, Química), em contrapartida, muitos fenômenos não podem ser explicados a partir de um conjunto restrito de conhecimentos, que muitas vezes são pouco decisivos na identificação e resolução de diversos problemas, tais como: questões ambientais, as patologias, estudo e desenvolvimento de novos materiais, bem como às relações sociais. Dessa forma, torna-se forte o apelo para a formação de indivíduos mais preparados para lidar com os novos desafios, reforçando a necessidade de ações que valorizem aspectos como a coletividade, a inter-relação entre as áreas de conhecimento e também o desenvolvimento de novas perspectivas de interpretação da realidade em que vivemos.

Japiassu (1976), desde a década de 1970, discutia sobre os limites da excessiva fragmentação, afirmando que o crescimento dos campos de conhecimento vem gerando cada vez mais especializações, sendo, portanto, uma patologia do saber, onde cada vez mais avança-se nos conhecimentos, mas de forma fragmentada, distanciando-se da realidade. Georges Gusdorf<sup>1</sup>, no prefácio da obra de Japiassu (1976), exemplifica este problema olhando para a medicina moderna, que não estuda o homem como um todo, mas como “um homem em pedaços” e, quando há uma patologia, recorre-se a um especialista para analisar e diagnosticar o problema. Esta é a prática mais recorrente no mundo ocidental e em grande parte dos casos se mostra suficiente para atender boa parte das demandas da sociedade.

Entretanto, ainda recorrendo ao exemplo de Gusdorf, o ser humano pode ser compreendido como um conjunto complexo de variáveis, ou seja, é um sistema integrado, onde todas as partes estão relacionadas; dessa maneira, surgem problemas que os especialistas não estão preparados para enfrentar, ou sequer detectar, se tornando um grande desafio para as áreas de conhecimento e, conseqüentemente, para a humanidade.

---

<sup>1</sup> Georges Gusdorf (1912-2000) foi um filósofo e epistemólogo francês que foi um dos principais teóricos do século XX a apontar os limites da excessiva fragmentação do conhecimento para o desenvolvimento da humanidade. Foi aluno de Gaston Bachelard e também orientou Hilton Japiassu em seu doutorado.

Buscando alternativas de superação do cenário descrito anteriormente, Japiassu (1976), pioneiro na discussão sobre interdisciplinaridade no Brasil, defende a importância do desenvolvimento de abordagens marcadas pelo estabelecimento de relações entre as áreas de conhecimento, definindo este novo paradigma como Interdisciplinaridade. De acordo com o autor, tal paradigma possui diversos aspectos positivos, dentre os quais se destacam:

- Amplia a formação geral de todos que se engajam na pesquisa científica especializada;
- Prepara melhor os indivíduos para a formação profissional, que cada vez mais exige a contribuição de várias disciplinas;
- Assegura e desenvolve a educação permanente. (JAPIASSU, 1976, p. 33-34)

Czerniak (2006) aponta que por meio da interdisciplinaridade podem ocorrer aprendizagens mais efetivas de conceitos científicos, visto que o mundo real não é dividido em disciplinas. Além disso, apresenta trabalhos que trazem argumentos de cunho psicológico, defendendo que a aprendizagem do ser humano não ocorre por fragmentos de informação, e sim por padrões e conexões (BEANE, 1996 apud CZERNIAK, 2006). Defende ainda que um currículo planejado de forma integrada permite aprendizagem mais abrangente acerca do mundo ao nosso redor, levando à construção de um pensamento mais crítico e complexo.

A partir da crítica aos caminhos trilhados pela sociedade, pode-se perceber o crescimento do interesse de diversas esferas no campo da produção de conhecimentos e de formação de profissionais no que concerne à busca de alternativas e estratégias que buscam um olhar diferenciado para as diversas questões do mundo contemporâneo, considerando que as contribuições coletivas e com alto nível de integração podem ser mais efetivas para a abordagem de questões mais complexas, como algumas apresentadas no início da seção.

Por exemplo, em uma rápida análise dos laureados com o Prêmio Nobel<sup>2</sup>, excluindo a área de Literatura, podemos perceber que, ao longo dos anos, em média, as premiações individuais começam a dar lugar para grupos ou organizações, compostos tanto por indivíduos da mesma área de pesquisa e também oriundos de diversos campos de atuação, sugerindo a importância da coletividade e de diversas ideias para a construção de novos conhecimentos. Vale levantar o questionamento: poderia ser este um indício das críticas à excessiva fragmentação do conhecimento? Acreditamos ser uma indagação inicial, que exige análise com maior profundidade, porém, se mostra interessante no sentido de se pensar a

---

<sup>2</sup> <https://www.nobelprize.org/> - acesso em 23/04/2019.



interdisciplinaridade e a integração de conhecimentos como possíveis fatores de um paradigma contrário à excessiva fragmentação.

No campo da saúde, é possível encontrar trabalhos e ações que visam contribuir para uma formação menos individual e fragmentada de profissionais (MOTTA e AGUIAR, 2007; LUZ, 2009). Também existem iniciativas nesta direção na formação de engenheiros (MAINES, 2001; FERNANDES; FLORES; LIMA; 2010). No âmbito das Ciências Sociais, Frigotto (2008, p. 3) aponta que

O caráter necessário do trabalho interdisciplinar na produção e na socialização do conhecimento no campo das ciências sociais e no campo educativo que se desenvolve no seu bojo, não decorre de uma arbitrariedade racional e abstrata. Decorre da própria forma do homem produzir-se enquanto ser social e enquanto sujeito e objeto do conhecimento social.

Desta forma, é perceptível o envolvimento de diversas áreas de conhecimento com o paradigma interdisciplinar, que apresenta potencial relevante no contexto atual. Vale destacar que, no campo da Educação, esta é uma discussão que já vem sendo consolidada ao longo dos anos e teceremos discussões específicas nas próximas seções deste capítulo.

Em contrapartida às contribuições apresentadas, existem críticas à interdisciplinaridade, no que diz respeito à desvalorização dos campos de conhecimento, o que pode resultar em um modelo de formação “reducionista” (FERREIRA, 2012), além de questões como: dificuldades na organização, gestão e coordenação dos processos de pesquisa; problemas de linguagem e de comunicação entre sujeitos; dificuldades na construção do processo de pesquisa (TEIXEIRA, 2004).

Entendemos que a perspectiva interdisciplinar não deve ser entendida como uma imposição, tampouco deve desvalorizar os conhecimentos específicos de cada área pois “a interdisciplinaridade se desenvolve a partir do desenvolvimento das próprias disciplinas” (FAZENDA, 2011, p. 29). Adicionalmente, a perspectiva interdisciplinar amplia a possibilidade do surgimento de novas interpretações sobre fenômenos do nosso mundo, independentemente de sua natureza.

Terminamos esta seção defendendo que a interdisciplinaridade se apresenta como um caminho interessante para abordagem de questões já existentes e também daquelas que emergem com o avanço do conhecimento, podendo contribuir, ainda, para o desenvolvimento de novos conhecimentos. Discutiremos na sequência a respeito da evolução da interdisciplinaridade ao longo da história, bem como no campo educacional.

## 2.2 INTERDISCIPLINARIDADE – BREVE HISTÓRICO

Do ponto de vista histórico, Santomé (1998) aponta que já na Antiguidade Clássica alguns filósofos almejavam a abordagem do conhecimento em sua totalidade. Os gregos, por exemplo, desenvolviam programas nos quais se pretendia uma educação mais geral, por grupos de conhecimento

Os sofistas gregos ainda foram responsáveis pelo estabelecimento de uma *enkuklios paidéia*, uma espécie de currículo de ensino que proporcionava aos alunos um exame geral das disciplinas constitutivas da ordem intelectual e que, posteriormente, na época medieval, manifestou-se através da divisão do conhecimento em dois grandes segmentos: o *trivium* (gramática, retórica e dialética) e o *quadrivium* (aritmética, geometria, astronomia e música), que juntos representaram o papel de programas pioneiros de um ensino integrado que agrupa os âmbitos do conhecimento tradicionalmente denominados letras e ciências. (CARLOS, 2007, p. 24)

Ainda no sentido de educação mais generalista, têm-se registros da Escola de Alexandria, instituição que possuía compromisso com a integração de conhecimentos de várias naturezas (CARLOS, 2007). Vale destacar que naquele contexto o conhecimento não era abordado com as características que observamos a partir da Idade Moderna até os dias atuais, em um modelo fortemente pautado na divisão em áreas de conhecimento ou disciplinas cada vez mais específicas. Este modelo ganha força com o advento de novas formas de pensamento e de produção de conhecimento, principalmente ligadas aos ideais positivistas, tendo como seu principal difusor René Descartes<sup>3</sup> (SANTOMÉ, 1998; GERHARD e ROCHA-FILHO, 2012).

Neste contexto de ascensão da perspectiva positivista e de sua influência no avanço da fragmentação do conhecimento, Comenio<sup>4</sup> posicionava-se contra tal modelo, defendendo a unidade de conhecimentos

[...] outro grande pensador e pedagogo tcheco Jean Amos Komenski (Comenio) havia denunciado com vigor, em 1637, o escândalo da fragmentação do saber em disciplinas sem que haja união de umas com as outras (*dilaceratio scientiarum*); o remédio para este esfacelamento interno seria a pedagogia da unidade (*pansophia*). CARLOS, 2007, p. 26).

---

<sup>3</sup> René Descartes (1596-1690) foi um estudioso francês que desenvolveu trabalhos em Filosofia, Epistemologia, Ciências Naturais e Matemática. É reconhecido principalmente por ter contribuído para o desenvolvimento do Racionalismo e da ideia de que a partição de um conhecimento em fragmentos menores para estudo mais aprofundado desses fragmentos pode contribuir para a compreensão do todo.

<sup>4</sup> Jan Amos Komenský, mais conhecido como Comenio (1562-1670) foi um bispo protestante checo reconhecido principalmente pela preocupação com a Educação, apoiando o acesso das mulheres e dos mais pobres à Educação e criticando o ensino pela memorização, sendo considerado um dos fundadores da didática moderna.

Outra perspectiva de resistência à fragmentação do conhecimento historicamente reconhecida foi o movimento dos enciclopedistas, no âmbito do Iluminismo. Tal projeto visava a reunião de conhecimentos em materiais cada vez mais condensados, em uma perspectiva que ultrapassasse a simples justaposição de conhecimentos, buscando organizá-los de maneira a estabelecer relações entre os mesmos, com a pretensão de evidenciar aspectos em comum entre os diversos conhecimentos (CARLOS, 2007).

Entretanto, apesar de movimentos contrários à fragmentação de conhecimentos, este modelo (ou forma de abordagem de conhecimentos) ganhou ainda mais força nos séculos seguintes (XVIII, XIX e XX), de forma que predomina em nossa sociedade até os dias atuais. Como exemplo, podemos citar a própria organização das Universidades, que, apesar de serem espaços caracterizados pela multiplicidade de conhecimentos, é fortemente marcada pela departamentalização, ou seja, pela separação dos campos de conhecimento em grupos cada vez menores. Outro exemplo, em termos de organização do conhecimento, está relacionado à partição de uma área em outras áreas, e assim sucessivamente; encontramos tal organização no campo da Química; ao acessar a página da Sociedade Brasileira de Química<sup>5</sup> (SBQ) encontramos 13 subdivisões, com tendência ao aumento.

Esse breve fluxo da educação formal exemplifica o modelo estandardizado desde o início da Revolução Industrial culminando num cenário de mais de 2.000 disciplinas na passagem do século XX para o XXI, em comparação as sete disciplinas mestras no fim da Idade Média. (SOUZA, 2017, p. 59).

Considerando as diversas limitações do paradigma de fragmentação em pleno desenvolvimento, o século XX é marcado por movimentos de oposição ao modelo vigente de organização da sociedade e do conhecimento. Fazenda (2011) afirma que surgem movimentos estudantis na Europa na década de 1960, com foco na crítica a organização das universidades, principalmente da Itália e da França. A autora caracteriza tais movimentos como “movimento da interdisciplinaridade”, centrado na

[...] oposição à alienação da Academia às questões da cotidianidade, às organizações curriculares que evidenciavam a excessiva especialização e a toda e qualquer proposta de conhecimento que incitava o olhar do aluno numa única, restrita e limitada direção, a uma patologia do saber. (FAZENDA, 2011, p. 19)

---

<sup>5</sup> <http://www.s bq.org.br/divisoes-cientificas> - acessado em 10/12/2018.

A partir do início da segunda metade do século XX, teve início um grande movimento em escala global, voltado ao desenvolvimento das questões relacionadas à interdisciplinaridade, de maneira que atualmente este termo é amplamente difundido na sociedade. Entretanto, tal “difusão” vem contribuindo para a pluralidade de interpretações e perspectivas para a interdisciplinaridade.

A palavra interdisciplinaridade atravessou fronteiras e, atualmente, dá a volta ao planeta. Esta palavra é utilizada tanto na *francofonia* (países cuja língua oficial é o francês), nos países germano-escandinavos, nos países anglo-saxônicos como nos países de língua espanhola ou portuguesa. Da Nova Zelândia ao Japão, de Portugal à Noruega, do Chile ao Canadá, o termo tem uma utilização corrente. Poderíamos crer, à primeira vista e, sem dúvida, de uma maneira um pouco ingênua, que este termo é portador de um sentido socialmente compartilhado pelo conjunto de seus utilizadores, e que se caracteriza por perspectivas comuns tanto no plano da pesquisa em educação como no plano da formação de professores. Uma tal apreensão corre o risco de ser fonte de sérias más interpretações. (LENOIR, 2005, p. 2)

Portanto, cabe destacar que não existe um consenso no entendimento a respeito do termo, conferindo-o como polissêmico (BERTI, 2007). Adicionalmente, vários outros termos foram criados a partir do envolvimento de pesquisadores com a temática, ampliando este campo de pesquisa, mas também contribuindo para a polissemia observada. Neste contexto, são recorrentes termos como: mutidisciplinaridade, pluridisciplinaridade, transdisciplinaridade, complexidade, indisciplinaridade, entre outros. Todos epistemologicamente caracterizados pela busca da superação da perspectiva da fragmentação (de conhecimentos, da própria formação humana, da formação profissional, entre outras).

Destacamos que não é nosso objetivo tecer discussões a respeito dos diversos posicionamentos e caracterização dos termos acima citados, pois pretendemos uma discussão mais ampla, estabelecendo um movimento de compreensão da interdisciplinaridade enquanto perspectiva que poderia nortear a sociedade como um todo e como esta vem sendo caracterizada e entendida no campo educacional, onde este trabalho se insere.

Assim, nossa compreensão acerca da interdisciplinaridade aproxima-se de uma visão em que “a interdisciplinaridade constitui uma articulação de várias disciplinas em que o foco é o objeto, o problema ou o tema complexo”. (MINAYO, 2010, p. 436). Além disso, defendemos que a interdisciplinaridade não pode ser entendida como um método para a compreensão do objeto em questão, mas como um processo, com ações diversas e intencionais, que estimulem a criatividade, buscando articulação de ideias tanto na concepção de um objeto, como em sua abordagem.

Por exemplo, ao propor o estudo do tema pilhas e baterias (em ambiente formal ou informal de ensino, numa perspectiva que supere o foco somente em conteúdos específicos e se aproxime da perspectiva da formação do cidadão), a primeira questão que se coloca é: será que somente conhecimentos químicos e físicos são capazes de permitir uma abordagem ampla deste? Em nosso ponto de vista, o objeto de discussão (pilhas e baterias) não pode ser abordado apenas por uma área de conhecimento (Química), devido à emergência de diversas outras questões como: as relações entre tecnologia e sociedade; problemas ambientais; a questão do consumismo; impactos econômicos; exploração de recursos naturais; outras fontes energéticas. A compreensão do objeto exige, portanto, diversos olhares e as possíveis decisões a serem tomadas envolvem uma complexa rede de fatores, que precisam ser tratados, inclusive, em nível de julgamento de valor.

Apresentado o nosso ponto de vista inicial, buscaremos na sequência apresentar como a interdisciplinaridade se coloca na sociedade e como vem sendo interpretada no campo educacional.

### 2.3 INTERDISCIPLINARIDADE E SUAS IMPLICAÇÕES NA SOCIEDADE

Conforme abordado até o momento, interdisciplinaridade é um termo contemporâneo, entretanto, a ideia de abordagens integradas remete à Antiguidade (SANTOMÉ, 1998; CARLOS, 2007). O conceito de interdisciplinaridade surge a partir da segunda metade do século XX, no âmbito das discussões acadêmicas (LENOIR, 2005; FAZENDA, 2011), em um contexto de questionamentos de diversos paradigmas até então considerados inabalados, dentre eles a visão da Ciência como verdade absoluta, a complexidade dos problemas que se apresentavam e continuam se apresentando para a sociedade e aspectos relativos à formação humana e profissional. Lenoir (2005) caracteriza estes três grandes eixos:

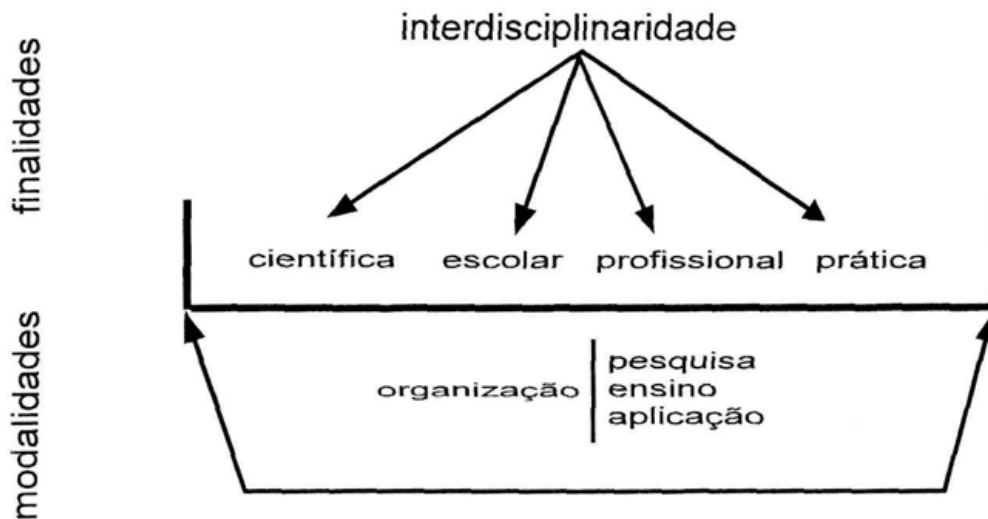
Primeiramente, o questionamento de certezas que a ciência havia admitido até então e a expansão da qual esta gozou conduziu a uma interrogação epistemológica que consistiu em explorar novamente as fronteiras das disciplinas científicas e suas zonas intermediárias num cuidado em organizar os saberes científicos e em evitar a sua fracionalização.

Em segundo lugar, num mundo em profunda convulsão, manifestou-se um questionamento social que ultrapassou o simples questionamento da organização dos estudos para colocar o problema do sentido da presença do ser humano no mundo e para tentar integrar os saberes disciplinares colocando-os em função de um processo de apreensão de um real em mutação e de resolução dos problemas do mundo contemporâneo, caracterizados por sua extrema complexidade.

[...] Quanto ao terceiro grande eixo, ele está em ligação direta com a atividade profissional cotidiana que é fortemente ampliada e remete às necessidades das sociedades industriais e ao fenômeno da mundialização. (p. 6-7).

Ou seja, na perspectiva apresentada por este autor, a emergência da interdisciplinaridade está intrinsecamente ligada ao nível de desenvolvimento alcançado pela humanidade, que já não comporta somente abordagens especializadas no campo de construção de conhecimento, das relações sociais e de formação profissional. Destas perspectivas, o próprio autor, em outros trabalhos (LENOIR, 1998; 2013), aponta quatro campos de aplicação da interdisciplinaridade e as formas de acesso (ou investigação) em cada perspectiva, conforme apresentado na figura 1.

Figura 1: campos de aplicação da interdisciplinaridade e suas formas de abordagem.



Fonte: LENOIR, 1998.

Neste modelo, o autor sugere que a interdisciplinaridade pode ser pensada a partir de quatro finalidades distintas (científica, escolar, profissional e prática) e que em qualquer um dos campos de operacionalização pode ser investigado (pesquisa), ensinado (ensino) ou praticado (aplicação). Vale destacar aqui que o nosso entendimento no que diz respeito ao uso dos termos “finalidades” e “modalidades” é o oposto do apresentado na figura, ou seja, as modalidades se referem à interdisciplinaridade científica, escolar, profissional e prática, enquanto as finalidades se referem ao ensino, pesquisa e aplicação.

No que concerne à interdisciplinaridade prática, Lenoir (2013) destaca que esta

refere-se a conhecimentos técnicos práticos ou aspectos processuais da vida cotidiana, utilizados na vida cotidiana, mas também por pessoas que trabalham em profissões relacionais, como enfermeiros, médicos, professores, trabalhadores e assim por diante. (p. 228, tradução nossa).

Ainda de acordo com o autor, este campo de aplicação da interdisciplinaridade é caracterizado por conhecimentos adquiridos pela experiência cotidiana e possui caráter instrumental, ou seja, auxiliando na resolução de problemas na medida em que os mesmos emergem. Como exemplos, podemos citar a atividade de um mecânico ou mesmo de um motorista de ônibus, que lidam com diversas situações ao longo de seu dia-a-dia e vão construindo conhecimentos a partir de suas experiências e possivelmente recorrendo aos mesmos - aliados a outros conhecimentos – para a resolução de questões que se colocam durante sua atuação profissional (LENOIR, 2013).

Já a interdisciplinaridade profissional pode ser confundida com a interdisciplinaridade prática, porém, difere-se fundamentalmente desta e das outras pelo fato de estar presente no plano da formação profissional, ou seja, da formação do engenheiro, do advogado, do professor, do historiador, por exemplo. Para Lenoir (2013, p. 229) “qualquer formação profissional requer a integração de um conjunto de abordagens e conhecimentos orientados para desenvolver as habilidades profissionais necessárias pela profissão em questão” (tradução nossa). Nesta perspectiva, percebemos que, de certa forma, todas as profissões exigem enfoques tanto disciplinares quanto interdisciplinares; portanto, são necessárias ações de formação que contemplem as duas abordagens.

A interdisciplinaridade científica tem como objeto o conhecimento científico e seu compromisso está ligado à produção de novos conhecimentos, ou seja, implica a noção de pesquisa, partindo da identificação dos limites das disciplinas (ou em áreas de conhecimento, de forma geral) visando o preenchimento de lacunas entre as mesmas, o que pode levar à criação de novas disciplinas. (LENOIR, 1998; 2005).

Por fim, a interdisciplinaridade escolar tem como objetivo

a disseminação do conhecimento científico e o treinamento de atores sociais através da criação das condições mais adequadas para incentivar e apoiar o desenvolvimento de processos integrativos e a apropriação do conhecimento como produto cognitivo entre os estudantes, o que requer desenvolvimento de saberes escolares nos planos curricular, didático e pedagógico. (LENOIR, 2013, p. 229, tradução nossa).

Este campo de aplicação distingue-se dos demais por estar ligado ao campo de difusão de conhecimentos para a população, ou seja, no âmbito da formação geral da população, que ocorre predominantemente nos espaços escolares. Neste espaço, não se visa especificamente a formação pela experiência, a formação profissional, tampouco a formação científica, apesar de entendermos que tais modalidades perpassam de algum modo pelo cenário escolar.

Considerando os quatro campos de aplicação anteriormente definidos, percebemos que no contexto brasileiro, desde a chegada das discussões sobre interdisciplinaridade, dois destes vem ganhando maior destaque, de maneira que consideramos importante tecer maiores discussões a respeito de ambos e das possíveis relações entre os mesmos, a saber: interdisciplinaridade científica e interdisciplinaridade escolar.

## 2.4 INTERDISCIPLINARIDADE CIENTÍFICA X ESCOLAR: APROXIMAÇÕES E DISTANCIAMENTOS

Os movimentos estudantis na Europa na década de 1960 (FAZENDA, 2011), juntamente com as novas demandas apresentadas pela sociedade de forma geral (LENOIR, 2005; 2013), contribuíram para a ascensão desta forma de abordagem do conhecimento. Por estar ligado ao ambiente acadêmico principalmente, o campo científico teve maior desenvolvimento inicialmente, sendo, inclusive, o foco das primeiras críticas de pesquisadores como Japiassu (1976).

No Brasil, dois grandes pesquisadores, após vivenciarem as discussões sobre interdisciplinaridade na Europa, começam a difundir seus estudos e a desenvolver pesquisas nos campos científico e escolar: Hilton Japiassú e Ivani Fazenda, respectivamente.

Japiassu (1976), partindo de um olhar mais ligado à Filosofia e criticando à excessiva fragmentação do saber, advoga que a interdisciplinaridade deve ser pautada no aspecto de colaboração entre os diversos campos da Ciência (ou disciplinas científicas), de maneira que haja enriquecimento mútuo. O autor também busca estabelecer uma compreensão a respeito da interdisciplinaridade (no campo científico)

[...] Podemos dizer que nos reconhecemos diante de um empreendimento interdisciplinar todas as vezes em que ele conseguir incorporar os resultados de várias especialidades, que tomar de empréstimo a outras disciplinas certos instrumentos e técnicas metodológicos [...] (JAPIASSU, 1976, p. 75).

Dessa forma, a ênfase está na transferência de métodos de uma especialidade para outra, o que leva a troca de conhecimentos e ao enriquecimento mútuo dos envolvidos neste processo, seja a produção de novos conhecimentos, bem como a formação dos sujeitos/pesquisadores.

Já Ivani Fazenda, partindo de uma perspectiva mais ligada à formação humana e ao campo educacional, conjectura



Assim como a interdisciplinaridade torna-se a grande responsável pelo movimento de redimensionamento teórico das ciências e pela revisão dos hábitos de pesquisa, ela poderia constituir-se naquela que propugnaria novos caminhos para a educação (FAZENDA, 2011, p. 23).

De fato, esta pesquisadora vem dedicando sua carreira, desde a década de 1970, ao trato com as questões envolvendo interdisciplinaridade na perspectiva escolar, ou educacional de forma mais abrangente. Em sua visão, a interdisciplinaridade pode ser compreendida como um processo e não como produto (FAZENDA, 2011), sendo que tal processo objetiva a construção de uma atitude interdisciplinar. Outra importante diferença, é que “interdisciplinaridade não é categoria de conhecimento, mas de ação” (FAZENDA, 2011, p. 28). Em síntese, na visão desta renomada pesquisadora e professora, a interdisciplinaridade deve se manifestar em ações que visam a construção de uma postura interdisciplinar, considerando o processo formativo de cada indivíduo, pois “Poder observar sob variadas óticas vai despertando no investigador o gosto pela dúvida, pela pesquisa, incitando-o a percorrer novos caminhos teóricos para explicitação do real” (FAZENDA, 2011, p. 29).

A interdisciplinaridade no campo científico precede as discussões no campo escolar. Esta é uma questão que ao longo das últimas décadas vem gerando diversos debates com pluralidade de interpretações, podendo ser considerada como um dos limites para o pleno desenvolvimento de abordagens interdisciplinares na escola. A respeito disso, Carlos (2007, p. 34) afirma que

O modismo decorrente da rápida e superficial assimilação da interdisciplinaridade no sistema educacional brasileiro ainda perdura até hoje. Podemos até afirmar que se tornou um jargão no meio educacional, pois a interdisciplinaridade aparece com muita frequência no discurso de professores, em projetos pedagógicos e planos de curso. Entretanto, a prática da interdisciplinaridade amiúde resulta em conquistas aquém das expectativas e, além disso, a execução, controle e avaliação das iniciativas interdisciplinares apresentam dificuldades que desafiam e, muitas vezes, desanimam os professores. Conforme afirma Lück (1995), diante desses desafios e incertezas, os educadores mostram-se resistentes e inertes. E, embora aprovelem intelectualmente a necessidade da ação interdisciplinar para uma construção mais integrada do conhecimento, não se propõem a romper as barreiras da ação, incorporando assim o termo "interdisciplinaridade" ao seu vocabulário, sem que se busque seu exercício de forma mais compromissada. E tudo isso contribui para o "modismo" associado ao termo. (CARLOS, 2007, p. 34)

Na busca por indícios que auxiliem a compreender o “modismo” apontado por Carlos (2007) ou mesmo as dificuldades na implementação de abordagens interdisciplinares na escola, optamos por apresentar uma interpretação que deriva dos campos histórico e epistemológico.

Do ponto de vista histórico, as discussões sobre interdisciplinaridade chegam ao Brasil na década de 70, através de Hilton Japiassu inicialmente e de Ivani Fazenda, conforme já apontado. Portanto, a perspectiva científica é a que primeiro se destaca em nosso país. Adicionalmente, as discussões trazidas por Japiassu advêm do contexto europeu, mais especificamente da França, onde cursou seu doutorado. Naquele momento, o movimento da interdisciplinaridade fervilhava na Europa, e as discussões caminhavam em um sentido mais ligado à definição conceitual (FAZENDA, 2011).

Naquele contexto (década de 1970), o Brasil vivenciava um governo ditatorial que sucedia um momento de grande agitação política e de desenvolvimento industrial. Tal período foi marcado por inúmeros movimentos estudantis nas mais diversas esferas educacionais, mas principalmente nas universidades. Vale destacar ainda que, em termos globais, a Guerra Fria impulsionava o desenvolvimento científico e tecnológico.

Ainda naquele período, em pleno desenvolvimento industrial e com a crescente demanda por mão de obra qualificada, crescia a necessidade de investimentos em Educação no Brasil, que vinha se ampliando desde a década de 1930 (KRASILCHIK, 1987; SILVA, 2014). Além disso, ainda na década de 1970, Ivani Fazenda iniciava suas pesquisas no campo educacional e a interdisciplinaridade se difundia cada vez mais nas diversas esferas da sociedade.

Tendo em vista os aspectos supracitados, nos parece que a década de 1970, no Brasil, reunia condições para o estabelecimento de relações entre o campo científico e o educacional - principalmente pela grande demanda de formação de professores na área de Ciências Naturais (KRASILCHIK, 1987) - e que a chegada da interdisciplinaridade no campo educacional pode ter sido influenciada por esta aproximação, uma vez que o contexto oferecia condições oportunas para a difusão do termo (movimentos estudantis nas universidades, momento político, industrialização, ampliação das políticas de educação).

Do ponto de vista epistemológico, ou seja, dos aspectos que delimitam os campos científico e educacional, Lavaqui e Batista (2007) apontam que não é possível transpor de maneira simples de um campo para outro, por exemplo, o entendimento sobre interdisciplinaridade, pois há diversos fatores que limitam tal transferência, uma vez que

[...] entendemos que algumas questões importantes necessitam ser esclarecidas para se abordar a temática quando tomada como uma ação educativa: a distinção entre a interdisciplinaridade na pesquisa científica e na Educação Escolar; a compreensão dos fundamentos teórico-metodológicos de propostas que objetivam a implementação dessa prática no meio escolar, e a compreensão das características específicas da interdisciplinaridade escolar. (p. 407)

Lenoir (1998) nos ajuda a compreender diversos aspectos que caracterizam a interdisciplinaridade nos campos científico e escolar, e conseqüentemente reforça a impossibilidade de uma simples transposição conceitual. Um primeiro aspecto está ligado às finalidades, conforme apresentado no quadro 1.

Quadro 1: Finalidades da interdisciplinaridade científica e escolar.

<b>Finalidades</b>	
<b>Interdisciplinaridade científica</b>	<b>Interdisciplinaridade escolar</b>
<p>Tem por finalidade a produção de novos conhecimentos e a resposta às necessidades sociais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pelo estabelecimento de ligações entre as ramificações da ciência;</li> <li>- pela hierarquização (organização das disciplinas científicas);</li> <li>- pela compreensão de diferentes perspectivas disciplinares, restabelecendo conexões sobre o plano comunicacional entre os discursos disciplinares.</li> </ul>	<p>Tem por finalidade a difusão do conhecimento (favorecer a integração de aprendizagens e conhecimentos) e a formação de atores sociais:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- colocando-se em prática as condições mais apropriadas para suscitar e sustentar o desenvolvimento dos conhecimentos com os alunos; isso requer uma organização dos conhecimentos escolares sobre os planos curriculares, didáticos e pedagógicos;</li> <li>- pelo estabelecimento de ligações entre teoria e prática;</li> <li>- pelo estabelecimento de ligações entre os distintos trabalhos de um segmento real de estudo.</li> </ul>

Fonte: ADAPTADO DE LENOIR, 1998.

Nota-se, portanto, que a interdisciplinaridade nos campos científico e escolar possui objetivos completamente diferentes, sendo que no primeiro caso o objetivo primordial é produzir novos conhecimentos a partir da relação entre diversas áreas do conhecimento, auxiliando, por exemplo, na resolução de problemas emergentes, enquanto no plano educacional, o objetivo é a difusão de conhecimentos e também a formação cidadã, humana e pessoal.

Outro aspecto levantado por Lenoir (1998) diz respeito ao objeto de estudo de cada campo, o que, conseqüentemente, leva a diferentes compreensões de interdisciplinaridade.

Em relação ao objeto de estudo presente em cada uma das perspectivas de interdisciplinaridade – científica e escolar – pode-se perceber que estes diferem quanto à concepção de disciplina. A visão de disciplina científica está intimamente relacionada a um conjunto de conhecimentos bem específicos e que apresenta sua lógica de estruturação interna, com a utilização de métodos próprios de investigação, destinando-se a fazer avançar, por meio das pesquisas, o conhecimento em uma área específica.

Por outro lado, uma disciplina escolar, mesmo que utilize conhecimentos advindos das disciplinas científicas, não se apresenta como cópia daquelas e, também, não é apenas o resultado de uma transposição didática (LENOIR, 1998), mas se coloca como uma forma propícia a que os estudantes venham

realizar a aquisição de conhecimentos específicos e outras formas de saber que ajudem a eles a se desenvolverem nos aspectos cognitivos, afetivos e sociais, dentre outros (LAVAQUI; BATISTA, 2007, p. 408).

Recorre-se ao conceito de transposição didática para compreender as diferenças entre o campo científico e o escolar; de maneira análoga, a interdisciplinaridade necessita ser compreendida de formas diferentes frente aos dois campos. Ou seja, o que se quer dizer é que não devemos confundir o campo de pesquisa científica “matemática” com a respectiva disciplina escolar, por exemplo.

Um terceiro aspecto a ser considerado diz respeito às modalidades de aplicação. Lenoir (1998) aponta que a interdisciplinaridade científica implica a noção de pesquisa, tendo o conhecimento como sistema de referência; já a interdisciplinaridade escolar implica a noção de ensino e tem como referência o sujeito aprendiz e sua relação com o conhecimento; conseqüentemente, cada modalidade possui distintos sistemas de referência: o retorno à disciplina científica (saber sábio) e à disciplina escolar, que não se restringe às Ciências (LENOIR, 1998).

Nesse contexto, vale lembrar as visões de Japiassu (1976) e Fazenda (2011) a respeito da interdisciplinaridade, uma vez que o debate suscitado exemplifica ambos os posicionamentos. Enquanto Japiassu (1976) destaca a interdisciplinaridade como transferência de métodos e técnicas de uma disciplina para a outra - o que claramente faz referência à noção de pesquisa -, Fazenda (2011) articula suas ideias no plano da ação, como parte de um processo de formação da atitude interdisciplinar<sup>6</sup>, a ser desenvolvida no âmbito da escola, mas que deve ser ampliado ao longo da vida de cada indivíduo.

O último aspecto apontado por Lenoir (1998) diz respeito às conseqüências do desenvolvimento da interdisciplinaridade nos campos científico e escolar. No primeiro campo, tem-se a possibilidade de desenvolvimento de novas disciplinas e de realizações tecnocientíficas; já no campo escolar, a interdisciplinaridade leva ao estabelecimento de relações de complementaridade entre as disciplinas escolares.

Em síntese, podemos inferir que o campo científico e o escolar possuem diversas especificidades que os definem enquanto áreas/campos de aplicação; conseqüentemente, a compreensão e inserção da perspectiva interdisciplinar deve ser completamente diferente em

---

<sup>6</sup> A atitude interdisciplinar pressupõe a mudança de postura no que diz respeito ao olhar sobre o problema do conhecimento, ou seja, exige a superação da tendência à fragmentação, ao isolamento em direção à coletividade, ao reconhecimento de nossa incompletude para abordagem das questões emergentes e à valorização da reciprocidade (FAZENDA, 2011).

ambos, apesar do ponto de partida ser a crítica à excessiva fragmentação. Portanto, em termos epistemológicos, a interdisciplinaridade se caracteriza de maneira distinta nos dois campos e existe uma incompatibilidade que impede a simples transferência do conceito de um campo para o outro. Assim, acreditamos que o entendimento das possibilidades da interdisciplinaridade em cada campo de aplicação, ainda pouco debatido na década de 1970, pode ter influenciado a apropriações equivocadas no campo educacional, levando ao modismo e às dificuldades de abordagem apontadas por diversos autores, conforme destacam Carlos (2007), Lavaqui e Batista (2007) e Fazenda (2011).

Todas as discussões realizadas nesta seção tiveram como objetivo diferenciar a interdisciplinaridade nos campos científico e educacional, de maneira a possibilitar-nos adentrar nas discussões específicas do campo educacional, às quais este trabalho se dedica. Portanto, partimos de um cenário em que a interdisciplinaridade “se torna palavra de ordem na Educação” (FAZENDA, 2011), sendo transposta de formas amiúde deformadas mas que, apesar destas limitações, vem ganhando força e destaque no cenário educacional ao longo das últimas décadas (principalmente a partir da década de 1990) com implicações nas orientações curriculares para a Educação Básica e também nos cursos de formação de professores.

Assim, partimos da motivação que se coloca frente ao entendimento da escola e organização de pesquisas neste campo, apontada por Fazenda (2011, p. 62)

A tendência em olhar a sala de aula sob uma única e determinada perspectiva acarreta sérias limitações, quer no referente às análises, quer nas sínteses enunciadas. A limitação disciplinar a que essas teorias se filiam impede uma visão multiperspectival dessa polifacetada realidade denominada sala de aula e, por conseguinte, fragiliza a evolução da ciência escolar atual.

Entendemos que o campo educacional configura-se como aquele no qual o principal objetivo é a formação geral dos sujeitos, por meio de ações que ofereçam condições dos mesmos se desenvolverem enquanto atores sociais. Tal desenvolvimento perpassa, pelo menos, por um nível intelectual (construção de conhecimentos de diversas áreas de conhecimento, como a matemática, sociologia, história, química, política), o nível físico (habilidade motoras), o social (relações interpessoais, convívio em sociedade, o respeito) e um nível relacionado ao desenvolvimento de habilidades para o mundo do trabalho.

O alcance de tal objetivo está condicionado, dentre diversos fatores, à organização escolar (física e pedagógica) e à formação de profissionais na área educacional (professores, gestores e afins). Consequentemente, ao se pensar a interdisciplinaridade no campo educacional, além das finalidades, objetos, sistema de referência e consequências, devemos ter em mente também

aspectos como: a organização física, curricular, pedagógica e a formação dos profissionais que lá atuam. Para mais, será que estes aspectos se articulam? Como? Ou seja, a escola se caracteriza como uma instituição interdisciplinar? Este é um debate deveras importante e implica numa profunda reflexão filosófica a respeito do alcance da formação interdisciplinar dos estudantes que frequentam o espaço escolar e merece maiores investigações. Por enquanto, iremos nos restringir às práticas que já acontecem neste espaço, dando maior ênfase à formação de professores, objeto maior que motiva esta pesquisa.

Considerando o campo educacional dotado de complexidade, como apontado anteriormente, e que este trabalho tem como finalidade abordar a interdisciplinaridade na perspectiva do Ensino de Ciências, dedicamos a próxima seção para discussão sobre como este tema vem sendo abordado no referido campo. Portanto, faz-se importante esclarecer o movimento trilhado ao longo deste capítulo, partindo de discussões mais gerais a respeito da interdisciplinaridade; passando por aspectos históricos; campos de aplicação e restringindo a discussão para o campo científico e o escolar; posteriormente, delimitando o Ensino de Ciências como o campo de interesse e finalizando o capítulo com uma discussão teórica a respeito da formação de professores.

## 2.5 INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ECOS, CONSTATAÇÕES E PERSPECTIVAS

De acordo com Augusto et. al. (2004), no Brasil, a interdisciplinaridade começa a se manifestar mais intensamente no campo educacional e no ensino de Ciências a partir da década de 1990, com a promulgação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para a Educação Básica. Àquela época, o paradigma interdisciplinar já conquistara relativo espaço na sociedade e apresentava-se como um caminho possível para a educação (FAZENDA, 2011), tendo em vista as limitações da organização disciplinar

Em termos de ensino, esse paradigma [interdisciplinaridade] é oriundo da falácia da organização curricular por disciplinas tradicionais, que gera um acúmulo de informações, mas pouca contribuição para a vida pessoal e profissional. Esse paradigma tem como base a ideia de que o conhecimento é complexo e, portanto, não pode ser apreendido em sua essência por meio de suas partes. (MOZENA; OSTERMANN, 2014, p. 186)

Entretanto, neste primeiro momento, tal paradigma apresenta-se mais ligado a ideia de “princípio pedagógico” (MOZENA; OSTERMANN, 2014). Adicionalmente, a leitura dos PCN

da área de Ciências Naturais (BRASIL, 1998) - assim como a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) - revela que este tema aparece de forma bastante incipiente, sem aprofundar em discussões teóricas mais fundamentadas, conferindo um caráter sugestivo à interdisciplinaridade, ou seja, colocando-a como possibilidade

A articulação entre as áreas é uma clara sinalização para o projeto pedagógico da escola. Envolve uma sintonia de tratamentos metodológicos e, no presente caso, pressupõe a composição do aprendizado de conhecimentos disciplinares com o desenvolvimento de competências gerais. Só em parte essa integração de metas formativas exige, para sua realização, projetos interdisciplinares, concentrados em determinados períodos, nos quais diferentes disciplinas tratem ao mesmo tempo e temas afins. Mais importante do que isso é o estabelecimento de metas comuns envolvendo cada uma das disciplinas de todas as áreas, a serviço do desenvolvimento humano dos alunos e também dos professores. (BRASIL, 1998, p. 16)

Entretanto, apesar do tom de crítica, destacamos que naquele momento tentava-se uma primeira inserção desta perspectiva nos programas curriculares brasileiros. Fazenda (2011) aponta que nas décadas anteriores (1970 e 1980) houveram grandes debates e discussões a respeito deste tema, onde se procurava uma definição teórica e metodológica para a interdisciplinaridade. Portanto, foram décadas de intenso debate teórico, tanto no campo científico como no campo escolar, onde esta pesquisadora se destacava como principal motivadora e ampliadora deste movimento. Assim, na década de 1990, começa-se a difundir resultados de pesquisas envolvendo interdisciplinaridade, mesmo que de forma ainda incipiente.

Atualmente, é possível perceber que as discussões envolvendo interdisciplinaridade na esfera educacional brasileira muito avançaram frente ao primeiro movimento na década de 1990: a década em que nos encontramos é marcada por mudanças na legislação<sup>7</sup> que culminam com a proposição de novas propostas de reorganização curricular<sup>8,9</sup> e também de mudanças na formação de professores<sup>10</sup>. Assim, a interdisciplinaridade transcende o plano de sugestão e alcança status de “base de organização do Ensino Médio” (MOZENA; OSTERMANN, 2014).

---

<sup>7</sup> Resolução CNE/CEB nº 2 de 2012, que define Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.

<sup>8</sup> Diretrizes Curriculares para a Educação Básica promulgadas em 2013.

<sup>9</sup> O projeto em questão é a Base Nacional Curricular Comum (BNCC), cujo início se deu no ano de 2014, com o objetivo de substituir os PCN. Entretanto, tal projeto ainda não foi totalmente finalizado, devido a diversos fatores, dentre os quais o que nos parece influenciar mais fortemente é a mudança abrupta na concepção deste projeto ocorrida a partir da nova realidade política após o impeachment de Dilma Rouseff.

<sup>10</sup> Resolução CNE/CP nº 2 de 2015, que define novas Diretrizes para a formação inicial e continuada de professores.

A resolução 2/2012 da Câmara de Educação Básica (CEB) do Conselho Nacional de Educação (CNE) indica que o Ensino Médio deve se basear na “integração de conhecimentos gerais e, quando for o caso, técnico-profissionais realizada na perspectiva da interdisciplinaridade e da contextualização” (BRASIL, 2012). Portanto, apreendemos que ao longo dos últimos anos, em termos educacionais, muito se avançou na compreensão das potencialidades do paradigma interdisciplinar.

Por exemplo, muitas críticas são tecidas aos PCN por não explicitarem a concepção de interdisciplinaridade, tampouco de aspectos metodológicos para se alcançar tal perspectiva. Já nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) promulgadas em 2013, evidencia-se uma concepção teórico-metodológica:

A interdisciplinaridade pressupõe a transferência de métodos de uma disciplina para outra. Ultrapassa-as, mas sua finalidade inscreve-se no estudo disciplinar. Pela abordagem interdisciplinar ocorre a transversalidade do conhecimento constitutivo de diferentes disciplinas, por meio da ação didático-pedagógica mediada pela pedagogia dos projetos temáticos. Estes facilitam a organização coletiva e cooperativa do trabalho pedagógico, embora sejam ainda recursos que vêm sendo utilizados de modo restrito e, às vezes, equivocados. A interdisciplinaridade é, portanto, entendida aqui como abordagem teórico-metodológica em que a ênfase incide sobre o trabalho de integração das diferentes áreas do conhecimento, um real trabalho de cooperação e troca, aberto ao diálogo e ao planejamento (Nogueira, 2001, p. 27). Essa orientação deve ser enriquecida, por meio de proposta temática trabalhada transversalmente ou em redes de conhecimento e de aprendizagem, e se expressa por meio de uma atitude que pressupõe planejamento sistemático e integrado e disposição para o diálogo. (BRASIL, 2013, p. 28)

Entendemos que existe um equívoco epistemológico na concepção de interdisciplinaridade explicitada acima, pois a mesma é entendida como transferência de métodos de uma disciplina para a outra e, como amplamente discutido na seção anterior, esta visão aproxima-se mais da interdisciplinaridade científica, ligada ao posicionamento de Japiassu (1976). Neste sentido, apesar de chamar atenção para o desenvolvimento de projetos temáticos e redes de conhecimento, não conseguimos ver claramente a relação da troca de métodos entre as disciplinas. Portanto, entendemos que há uma concepção de interdisciplinaridade epistemologicamente incoerente, no sentido de um amálgama entre a interdisciplinaridade científica e a escolar, ou seja, uma relação entre ideias de campos com objetivos, finalidades e abordagens distintos, podendo criar obstáculos e limitações para a compreensão dos sujeitos envolvidos no meio escolar, conforme já defendido anteriormente.

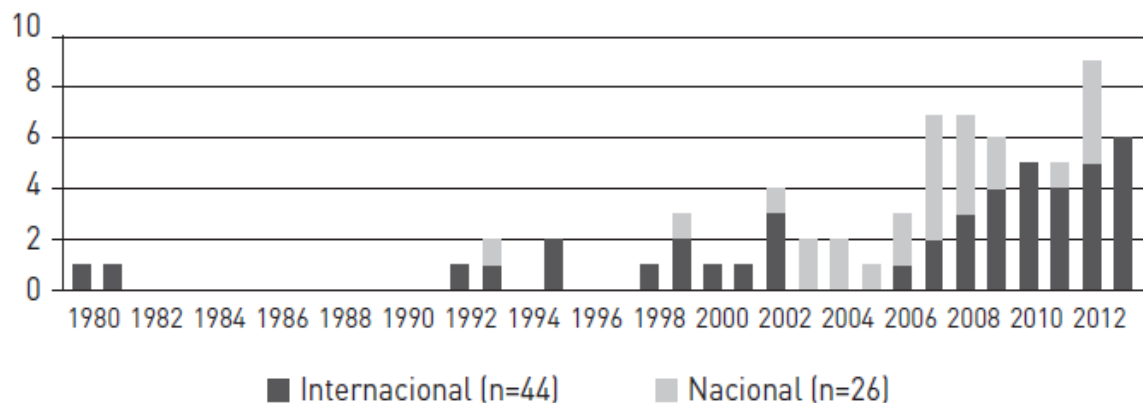
Por outro lado, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento que substituiu os PCN, parece retroceder no que diz respeito à lógica interdisciplinar. Nas orientações para a



Educação Infantil e Ensino Fundamental, não encontramos referências explícitas à interdisciplinaridade como nos documentos anteriores. De maneira semelhante, no documento referente ao Ensino Médio (BRASIL, 2018) também não encontramos referências à abordagem interdisciplinar, apesar do destaque pontual à formação humana integral. Os chamados itinerários formativos parecem fomentar o contrário, ou seja, a formação específica, em detrimento da formação mais geral, onde os estudantes podem optar por áreas de conhecimento, tendo pouco ou nenhum contato com outras disciplinas, por exemplo. Vale a pena lembrar que a BNCC surgiu em um contexto político e atualmente vem sendo gestada por um grupo diferente daquele que pensou sua criação.

No que diz respeito à comunidade acadêmica da área de Ensino de Ciências, é possível perceber um relativo crescimento de pesquisas envolvendo a interdisciplinaridade, principalmente a partir da década de 2000, tanto no Brasil como também na esfera internacional (SILVA; LOPES, 2013; MOZENA; OSTERMANN, 2014).

Figura 2: distribuição de trabalhos envolvendo a interdisciplinaridade na área de Ensino de Ciências em nível Médio de 1980 a 2012.



Fonte: MOZENA; OSTERMANN, 2014.

Apesar do aumento do número de publicações nesta área, ainda são poucos os trabalhos que se dedicam à temática. Entretanto, em outro levantamento realizado nos principais periódicos da área de Ensino de Ciências no Brasil (qualis A1 e A2) no período de 2000 a 2012 (SILVA; LOPES, 2013), verificamos o aparecimento do termo interdisciplinaridade e termos afins (interdisciplinar, interdisciplinarmente) em 315 de um total de 1.155 artigos usados como base de dados, configurando um grande número de trabalhos. Porém, em uma análise mais detalhada, verificamos que, dos 315 trabalhos, somente 20 se dedicavam à discussão sobre interdisciplinaridade, nas perspectivas de definição, análise de concepções e investigação de práticas interdisciplinares. Desta constatação, evidencia-se que os dados encontrados são

bastante semelhantes aos apresentados por Mozena e Ostermann (2014). Adicionalmente, percebemos que o termo interdisciplinaridade vem sendo amplamente difundido e utilizado na área (mencionada em 295 trabalhos), porém, sem maiores debates ou críticas.

Mozena e Ostermann (2014) delimitaram um total de 70 artigos de 22 periódicos (7 nacionais e 15 internacionais) e verificaram que praticamente metade dos trabalhos (47%) têm brasileiros como primeiro autor. Este dado parece ser um forte indicativo de que o Brasil é um dos países que mais se dedica a investigar a interdisciplinaridade na área de Ensino de Ciências.

No tocante aos focos dos trabalhos, Mozena e Ostermann (2014) perceberam três grandes tendências: artigos que discutem fundamentos epistemológicos (10), que investigam concepções sobre interdisciplinaridade (6) e artigos que estudam a prática escolar da interdisciplinaridade (54). Os principais autores citados nos trabalhos são Ivani Fazenda, Edgar Morin, Jurjo Torres Santomé, Gerard Fourez, Yves Lenoir e Hilton Japiassu, assim como no levantamento por nós realizado (SILVA; LOPES, 2013). Vale destacar o aparecimento de Hilton Japiassu como referência, uma vez que este autor não discute a interdisciplinaridade do ponto de vista da Educação, o que novamente suscita a relevância do debate a respeito da interdisciplinaridade científica e escolar, bem como os limites da transposição de definições de um campo para outro.

Em contrapartida, apesar de necessária e importante, a interdisciplinaridade na sala de aula, conforme as pesquisas apontam, está conjugada a uma série de problemas e dificuldades que se iniciam na falta de um consenso sobre a sua **natureza epistemológica**. Isso justifica ainda mais a necessidade por trabalhos que se aprofundem nessas questões, investigando os sentidos e as posições valorativas sobre a interdisciplinaridade por parte dos órgãos governamentais, de especialistas em educação e dos próprios professores. (MOZENA; OSTERMANN, 2014, p. 196)

No que concerne às concepções sobre interdisciplinaridade, Augusto et. al. (2004) investigaram um grupo de professores da área de Ciências Naturais em exercício e verificaram que boa parte confunde o conceito de interdisciplinaridade com multidisciplinaridade e conseqüentemente apresentam dificuldades de construir propostas de desenvolvimento de atividades interdisciplinares. Além disso, em uma investigação realizada com professores da disciplina Ciências do Ensino Fundamental (SILVA, 2014), percebemos que a maioria dos professores acredita que o trabalho interdisciplinar depende da participação de outros professores, além de um discurso de crítica às orientações curriculares para o ensino de Ciências.

Os professores também julgam que a interdisciplinaridade é sempre uma prática coletiva (BATISTA *et al.*, 2008), usando essa metodologia pontualmente, em momentos esporádicos, só que como uma complementação, já que não a compreendem como uma prática legítima (SILVA, 1999) e não conseguem se desvencilhar da tradição curricular linear e obrigatória tradicional. (MOZENA; OSTERMANN, 2014, p. 192)

No que diz respeito à participação de um ou mais professores, concordamos que práticas coletivas (envolvendo diversos professores) apresentam maior potencial frente às práticas pedagógicas a partir do professor, uma vez que o contato com profissionais com outras experiências e visões, por exemplo, pode contribuir para abordagens mais integradas, inclusive reconhecendo novos aspectos que um único professor não perceberia atuando de maneira isolada.

De acordo com o levantamento de Mozena e Ostermann (2014), percebemos que a maioria dos trabalhos centra-se na prática escolar da interdisciplinaridade, principalmente nos movimentos envolvendo a sala de aula (relatos de experiência, aprendizagem dos estudantes, metodologias diversificadas, dificuldades para o desenvolvimento de práticas interdisciplinares). Augusto e Caldeira (2007) e Gerhard e Rocha-Filho (2012) levantaram as principais dificuldades enfrentadas por professores para a implementação de abordagens interdisciplinares, as quais se destacaram: a falta de tempo para estudo e reuniões com colegas, dificuldades conceituais com outras disciplinas, dificuldades em lidar com a gestão escolar e desinteresse dos estudantes.

Por fim, no levantamento realizado, Mozena e Ostermann (2014) percebem que

Também é possível observar uma tendência dos periódicos nacionais em focar seus trabalhos no professor/licenciando. Os artigos de revistas internacionais centram-se mais na prática da sala de aula e nas metodologias de ensino. Também notamos, em outros países, a existência de parcerias entre universidade e escola básica quase não existentes aqui, em que os próprios cientistas trabalham dentro das escolas em prol do ensino de ciências (p. 193).

Assim, entendemos que o cenário brasileiro apresenta certa coerência, pois se um dos principais objetivos é que abordagens interdisciplinares sejam desenvolvidas nas escolas, é essencial que os professores tenham condições de desenvolver tais abordagens, o que envolve fatores como, por exemplo, questões estruturais e formação de professores, sendo o segundo fator o foco da próxima seção.

À guisa de fechamento desta seção, podemos concluir que a interdisciplinaridade vem se constituindo como um campo de investigação no Ensino de Ciências, envolvendo diversas perspectivas, seja do ponto de vista epistemológico, envolvendo práticas escolares ou mesmo a

formação de professores e se tornando uma forte perspectiva de formação para as próximas gerações, mas ainda apresenta diversas lacunas a serem exploradas, principalmente no que diz respeito à sua efetivação nas escolas, o que necessariamente perpassa pela formação dos professores, tanto no âmbito acadêmico-profissional como na formação continuada.

## 2.6 INTERDISCIPLINARIDADE E FORMAÇÃO DE PROFESSORES

No contexto em que vivemos, caracterizado pelo crescimento massivo das tecnologias, pelo desenvolvimento industrial, por novas formas de acesso à informação e de relações interpessoais, enfim, pela ampliação do fenômeno da globalização, cada vez mais torna-se importante refletirmos constantemente sobre o papel da Educação enquanto responsável pela formação da população e, conseqüentemente, o papel do professor. De acordo com Araújo (2011, p. 31):

A escola, tal como a conhecemos, estruturada nos séculos XVIII e XIX sob princípios de exclusão e homogeneização, não parece estar dando conta das demandas de uma educação inclusiva, o que vem impactando as metas de qualidade do conhecimento almejadas pelas sociedades contemporâneas. Esse impasse vem demandando uma reinvenção da educação, que envolve transformações dos conteúdos, na forma e nas relações entre docentes e discentes dentro dos espaços educativos.

É perceptível que o modelo de educação praticado atualmente não vem acompanhando as constantes mudanças que ocorrem na sociedade e no mundo de uma forma geral. Dessa forma, tem-se uma infinidade de culturas e pensamentos nos espaços educativos que pouco se comunicam, como por exemplo: a escola, que segue um modelo pensado há dois séculos; os profissionais da Educação, sendo boa parte formada no século XX e na perspectiva disciplinar e, por fim, estudantes do século XXI, com novos valores, crenças e demandas.

Além disso, o apelo para uma formação que articule diversos conhecimentos vem ganhando força entre a comunidade educacional, como apontado anteriormente, principalmente através de resoluções e diretrizes curriculares para a Educação Básica. Neste sentido, um dos aspectos que podem influenciar a chegada de novas práticas na escola diz respeito à formação dos professores.

Historicamente, a formação de professores sempre foi alvo de controvérsias e discussões no Brasil. Os primeiros cursos de licenciatura datam da década de 1930, período em que começa a ser implantado o modelo de educação tal como conhecemos hoje (AYRES; SELLES, 2012; SILVA 2014), herança do modelo implementado a partir da Revolução Francesa (ARAÚJO,

2011). Os cursos de formação de professores surgiram como uma extensão dos bacharelados, sendo estruturados no tão criticado formato “3+1”, no qual os três primeiros anos eram praticamente idênticos ao bacharelado e no último ano eram oferecidas disciplinas de cunho pedagógico, porém, totalmente desvinculadas das disciplinas de conteúdo específico (MALDANER, 2006). Tal formato ainda apresenta fortes características da Racionalidade Técnica, concepção na qual o professor é visto como um mero reproduzidor de conhecimentos e metodologias aprendidas ao longo da graduação (DINIZ-PEREIRA, 1999), desconsiderando aspectos como as diferentes realidades e a subjetividade dos envolvidos no processo de ensino e de aprendizagem. Vale destacar que este modelo predominou fortemente até a passagem do século XX para o XXI, tendo ainda resquícios nos dias atuais.

Em contrapartida, ao longo das últimas décadas, vários esforços vêm sendo empreendidos e novas perspectivas sendo materializadas no campo da formação de professores, desde o entendimento e a valorização do professor enquanto profissional, passando por modificações na forma de pensar os cursos de formação. Um dos maiores expoentes das conquistas é o fato de hoje as licenciaturas avançarem na delimitação de uma identidade própria, desde o final da década de 1990, com a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação<sup>11</sup>, passando pela instituição de Diretrizes Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica<sup>12</sup>, bem como pela delimitação de carga horária e especificidades<sup>13</sup>, sendo estas últimas reformuladas em 2015<sup>14</sup>.

Ao analisarmos tais documentos frente à interdisciplinaridade, percebemos que o termo não aparece na LDB, aparece 16 vezes no parecer CNE/CP 9/2001, quatro vezes na resolução CNE/CP 1/2002 e 22 vezes na resolução CNE/CP 2/2015. Percebemos que o parecer CNE/CP 9/2001, que fundamenta a resolução CNE/CP 1/2002 (que institui diretrizes curriculares para a formação de professores da Educação Básica), parte de uma crítica a excessiva fragmentação de conteúdos nos cursos de formação de professores, possivelmente derivada da organização curricular da Educação Básica, porém, mantém resguardadas a importância e as especificidades das áreas de conhecimento:

Na formação de professores para as séries finais do ensino fundamental e para o ensino médio, por força da organização disciplinar presente nos currículos escolares, predomina uma visão excessivamente fragmentada do conhecimento.

---

<sup>11</sup> Lei 9.394 de 20 de dezembro de 1996.

<sup>12</sup> Parecer CNE/CP nº 9/2001 e Resolução CNE/CP nº 1/2002.

<sup>13</sup> Resolução CNE/CP nº 2/2002.

<sup>14</sup> Resolução CNE/CP nº 2/2015.

A interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade previstas na organização curricular daquelas etapas da educação básica requerem um redimensionamento do enfoque disciplinar desenvolvido na formação de professores. Não se trata, obviamente, de negar a formação disciplinar, mas de situar os saberes disciplinares no conjunto do conhecimento escolar. (BRASIL, 2001, p. 27).

Tal documento ainda elenca “Competências referentes ao domínio dos conteúdos a serem socializados, de seus significados em diferentes contextos e de sua articulação interdisciplinar” (BRASIL, 2001) que devem ser desenvolvidas pelos profissionais, demonstrando preocupação com o desenvolvimento de práticas interdisciplinares. Quanto à organização curricular e articulação entre ações disciplinares e interdisciplinares, o documento enfatiza a importância de vivências e reflexões pelos futuros professores que incentivem o desenvolvimento de saberes específicos de sua área ao mesmo tempo em que são vislumbradas diferentes perspectivas de atuação enquanto formador de sujeitos:

Sendo o professor um profissional que está permanentemente mobilizando conhecimentos das diferentes disciplinas e colocando-os a serviço de sua tarefa profissional, a matriz curricular do curso de formação não deve ser a mera justaposição ou convivência de estudos disciplinares e interdisciplinares. Ela deve permitir o exercício permanente de aprofundar conhecimentos disciplinares e ao mesmo tempo indagar a esses conhecimentos sua relevância e pertinência para compreender, planejar, executar, avaliar situações de ensino e aprendizagem. Essa indagação só pode ser feita de uma perspectiva interdisciplinar. (BRASIL, 2001, p. 54).

Já na resolução CNE/CP 2/2015, percebe-se maior apelo para o trato com as questões interdisciplinares, uma vez que em vários trechos se recorre ao uso deste termo, apontando para a necessidade de uma formação interdisciplinar por meio de inúmeras ações, na perspectiva da articulação de saberes ao longo do curso, da coletividade e do planejamento de abordagens de ensino na perspectiva interdisciplinar.

Ainda, é perceptível uma ampliação do foco de abrangência do campo de formação de professores quando comparamos as indicações do início da década de 2000 com as diretrizes atuais, ou seja, a resolução CNE/CP 2/2015 claramente valoriza a formação continuada enquanto espaço formativo, ultrapassando pequenas menções em documentos anteriores. Assim, existe uma tendência na compreensão de que o professor vive em constante desenvolvimento e sua formação não se encerra na graduação (MALDANER, 2006).

Por fim, de acordo com as indicações presentes nos documentos analisados, podemos afirmar que a valorização da interdisciplinaridade nas reformas curriculares da Educação Básica vem sendo acompanhada por indicações de mudanças na formação de professores. Entretanto,

nos parece que falta, de maneira geral, uma concepção mais bem delimitada no que se entende por formação interdisciplinar e para atuação interdisciplinar, uma vez que a maioria dos documentos não explicita principalmente indicações de ordem prática para oferecer condições formativas na perspectiva interdisciplinar. Assim, esta é uma questão que se apresenta como passível de ser amplamente debatida e apresentaremos uma reflexão teórica nas próximas páginas, bem como ao longo da discussão dos resultados. Antes, porém, apresentaremos uma breve revisão de trabalhos envolvendo interdisciplinaridade e a formação de professores da área de Ciências Naturais.

Feistel e Maestrelli (2012) realizaram um levantamento de trabalhos que abordam a interdisciplinaridade na formação inicial de professores da área de Ciências Naturais, utilizando como base de dados o Banco de Teses de Dissertações da Capes, Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) e nos principais periódicos da área de Ensino de Ciências (com classificação qualis de A1 a B2). De acordo com a análise, as autoras perceberam um elevado número de trabalhos em que aparece o termo interdisciplinaridade (cerca de 300 trabalhos), mas somente 23 possuíam foco exclusivo na formação de professores.

Em geral, pela revisão realizada em Teses e Dissertações, nas Atas do ENPEC e nos Periódicos, podemos afirmar que são poucos os trabalhos que abordam discussões sobre a interdisciplinaridade no Ensino de Ciências e, em menor número ainda, os que relacionam a interdisciplinaridade com a formação inicial de professores nesta área do conhecimento. (FEISTEL; MAESTRELLI, 2012, p. 164)

As autoras destacam ainda que, apesar da não consensualidade do termo interdisciplinaridade, ou seja, várias interpretações são observadas na literatura, existem três tendências associadas ao ensino interdisciplinar nos trabalhos analisados: relação de conhecimentos/saberes de diversas disciplinas/áreas; mudança de postura ou atitude, ação e competência; e trabalho coletivo (FEISTEL; MAESTRELLI, 2012).

Quanto ao aspecto envolvendo a relação entre conhecimentos de diversas disciplinas - concepção mais difundida sobre interdisciplinaridade -, temos como exemplo:

[...] a interdisciplinaridade será aqui compreendida através do destaque de áreas onde ambas as disciplinas se integram ou, tem o potencial de se integrar, gerando objetos que podem ser tratados a partir da integração dessas disciplinas. Defendemos que essa integração entre os conteúdos que descreveremos colaboraria para uma formação mais ampla, crítica e profunda do futuro professor de Biologia e para o profissional geólogo envolvido em questões educacionais (SILVA; HORNINK, 2011, p. 5)

[...] o tema e a problemática da drogadição, nos seus objetivos preventivos em sede escolar, é, sobretudo de natureza interdisciplinar, envolvendo, pois o

auxílio de saberes de diversas áreas que nesse sentido passam a ser correlatas (CARDIA, 2009, p. 67)

Já no aspecto “mudança de postura”, observamos trabalhos como o de Silva Filho (2006):

[...] em todas elas está implícita uma nova postura diante do conhecimento, uma mudança de atitude em busca da unidade do pensamento. [...] o ponto de partida e de chegada de uma prática interdisciplinar está na ação. Desta forma, através do diálogo que se estabelece entre as disciplinas e entre os sujeitos das ações, interdisciplinaridade devolve a identidade às disciplinas, fortalecendo-as e evidenciando uma mudança de postura na prática pedagógica (p. 37)

Este aspecto é fortemente defendido por Fazenda (2011), que o considera imprescindível para que ocorram mudanças no cenário escolar, sugerindo a dúvida, o questionamento, como ponto de partida para a mudança de postura frente a realidade

Partindo da dúvida, a postura interdisciplinar procura reindagar as certezas paradigmáticas, resultantes das teorias que configuram a atual ciência escolar, e mais, procura considerar como fundamental à construção dessa ciência, a pesquisa criteriosa sobre as ações comprometidas ocorridas em sala de aula. Essa forma de pesquisa permitirá extrair do cotidiano de práticas bem-sucedidas os fundamentos de novas teorizações. A incursão no universo interdisciplinar de múltiplas teorizações induz o aparecimento de novas hipóteses que poderão consolidar o jeito novo, a nova forma de conceber e de fazer escola. (FAZENDA, 2011, p. 63)

Por fim, o trabalho coletivo, também fortemente verificado nas concepções de pesquisadores e da comunidade escolar

[...] ao contrário de uma produção individual, a apropriação do conhecimento quando ocorre em ambiente coletivo, proporciona aos sujeitos interagirem entre si, resultando na criação de condição favorável para a construção do conhecimento interdisciplinar (ARAÚJO, 2004, p. 77)

[...] para que se estabeleça o diálogo e este ultrapasse a superficialidade, as trocas entre especialistas no interior do projeto devem prever a constante negociação dos pressupostos epistemológicos e metodológicos e até mesmo metafísicos, que orientam a busca comum (PIERSON; NEVES, 2001, p. 6)

Entretanto, Berti (2007), ao analisar concepções de professores e pesquisadores, do ponto de vista metodológico, aponta que a interdisciplinaridade pode envolver o trabalho coletivo (entre professores), mas também pode ser desenvolvida por um único docente (a partir do professor), onde o mesmo pode planejar e desenvolver práticas interdisciplinares, sendo esta última perspectiva atribuída a um maior nível de dificuldade.



Feistel e Maestrelli (2012) também analisaram como a abordagem da interdisciplinaridade é desenvolvida nos trabalhos, percebendo maior foco na interdisciplinaridade enquanto princípio formativo, seguida do entendimento como metodologia de trabalho em uma disciplina e por último, como metodologia de trabalho entre duas ou mais disciplinas. Destacam o diferencial das Licenciaturas em Ciências Naturais (cursos ainda incipientes no Brasil) como importantes iniciativas rumo à formação interdisciplinar de professores

A organização curricular do Curso de Licenciatura Plena em Ciências Naturais e Matemática, com base nos Eixos Temáticos, torna-se um diferencial, uma vez que essa proposta tem sido usualmente adotada na Educação Básica e pouco explorada no Ensino Superior. Destaca-se que essa organização diferenciada do curso possibilita que os professores da universidade contribuam para a reestruturação do currículo para o Ensino de Ciências da Educação Básica. Além disso, cabe ressaltar que os alunos (futuros professores) ao vivenciarem a interdisciplinaridade na formação inicial, irão se sentir mais seguros e capazes de desenvolver essa perspectiva de ensino em suas aulas no contexto escolar. (FEISTEL; MAESTRELLI, 2012, p. 170)

Em contraste ao cenário observado na formação acadêmico-profissional, ao buscarmos trabalhos com foco na formação continuada, uma vez que grande parte dos professores da Educação Básica não teve oportunidade de refletir ou até mesmo vivenciar experiências interdisciplinares ao longo da graduação, percebemos um número ainda mais reduzido de investigações na área de ensino de Ciências. Assim, trabalhos como o de Regina (2014), Oliveira, Amaral e Celestino (2013), Silva (2015), Fernandes (2017) e nossa experiência vêm compondo este cenário ainda incipiente no ensino de Ciências.

De modo geral, os trabalhos se dedicam a estudar propostas de formação continuada (cursos, oficinas) e suas contribuições para o desenvolvimento de práticas interdisciplinares (REGINA, 2014; SILVA; LOPES, 2015) e analisar o desenvolvimento de sequências interdisciplinares por professores (OLIVEIRA; AMARAL; CELESTINO, 2013; FERNANDES, 2017).

Embora grande parte dos trabalhos explicita sua visão sobre interdisciplinaridade, entendemos que formar ou criar condições que contribuam para uma formação interdisciplinar de professores exige uma concepção própria a respeito da temática, que avance quanto à ideia da simples justaposição de conhecimentos e de fato supere o excessivo foco na fragmentação. Adicionalmente, devido ao fato de várias pesquisas apontarem dificuldades para o desenvolvimento da interdisciplinaridade nas escolas, sendo uma das dificuldades o perfil de formação dos professores, aliado ao recente desenvolvimento deste paradigma, cabe questionar

se a interdisciplinaridade, do ponto de vista da formação docente, se caracteriza como um saber próprio, inerente ao professor e/ou como pode se articular aos diversos saberes e conhecimentos amplamente conhecidos e compartilhados pela comunidade acadêmica.

## 2.7 CONSTRUINDO UM REFERENCIAL PARA ABORDAR A FORMAÇÃO DE PROFESSORES EM UMA PERSPECTIVA INTERDISCIPLINAR

Diversos autores debruçam esforços para compreender as características que compõem o perfil profissional do professor, quanto aos seus saberes ou conhecimentos (SCHULMAN, 1987; PIMENTA, 1998; CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011; TARDIF, 2014). De modo geral, partimos da compreensão de que a profissão docente é dotada de especificidades que a definem como tal, diferenciando-a de qualquer outra profissão e apresentaremos alguns autores que debruçam esforços para caracterizar e compreender especificidades do trabalho docente.

De acordo com Fernandez (2011), a ideia de conhecimento pedagógico de conteúdo (PCK, sigla em inglês) tem início a partir dos estudos de Shulman na década de 1980 e vem evoluindo até os dias atuais. De acordo com esta corrente teórica, o professor caracteriza-se como um profissional e possui diversos conhecimentos, a saber: do conteúdo, pedagógico do conteúdo, pedagógico geral, do currículo, dos materiais e programas, dos alunos e, finalmente, do contexto e dos fins, propósitos e valores educativos (SCHULMAN, 1987).

Outra perspectiva, tradicionalmente conhecida como “Saberes Docentes”, possui como grandes expoentes Tardif (2014), Pimenta (1998) e Carvalho e Gil-Pérez (2011). Segundo Tardif (2014):

[...] o saber dos professores deve ser compreendido em íntima relação com o trabalho deles na escola e na sala de aula. Noutras palavras, embora os professores utilizem diferentes saberes, essa utilização se dá em função do seu trabalho e das situações, condicionamentos e recursos ligados a esse trabalho. Em suma, o saber está a serviço do trabalho. (p. 17)

Portanto, segundo o autor, o conjunto de saberes mobilizados pelo professor é compreendido no sentido em que se define a escola, o currículo e o que será ensinado; assim, o perfil do professor é moldado pelas características e objetivos da escola. Tardif (2014) define quatro saberes inerentes à prática docente: os saberes da formação profissional, os saberes disciplinares, os saberes curriculares e os saberes da experiência. Pimenta (1998), por sua vez, delimita três saberes: os saberes da experiência, os saberes pedagógicos e o conhecimento. Já Carvalho e Gil-Pérez (2011) elencam uma diversidade de conhecimentos: conhecer a matéria a

ser ensinada, possuir conhecimentos teórico-metodológicos sobre ensino e aprendizagem de Ciências, conhecer e questionar o pensamento docente espontâneo, saber preparar atividades, crítica fundamentada ao ensino tradicional, dentre outros. Não é nosso intuito aprofundar na discussão das especificidades de cada autor, uma vez que Silva Júnior (2014), em sua dissertação de mestrado desenvolvida em nosso grupo de pesquisa já apontou convergências quanto às definições de tais saberes e conhecimentos, conforme apresentado no quadro 2.

Quadro 2: Diferentes tipologias dos saberes docentes.

<b>Tardif</b>	<b>Pimenta</b>	<b>Carvalho e Gil-Pérez</b>
Saber disciplinar	Conhecimento	Conhecer a matéria a ser ensinada
Saber curricular	Pedagógico	Adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem
		Crítica fundamentada no ensino habitual
Formação profissional		Saber preparar atividades
		Saber dirigir a atividade dos alunos
		Saber avaliar
		Utilizar a pesquisa e a inovação
Saber experiencial	Experiência	Conhecer e questionar o pensamento docente espontâneo

Fonte: ADAPTADO DE SILVA JÚNIOR, 2014.

Assim como em outros trabalhos desenvolvidos em nosso grupo de pesquisa (SILVA, 2014; SILVA JÚNIOR, 2014; FERRAZ, 2015), o presente trabalho é marcado pela perspectiva teórica baseada em Tardif (2014). Dessa forma, apresentaremos brevemente as definições que o autor associa a cada tipo de saber. Os saberes da formação profissional são entendidos como “o conjunto de saberes transmitidos pelas instituições de formação de professores (escolas normais ou faculdades de ciências da educação)” (TARDIF, 2014, p. 36). Ou seja, são aqueles desenvolvidos/mobilizados no âmbito das disciplinas de formação pedagógica, onde se discute sobre teorias de ensino-aprendizagem, concepções de educação, metodologias e estratégias de ensino, entre outros aspectos afins.

Os saberes pedagógicos apresentam-se como doutrinas ou concepções provenientes das reflexões sobre a prática educativa no sentido amplo do termo, reflexões racionais e normativas que conduzem a sistemas mais ou

menos coerentes de representação e de orientação da atividade educativa. (p. 37)

### Os saberes disciplinares

correspondem aos diversos campos do conhecimento, aos saberes de que dispõe a nossa sociedade, tais como se encontram hoje integrados nas universidades, sob a forma de disciplinas, no interior das faculdades e de cursos distintos. Os saberes disciplinares (por exemplo, matemática, história, literatura, etc.) são transmitidos nos cursos e departamentos universitários independentemente das faculdades de educação e dos cursos de formação de professores. Os saberes das disciplinas emergem da tradição cultural e dos grupos sociais produtores de saberes. (TARDIF, 2014, p. 38)

Este conjunto de saberes é caracterizado pelas especificidades de cada área de formação docente. Vale destacar o aspecto da influência da cultura no que diz respeito a emergência de tais conhecimentos.

Os saberes curriculares são aqueles associados à apropriação “dos discursos, objetivos, conteúdos e métodos a partir dos quais a instituição escolar categoriza os saberes sociais por ela definidos [...] Apresentam-se [...] sob a forma de programas escolares” (TARDIF, 2014, p. 38). Basicamente, remetem à compreensão da organização da escola e dos objetivos a serem alcançados pelo programa proposto.

Por fim, os saberes experienciais são aqueles desenvolvidos pelos professores ao longo de toda sua trajetória de formação e exercício profissional, validados pela própria prática (ou senso comum)

Pode-se chamar de saberes experienciais o conjunto de saberes atualizados, adquiridos e necessários no âmbito da prática da profissão docente e que não provêm das instituições de formação nem dos currículos. Estes saberes não se encontram sistematizados em doutrinas ou teorias. São saberes práticos (e não da prática: eles não se superpõem à prática para melhor conhecê-la, mas integram a ela e dela são partes constituintes enquanto prática docente) e formam um conjunto de representações a partir das quais os professores interpretam, compreendem e orientam sua profissão e sua prática cotidiana em todas as suas dimensões. (TARDIF, 2014, p. 49)

Se por um lado é possível verificar um expressivo suporte teórico que aborda questões complexas e inerentes à prática docente, por outro lado não encontramos referências que discutem possíveis relações entre os saberes descritos anteriormente e o desenvolvimento de práticas docentes interdisciplinares. Portanto, de acordo com a emergência da interdisciplinaridade na Educação Básica e de poucos estudos envolvendo a formação docente em uma perspectiva interdisciplinar e para atuação interdisciplinar, percebemos a existência de

uma lacuna e vislumbramos um amplo campo de investigação. Ressaltamos que, até este ponto do texto, apresentamos contribuições da literatura no que diz respeito à interdisciplinaridade; nos próximos parágrafos, discutiremos e apontaremos questões a partir de nossa leitura e compreensão dos referenciais até então apresentados.

Diante de nossas reflexões e da experiência construída ao longo dos anos com a pesquisa neste campo, nos parece relevante buscar compreender possíveis convergências entre os Saberes Docentes abordados por Tardif (2014) com as modalidades de interdisciplinaridade definidas por Lenoir (2013), no âmbito da formação de professores.

Ressaltamos que não é nosso intuito estabelecer uma nova categoria de conhecimento ou saber docente, uma vez que para tal é preciso um estudo mais profundo e longitudinal, buscando correlacionar diversas perspectivas teóricas que abordam os conhecimentos ou saberes docentes com resultados de investigações empíricas, o que não é o foco deste trabalho. Porém, entendemos que a prática docente demanda um percurso formativo alinhado com a perspectiva interdisciplinar, além de mobilização de diversos saberes, tendo em vista que pesquisas realizadas com professores envolvendo interdisciplinaridade apontam, a partir do discurso dos próprios professores, a falta de formação para atuação interdisciplinar, dificuldades em estabelecer relações com conceitos de outras áreas e a própria compreensão sobre interdisciplinaridade no plano educacional (AUGUSTO et. al., 2004; AUGUSTO; CALDEIRA, 2007; SILVA, 2014).

Recorrendo às ideias de Lenoir (2013), entendemos que no caso da docência, as quatro modalidades de interdisciplinaridade (científica, escolar, profissional e prática) devem ser consideradas ao vislumbrar ações de formação nesta perspectiva. A interdisciplinaridade profissional e a escolar possuem um papel destacado e estreitas relações, uma vez que o meio escolar é o ambiente de trabalho do professor. Por outro lado, a interdisciplinaridade científica também deve possuir espaço ao longo da formação, uma vez que todo professor tem contato com o mundo acadêmico e também deve construir conhecimentos científicos específicos da área de atuação, bem como estabelecer relações de diálogo entre as diversas áreas. Por fim, e de certa forma relacionada aos saberes da experiência, a interdisciplinaridade prática não deve ser omitida, uma vez que pode ser influenciada pelas demais modalidades e também pelas experiências vivenciadas por cada professor, tanto antes, como durante e também após concluir o período de formação acadêmico-profissional. Inclusive, como os trabalhos já listados anteriormente apontam, são poucos os exemplos de prática interdisciplinar já descritos, logo

parece haver pouca influência de vivências anteriores durante a formação, na condição de estudante.

Dessa forma, entendemos que a formação de professores com o objetivo de contribuir para a formação e atuação interdisciplinar pode ser organizada de maneira que a construção/reconstrução dos Saberes Disciplinares, da Formação Profissional, Curriculares e da Experiência seja promovida em articulação com as modalidades escolar, profissional, científica e prática de interdisciplinaridade. Novamente ressaltamos que, em nosso ponto de vista, as modalidades profissional e escolar da interdisciplinaridade nos parecem mais intimamente ligadas entre si e com o campo de atuação profissional do professor.

Ao pensarmos a formação interdisciplinar e para atuação interdisciplinar, do ponto de vista de quem organiza e oferece ações de formação, entendemos que a modalidade profissional da interdisciplinaridade apresenta-se com maior destaque em relação às demais, inclusive, englobando-as, pois, acreditamos que as três modalidades contribuem para a formação profissional. Ou seja, refletir a respeito da interdisciplinaridade no campo científico, escolar e prático é essencial para a formação de um professor para atuação interdisciplinar. Analogamente, os Saberes Docentes também podem ser associados à modalidade profissional. Com essas articulações queremos defender que, quando pensada à luz da formação de professores, a interdisciplinaridade profissional deixa de ser uma modalidade, podendo ser entendida como uma perspectiva que guia a organização de um modelo de formação.

Pensar a formação nessa perspectiva não pode se restringir apenas à inserção de novas disciplinas no currículo das licenciaturas, mas exige um repensar na concepção de formação que, mesmo ainda fortemente marcado pela organização disciplinar, pode superar a visão fragmentada, avançando em um currículo integrado e integrador, de maneira a estimular a formação interdisciplinar. Sendo assim, estratégias avaliativas que integrem mais de uma disciplina, desenvolvimento de projetos (tanto vivenciados enquanto professores em formação e em exercício) e o estímulo à resolução de problemas reais e complexos podem contribuir para tal formação.

Vale ressaltar ainda que, mesmo que não tenha vivenciado processos de formação que favoreçam a atuação interdisciplinar, um professor pode vir a desenvolver práticas interdisciplinares, porém, em nossa concepção, tais práticas serão desenvolvidas baseadas na interdisciplinaridade prática, ou seja, a partir das experiências cotidianas do docente, não necessariamente ligadas à sua formação acadêmico-profissional, semelhante ao Pensamento Docente Espontâneo (LOPES; SILVA JÚNIOR, 2014; SILVA JÚNIOR, 2014). Tal cenário

pode ser verificado nas pesquisas que apontam que os professores confundem a concepção de interdisciplinaridade com multidisciplinaridade, possuem visões ingênuas (AUGUSTO et. al., 2004) ou até mesmo assumem ter dificuldades quanto ao entendimento (SILVA, 2014) e quanto ao desenvolvimento de práticas interdisciplinares (AUGUSTO; CALDEIRA, 2007), justificados em sua maioria pela falta de reflexões acerca da temática, ou seja, ligadas diretamente à sua formação.

Complementando a reflexão, concordamos com Fazenda (2011), ao apontar que a formação de professores para a consecução da interdisciplinaridade na Educação Básica deve levar em consideração diversos aspectos, a saber:

- como efetivar o processo de engajamento do educador num trabalho interdisciplinar, mesmo que sua formação tenha sido fragmentada.
- como favorecer condições para que o educador compreenda como ocorre a aprendizagem do aluno, mesmo que ele ainda não tenha tido tempo para observar como ocorre sua própria aprendizagem;
- como propiciar formas de instauração do diálogo, mesmo que o educador não tenha sido preparado para isso.
- como iniciar a busca de uma transformação social, mesmo que o educador - apenas tenha iniciado seu processo de transformação pessoal.
- como propiciar condições para a troca com outras disciplinas, mesmo que o educador ainda não tenha adquirido o domínio da sua. (FAZENDA, 2011, p. 50)

Sendo assim, acreditamos que o debate teórico proposto neste tópico pode contribuir para a organização de estratégias de formação acadêmico-profissional e de formação continuada quanto à perspectiva interdisciplinar. Neste trabalho, nosso foco está voltado para a formação continuada de professores da área de Ciências Naturais, considerando nossa experiência e envolvimento na área, marco também de diversos trabalhos desenvolvidos pelo Grupo de Estudos em Educação Química - GEEDUQ/UFJF - (REIS, 2012; MELO, 2012; PYRÂMIDES, 2014; SILVA; LOPES, 2015; 2017; BASSOLI; LOPES; CÉSAR, 2015; ALIANE et. al., 2015; ROSA, 2017).

## 2.8 FORMAÇÃO DE PROFESSORES: NOSSO POSICIONAMENTO TEÓRICO

Partimos da crítica à concepção que aponta o professor como um mero reproduzidor de estratégias e conteúdos aprendidos ao longo de sua formação (acadêmico-profissional e continuada), perspectiva esta conhecida como Racionalidade Técnica (SCHÖN, 2000). Para Diniz-Pereira (2014, p. 36),

de acordo com o modelo da racionalidade técnica, o professor é visto como um técnico, um especialista que rigorosamente põe em prática as regras científicas e/ou pedagógicas. Assim, para se preparar o profissional da educação, conteúdo científico e/ou pedagógico é necessário, o qual servirá de apoio para sua prática. Durante a prática, professores devem aplicar tais conhecimentos e habilidades científicos e/ou pedagógicos.

O modelo da racionalidade técnica historicamente se estruturou na direção contrária a que defendemos, por desconsiderar os vários saberes inerentes à prática docente, as relações envolvidas nos processos de ensino-aprendizagem, o componente pessoal (ou seja, as crenças e atitudes dos professores frente sua prática), entre outros

Parece consenso que os currículos de formação de professores, baseados no modelo da racionalidade técnica, mostram-se inadequados à realidade da prática profissional docente. As principais críticas atribuídas a esse modelo são a separação entre teoria e prática na preparação profissional, a prioridade dada à formação teórica em detrimento da formação prática e a concepção da prática como mero espaço de aplicação de conhecimentos teóricos, sem um estatuto epistemológico próprio. Um outro equívoco desse modelo consiste em acreditar que para ser bom professor basta o domínio da área do conhecimento específico que se vai ensinar. (DINIZ-PEREIRA, 1999, p. 112)

Em contrapartida ao modelo supracitado, Diniz-Pereira (2014), baseado nos trabalhos de Schön (1983) e Karr e Kemmis (1986), apresenta outra concepção de formação docente: a racionalidade prática. Este modelo pressupõe que a prática docente não pode ser reduzida ao controle técnico, ou seja, o professor constrói conhecimentos profissionais ao longo da própria prática. Dessa forma, o professor é visto como um profissional que pensa e constrói saberes a partir de sua própria experiência, porém, possivelmente ainda de forma irrefletida ou tácita. De acordo com Diniz-Pereira (2014), este modelo pode ser marcado por limitações como: a instrumentalização da prática no sentido de classificar ações como boas ou ruins, podendo reforçar a perspectiva da tentativa e do erro, desconsiderando a importância da teoria, o que, em nosso ponto de vista, pouco contribui para a superação da tradicional dicotomia teoria-prática.

Um terceiro modelo, da racionalidade crítica, alicerça-se na perspectiva da docência como uma atividade social, política e problemática, baseada no princípio da pesquisa como orientadores da ação profissional (DINIZ-PEREIRA, 2014). Marcado por contribuições de pesquisadores e educadores como Jean Piaget e Paulo Freire, este modelo considera que

Como pedagogia e filosofia social, o levantamento de problema enfatiza relações de poder em sala de aula, na instituição, na formação de critérios padronizados de conhecimento e na sociedade como um todo. Ela considera o



contexto social e cultural da educação, perguntando como a subjetividade do estudante e suas condições econômicas afetam o processo de aprendizagem. A cultura do estudante bem como a desigualdade e a democracia são temas centrais para educadores “levantadores de problemas” quando eles examinam cuidadosamente o ambiente para a aprendizagem (SHOR, 1992 *apud* DINIZ-PEREIRA, 2014, p. 40).

Ou seja, a formação e atividade docente demandam clareza da importância do profundo conhecimento da realidade pelo professor, que, como sujeito pensante e crítico<sup>15</sup> deve atuar de maneira a mobilizar e construir saberes de forma refletida e ligada ao ambiente em que o mesmo se encontra.

Portanto, entendemos que a profissão docente se configura à partir de um conjunto complexo de variáveis, envolvendo questões teóricas, práticas, subjetivas, sociais e políticas, de maneira que é de extrema importância que o professor reconheça e valorize os conhecimentos teóricos ao mesmo tempo em que perceba as potencialidades dos conhecimentos construídos em sua prática cotidiana, percebendo, principalmente, a indissociabilidade entre teoria e prática, bem como se reconhecendo como sujeito pensante, construindo saberes norteados pela perspectiva da pesquisa.

A título de finalização deste capítulo, entendemos que a formação pela abordagem de temas (AULER; DALMOLIN; FENALTI, 2009) pode contribuir para a constituição de ambientes de formação interdisciplinares, uma vez que os mesmos favorecem a mobilização de conceitos de diversas áreas, bem como articulação dos mesmos com questões sociais, políticas, econômicas, enfim, se aproximando de abordagens de natureza complexa, mais próxima da realidade vivida atualmente. Dessa forma, um tema que vem se destacando na atualidade é Nanociência e Nanotecnologia (N&N); dedicaremos um capítulo para a discussão deste tema, caracterizando-o e refletindo sobre possibilidades de inserção na Educação Básica e na Formação de Professores.

---

<sup>15</sup> Desta perspectiva emerge nossa forte crítica à corrente da Escola sem Partido que vem sendo difundida no Brasil nos últimos anos. De acordo com nossa visão, este movimento contribui para o retorno ao modelo da racionalidade técnica, justamente pelo fato de desconsiderar a docência como uma atividade principalmente social e política.

### 3 NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA: DEFINIÇÕES, POTENCIALIDADES, CONTROVÉRSIAS E RELAÇÕES COM O ENSINO DE CIÊNCIAS

#### 3.1 PROVOCAÇÕES INICIAIS

A Nanociência e a Nanotecnologia (N&N) vem permitindo-nos vislumbrar novas compreensões acerca do mundo natural, principalmente no que diz respeito às propriedades de materiais, com impacto crescente na organização da sociedade via desenvolvimento de novas tecnologias. Uma vez que este é um tema que vem difundindo-se cada vez mais nas mídias (NOVO, 2013), entendemos que é interessante empreender esforços buscando investigar como a temática vem se apresentando à sociedade e de que maneira pode contribuir para a formação em Ciências da população.

Peter Schulz relatou em 2005 (SCHULZ, 2005) que o termo nanotecnologia aparecia 33.400 vezes em uma busca rápida no *Google*. Hoje, corridos 13 anos, a mesma pesquisa revela um número aproximado de 10.700.000<sup>16</sup>. Se utilizado o termo correspondente em inglês, encontramos um número de 52.800.000<sup>17</sup>. Dessa forma, podemos perceber um crescimento muito grande desta área ao longo da última década, gerando o que Shulz (2005) já denominava de “nanomania”. Portanto, dedicamos este texto a um debate que envolve conceitos básicos e aplicações da N&N, controvérsias envolvidas, como este tema vem se difundindo na sociedade e possíveis relações com o ensino de Ciências.

#### 3.2 A ESCALA NANOMÉTRICA: PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA N&N E ALGUMAS APLICAÇÕES

As primeiras ideias a respeito deste campo de conhecimento são atribuídas ao físico norte-americano Richard Feynman, destacando uma palestra por ele conferida em um encontro da American Physical Society em 1959, denominada “There is a plenty of room at the bottom<sup>18</sup>”

<sup>16</sup>[https://www.google.com/search?q=nanotecnologia&rlz=1C1CHZL\\_pt-BRBR768BR768&oq=nanotecnologia&aqs=chrome..69i57j015.6715j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=nanotecnologia&rlz=1C1CHZL_pt-BRBR768BR768&oq=nanotecnologia&aqs=chrome..69i57j015.6715j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8)- acessado em 23/04/2019. A busca foi realizada inserindo o termo “nanotecnologia” na caixa de pesquisa do Google.

<sup>17</sup>[https://www.google.com/search?rlz=1C1CHZL\\_pt-BRBR768BR768&ei=fkO\\_XM\\_JO7G95OUPltCk4A8&q=nanotechnology&oq=nanotechnology&gs\\_l=psy-ab.3..0i131j019.126614.130887..132627...0.0..0.144.530.0j4.....0....1..gws-wiz.....0i71j0i10j0i30.DcM-sJ0UqKQ](https://www.google.com/search?rlz=1C1CHZL_pt-BRBR768BR768&ei=fkO_XM_JO7G95OUPltCk4A8&q=nanotechnology&oq=nanotechnology&gs_l=psy-ab.3..0i131j019.126614.130887..132627...0.0..0.144.530.0j4.....0....1..gws-wiz.....0i71j0i10j0i30.DcM-sJ0UqKQ) – acessado em 23/04/2019. A busca foi realizada inserindo o termo “nanotechnology” na caixa de pesquisa do Google.

<sup>18</sup> Uma das traduções mais aceitas é “Há muito espaço lá embaixo”.

(ALVES, 2004; SCHULZ, 2005; TOMA, 2009). Nesta palestra, o aclamado físico chegou a vislumbrar a possibilidade de armazenar toda a informação contida na Enciclopédia Britânica<sup>19</sup> na ponta de um alfinete.

A partir deste “marco”, diversos países começaram a empreender esforços neste campo, que de certa forma já vinha se constituindo lentamente ao longo do século anterior com o desenvolvimento da microscopia e suas vertentes, bem como novas formas de identificar e manipular materiais em escalas cada vez menores (JOACHIM; PLEVERT, 2009).

Alves (2004) apresenta alguns momentos históricos como importantes para o desenvolvimento da N&N, destacando as contribuições de norte-americanos, japoneses e de alguns países europeus, como observado no quadro 3. Vale destacar que a N&N teve um grande impulso nas décadas de 1970 e 1980, principalmente devido à construção do microscópio eletrônico de tunelamento e de alguns nanomateriais à base de carbono (grafeno, nanotubos, fulereno). O termo nanotecnologia foi cunhado em meados da década de 1970, por Norio Tanigushi (TANIGUSHI, 1974), que atuava na Tokio Science University, desenvolvendo pesquisas na área de processamento de ultra-precisão de materiais empregando feixes de energia. Outra importante contribuição para o desenvolvimento desta área está ligada aos trabalhos do engenheiro norte-americano Eric Drexler, principalmente a ideia apresentada no livro “Engines of creation”, na qual o pesquisador teoriza sobre a possibilidade de construir nanomáquinas inteligentes<sup>20</sup>.

---

<sup>19</sup> Naquela época a Enciclopédia Britânica era composta por 24 volumes, o que gerava grande expectativa, uma vez que a ideia de armazenamento de informação em espaços cada vez menores era de grande interesse geral. Atualmente, com a eletrônica e a computação cada vez mais desenvolvidas, lidamos com essa realidade a todo momento.

<sup>20</sup> Eric Drexler propôs a possibilidade de manipular átomos para desenvolver qualquer tipo de material, especificamente nanorrobôs, que poderiam desempenhar funções específicas, o que pode trazer uma revolução sem precedentes para a humanidade.

Quadro 3: Breve cronologia da nanotecnologia.

1959	Conferência de Richard Feynman, na Reunião da Sociedade Americana de Física.
1966	Lançamento do filme Viagem Fantástica ( <i>Fantastic Voyage</i> ), baseado no livro de Isaac Asimov.
1974	O Físico Norio Taniguchi cunha o termo nanotecnologia.
1981	Publicação do trabalho de Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, criadores do microscópio eletrônico de tunelamento ( <i>scanning tunneling microscope</i> ).
1985	Descoberta dos fulerenos, por Robert Curl, Harold Kroto e Richard Smalley.
1986	Publicação do livro de Eric Drexler, " <i>Engines of Creation</i> ".
1989	O Físico Donald Eigler escreve o nome IBM (International Business Machines) com átomos de xenônio.
2000	A Administração Clinton (EUA) lança no California Institute of Technology, a <i>National Nanotechnology Initiative</i> .
2001	O biofísico holandês, Cees Dekker, demonstrou que os nanotubos poderiam ser usados como transistores ou outros dispositivos eletrônicos.
2001	Equipe da IBM (EUA) constrói rede de transistores usando nanotubos, mostrando mais tarde o primeiro circuito lógico à base de nanotubos.
2002	O químico da Northwestern University (EUA), Chad Mirkin, desenvolve plataforma, baseada em nanopartículas, para detecção de doenças contagiosas.

Fonte: ADAPTADO DE ALVES, 2004.

Materiais organizados na escala nanométrica podem apresentar novas propriedades físico-químicas (FURLAN, 2009; GATOO et al., 2014; ZARBIN; OLIVEIRA, 2013), até então não observadas na escala macroscópica ou em aglomerados envolvendo poucos átomos, tais como: variações em propriedades espectroscópicas como a cor; variações na reatividade e na condutividade térmica e elétrica, por exemplo. Isso se deve a mudanças na estrutura eletrônica dos materiais, influenciadas, por exemplo pela forma ou aumento na área superficial (GATOO et al., 2014). Outro ponto a ser considerado são as forças que influenciam o comportamento e as propriedades dos nanomateriais: nesta escala predominam os efeitos quânticos e as interações de Van der Waals, em detrimento de grandezas físicas macroscópicas como o atrito, por exemplo.

De maneira geral, a N&N envolve o estudo e manipulação de materiais organizados em valores compreendidos no intervalo 1-100 nanômetros (BERG, 2010; GATOO et al., 2014; ZARBIN; OLIVEIRA, 2013). Quanto à preparação ou obtenção, as nanopartículas ou os nanomateriais podem ser produzidos por dois métodos distintos: em sentido ascendente, a partir

de átomos e moléculas, de modo que tais entidades vão sendo interligadas até atingirem o tamanho de interesse na escala nanométrica; este método é conhecido como *bottom up*. O segundo método baseia-se no sentido descendente, no qual macroestruturas podem ser clivadas ou reduzidas ao tamanho nanométrico e é conhecido como *top down* (TOMA, 2009).

Inúmeras aplicações vem sendo desenvolvidas e vislumbradas: os nanotubos de carbono (folha de grafeno “dobradas” de maneira a formar um cilindro), que podem ser utilizados no campo da eletrônica, no desenvolvimento de filmes finos, sensores e biosensores (ZARBIN; OLIVEIRA, 2013); nanocompósitos (nanomateriais associados a polímeros e resinas), oferecem maior proteção contra a umidade, resistência e leveza a novos produtos, podendo diminuir a quantidade de plástico consumida (TOMA, 2009); no tratamento de câncer por exemplo, por meio da liberação controlada de medicamentos diretamente no alvo de interesse: o medicamento é funcionalizado com nanopartículas que o “protegem” contra a degradação prematura via interação com outros sítios no organismo humano, potencializando sua liberação diretamente no local de interesse (ROSSI-BERGMAN, 2008; FAROKHZAD; LANGER, 2009), entre diversas outras tantas aplicações.

Podemos apreender que a N&N vem trazendo novas perspectivas para a Ciência e para a sociedade, de maneira que as previsões se mostram promissoras. Adicionalmente, pode ser entendida como uma área interdisciplinar (PORTER; YOUTIE, 2009), uma vez que promove e, de certa forma, exige a articulação entre diversos campos de pesquisa e de profissionais das mais diversas áreas. Por outro lado, por ser relativamente recente, pode trazer consigo desafios até então desconhecidos e até mais complexos do que os que vivenciamos hoje, justamente pelo fato de se saber pouco sobre possíveis impactos negativos, como por exemplo, a questão da toxicologia de nanomateriais (MARTINEZ; ALVES, 2013). Entretanto, o uso de termos como “máquinas moleculares”, por exemplo, pode contribuir para uma visão equivocada da N&N, ou seja, de que esta área busca a transformação de objetos grandes em objetos menores. O ponto central é: a N&N ultrapassa a simples miniaturização!

De acordo com Schulz (2005), a compreensão da N&N exige superar a ideia da simples miniaturização de objetos, apresentando a seguinte comparação: os primeiros relógios por nós construídos eram constituídos por grandes engrenagens e pêndulos; atualmente, podemos encontrar alguns modelos de relógio em tamanho reduzido, por exemplo, de parede ou de pulso (pensando somente em termos de relógios mecânicos). Ou seja, o relógio com componentes mecânicos, pêndulos e as demais características que conhecemos sofreu um processo de miniaturização ao longo do tempo, permitindo intensas modificações no objeto.

Podemos dizer que este processo de miniaturização, ou de busca por maximização na relação eficiência/tamanho de certa forma acompanha a humanidade ao longo da história e muito contribuiu para o desenvolvimento de diversas tecnologias, bem como para alcançarmos o patamar atual. Entretanto, este exemplo do relógio, como diversos outros, não retrata o que se conhece como N&N. De acordo com diversos autores (ALVES, 2004; BERG, 2010; SCHULZ, 2005; TOMA, 2005), os termos Nanociência e Nanotecnologia referem-se ao estudo e desenvolvimento de materiais que possuam no mínimo uma das três dimensões em escala nanométrica.

O prefixo nano descreve uma ordem de grandeza, vem do grego e quer dizer essencialmente um bilionésimo de alguma coisa. No caso atual estamos interessados em um bilionésimo de metro, o nanômetro. Nanociência e nanotecnologia são, portanto, ciência e tecnologia que acontecem ou são feitas nessa escala de comprimento, mas de maneira controlável e reprodutível, envolvendo fenômenos que muitas vezes não ocorrem em outras escalas de tamanho. Em outras palavras, não estamos falando simplesmente de miniaturização de algo grande para algo muito pequeno. (SCHULZ, 2005, p. 58).

Dessa forma, apreende-se que N&N envolve um campo de estudo no qual há a possibilidade de emergência de propriedades não observadas em outras escalas para um determinado material ou substância, o que gera interesse pelo estudo e desenvolvimento de pesquisas nesta área.

À guisa de fechamento deste tópico, podemos dizer que, apesar dos inúmeros exemplos favoráveis apresentados, a N&N suscita controvérsias no campo científico e na sociedade de modo geral, e apresentaremos alguns aspectos ligados a esta questão na sequência.

### 3.3 CONTROVÉRSIAS LIGADAS À NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA

Embora apresente aplicações nas mais diversas áreas e possibilite vislumbrar novas perspectivas no campo científico, a N&N desperta vários debates e críticas, dividindo pesquisadores das mais diversas instituições em nível global. Peter Schulz (2009) bem ilustra essa questão, ao escrever que

A palavra “nanotecnologia” aparece em frases que falam sobre “nova Revolução Industrial”, “melhoria da qualidade de vida e desempenho humano”, “revolução invisível” ou “acabar com a fome no mundo e curar doenças”. Por outro lado, a “inovação é um elemento fundamental no desenvolvimento econômico”, melhor dizendo: “ciência. Tecnologia e inovação para o desenvolvimento nacional”, de preferência “sustentável e visando a inclusão social” [...] podemos verificar que tudo o que está entre

aspas é positivo, mas inovação e nanotecnologia são também frequentemente associadas à exclusão social, riscos de crescimento não-sustentável, impactos ambientais negativos e sobre a saúde [...] Em resumo, inovação é associada tanto a aspectos positivos quanto negativos, tal como a nanotecnologia. Muitas vezes nos acostumamos a essas ideias, criamos o hábito de falar e opinar sobre esses conceitos. Não é difícil juntar um grupo de bate-papo com defensores dos dois lados e promover um animado debate que substitua a discussão sobre o último jogo entre Brasil e Argentina, por exemplo. (SCHULZ, 2009, p. 8)

No campo científico, ao mesmo tempo em que a cada dia surgem artigos sugerindo diversas aplicações advindas da nanotecnologia, como por exemplo o uso de nanotubos como biosensores, auxiliando no diagnóstico e tratamento de câncer, também surgem trabalhos advertindo sobre o potencial cancerígeno dos mesmos nanotubos (SCHULZ, 2009). Na França, país que muito vem contribuindo para o crescimento da N&N, este debate mostra-se bastante forte, de maneira que as críticas tecidas à N&N chegam a prever um futuro “sombrio” (JOACHIM; PLEVERT, 2009).

Joachim e Plevert (2009) relatam também que tal preocupação está mais fortemente presente nos países ocidentais, principalmente na Europa e nos Estados Unidos, onde, segundo os autores, supostamente há maior interesse da população sobre as questões científicas e, conseqüentemente, maiores críticas e preocupações em relação à N&N.

A demanda de regulamentação da produção e utilização dos nanomateriais, sobretudo os fabricados a partir de nanopartículas, é cada vez maior nos países ocidentais. Todos têm na memória o caso do amianto, que poderia ser responsável por cerca de 100 mil mortos nos próximos 20 anos. As nanopartículas preocupam, pois se imagina que possam atingir os alvéolos mais profundos dos pulmões, transpor as barreiras biológicas (cerebral ou intestinal) e passar para o sangue com mais facilidade que partículas mais volumosas (JOACHIM; PLEVERT, 2009, p. 119)

No Brasil, também podemos perceber correntes favoráveis e contrárias ao desenvolvimento da N&N. De maneira geral, a comunidade científica que trabalha diretamente com N&N vem empreendendo esforços no sentido de desenvolvimento da área, ao passo que pesquisadores da área de Ciências Humanas<sup>21</sup> e da Saúde vem defendendo maior regulamentação das pesquisas na área, na perspectiva da precaução, tendo como argumentos

---

<sup>21</sup> Neste campo destaca-se o sociólogo Paulo Roberto Martins, que vem atuando ativamente na promoção de debates a respeito da regulamentação da pesquisa em N&N no Brasil, sendo inclusive o idealizador e coordenador da Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Renanosoma), cuja página pode ser acessada pelo link: <http://www.nanotecnologiadoavesso.org/>.

principais o desconhecimento de possíveis efeitos dos produtos nanotecnológicos para a saúde humana (DELGADO; PAUMGARTTEN, 2013; HOHENDORFF; COIMBRA; ENGELMANN, 2016; MARTINEZ; ALVES, 2013).

Enquanto cientistas e grande parte da mídia enfatizam os fantásticos potenciais da nanotecnologia, principalmente para a área biomédica, ecologistas e ambientalistas questionam seus impactos ambientais inesperados. As narrativas sobre a nanotecnologia variam entre os extremos do pavor e do entusiasmo. (PYRRHO; SCHRAMM, 2012, p. 2026)

Assim, abre-se uma nova perspectiva ligada aos riscos da N&N, que vem sendo denominada Nanotoxicologia (JOACHIM; PLEVERT, 2009; MARTINEZ; ALVES, 2013; SCHULZ, 2009). De maneira geral, esta área emerge devido à preocupação com os possíveis efeitos toxicológicos das nanopartículas e nanomateriais, a emergência de novas propriedades, podendo apresentar novas formas de interação com organismos vivos e com o meio ambiente.

A preocupação com a nanotoxicidade surge na medida em que diversificados nanomateriais são sintetizados, manipulados e descartados em diferentes ambientes, sejam naturais, urbanos ou industriais, sem o devido controle e regulamentação. Alguns motivos para atenção e cautela com os nanomateriais são: a) crescente produção industrial (aumento do risco de exposição); b) elevada área superficial devido tamanho nanométrico (alta reatividade química); c) enorme diversidade composicional e estrutural (sínteses, preparações, modificações, funcionalizações, heterogeneidade e impurezas); d) ensaios toxicológicos tradicionais não estão adaptados e padronizados para nanomateriais. (MARTINEZ; ALVES, 2013, p. 33)

No que diz respeito aos mecanismos de regulamentação e precaução quanto à nanotoxicidade no Brasil, Pyrrho e Schramm (2012) mostram-se contrárias as políticas atuais, destacando que efeitos toxicológicos observados em materiais já conhecidos não podem ser associados aos nanomateriais:

Ao desconhecimento parcial das propriedades dos materiais, conjuga-se o fato de que os atuais mecanismos de regulação baseiam-se somente na composição química dos materiais, não levando em conta o processo de síntese e a conformação química dos compostos. Apesar de os estudos científicos apontarem repetidamente para o surgimento de propriedades e perfis de toxicidade diversos e relacionados à manipulação nanoescalar dos materiais, as agências e mecanismos de controle e regulação têm negligenciado este aspecto, mantendo os mesmos sistemas de classificação e testes usados em outros materiais, considerando novos materiais nanoestruturados como bioequivalentes a seus materiais brutos correspondentes. Essa postura dos mecanismos reguladores possibilita, por exemplo, que um novo composto nanoestruturado chegue ao mercado de medicamentos sem passar por novos testes de toxicidade, desconsiderando que as reações orgânicas podem ser completamente diversas. (PYRRHO; SCHRAMM, 2012, p. 2025)



As autoras ainda destacam dois aspectos éticos intimamente ligados ao advento da N&N: a incerteza e a condição humana. No que diz respeito ao primeiro aspecto, advogam que a N&N é condicionada pelo desconhecido e pela imprevisibilidade, fatores que podem contribuir para o receio quanto às novas possibilidades. Já o segundo aspecto diz respeito à possibilidade de criar novos “padrões” humanos, uma vez que a N&N abre perspectivas de manipulação e modificação do DNA, cuja estrutura está compreendida na escala nanométrica, (PYRRHO; SCHRAMM, 2012).

[...] esse convite a despir o DNA de seu caráter simbólico não se dá sem motivos, pois, ao desejar manipulá-lo, replicá-lo e usá-lo massivamente como material e amparo para a produção de outros materiais, sua representação como “código da vida” seria contraprodutiva, já que despertaria medo no público em geral. Por essa razão, o uso do DNA como material nanotecnológico por excelência, em suas dimensões simbólica e discursiva, certamente impactarão sobre a opinião pública. (PYRRHO; SCHRAMM, 2012, p. 2030)

De maneira geral, apesar das controvérsias que envolvem a N&N, tal se apresenta como uma área de pesquisa relevante e que merece investimentos; entretanto, devido ao fato da imprevisibilidade e de estudos que mostram potenciais tóxicos dos nanomateriais, é importante buscar um equilíbrio entre a crítica aos riscos bem como a defesa das potencialidades associados à N&N, tanto na pesquisa como na divulgação deste assunto para a população geral, foco da discussão a seguir.

### 3.4 A MÍDIA E A IMAGEM DA N&N

Conforme debatido anteriormente, o forte crescimento da N&N observado principalmente na última década vem sendo acompanhado por inúmeras controvérsias e críticas, tanto favoráveis como desfavoráveis. Ademais, as inúmeras promessas vislumbradas começam a se materializar em produtos comercializados nos ramos alimentício, saúde e nos mais diversos acessórios (SCHULZ, 2009; TOMA, 2009), o que vem gerando um mercado economicamente lucrativo. Um relatório elaborado pela MarketResearch.com estimou a dimensão deste mercado em cerca de 10 bilhões de dólares em 2006, com previsão de crescimento para 25 bilhões de dólares em 2011 (SCHULZ, 2009). Desta forma, este assunto ultrapassa a comunidade científica e já vem se difundido na sociedade, de maneira que já somos consumidores de produtos advindos deste mercado, inclusive de produtos equivocadamente definidos como de N&N. Neste sentido, N&N é um assunto que ganha espaço na mídia, que por sua vez, possui forte impacto na percepção pública a respeito do tema.

Dias (2017) buscou analisar como a N&N é retratada na mídia britânica, avaliando as publicações na forma de texto em duas páginas de maior circulação no Reino Unido (BBC News e The Guardian), entre os anos de 2009 e 2012. Percebeu que a maioria dos textos estão ligados à área de saúde, considerando que assuntos nesta área possuem alto valor-notícia<sup>22</sup>. Desta forma, boa parte dos textos concentrou-se em apresentar impactos positivos para o ser humano e para o dia-a-dia em detrimento de textos com foco em conflitos e controvérsias, apesar de o autor considerar que este último critério também possui alto valor-notícia.

No contexto brasileiro, Amorim (2008) analisou como a N&N foi abordada no Jornal Folha de São Paulo. Em sua análise, investigou 61 textos publicados entre 1996 e 2007 e verificou a marca do otimismo em relação à N&N nos textos analisados. Do total de artigos analisados, 49 versavam sobre as potencialidades, sete sobre possíveis riscos e cinco traziam algumas descobertas sem um posicionamento. Entretanto, a autora mostra que ao longo dos anos, houve uma diminuição do apelo aos aspectos supervalorização da área, visto o crescimento de trabalhos científicos mostrando produtos concretos e menos “sensacionais”.

Invernizzi (2008) investigou como a N&N foi abordada no Jornal da Ciência e no Boletim da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência entre os anos de 2002 e 2007 e percebeu que a maioria dos textos traziam membros da comunidade científica e não valorizavam, por exemplo, membros das organizações não-governamentais, da política ou da opinião pública, os quais vem se caracterizando como grupos que suscitam o debate sobre os aspectos negativos e da regulamentação da pesquisa e do uso da N&N.

Novo (2013) acompanhou as reportagens sobre N&N nas revistas *Veja* e *Scientific American* entre junho de 2009 e junho de 2011, considerando o alcance público das duas revistas, bem como o perfil dos leitores. Na análise realizada, percebeu que, nas reportagens publicadas pela revista *Veja*, há predomínio de empresas como fontes de informação, forte presença de figuras públicas e os textos são escritos na maioria por repórteres, enquanto na revista *Scientific American* (revista especializada na área científica) os cientistas e universidades da comunidade estrangeira aparecem como a maior fonte de consulta dos textos produzidos. Vale ressaltar que tais diferenças possivelmente estão relacionadas aos valores-

---

<sup>22</sup> Valor-notícia pode ser entendido como um conjunto de critérios que possibilitam um acontecimento torna-se notícia. Tais critérios consideram, entre outros aspectos: frequência ou duração do acontecimento (considerando a periodicidade do veículo de comunicação), amplitude do acontecimento (número de pessoas envolvidas, carga dramática), clareza, significância, o inesperado, continuidade, personalização, negatividade, referência a pessoas da elite (Moreira, 2006). Ou seja, é o conjunto de fatores que envolvem a possibilidade de um acontecimento atingir a população e, conseqüentemente, gerar audiência para o meio que o divulga.

notícia atribuídos por cada revista às reportagens. Apesar das diferenças, houve consonância no teor das notícias publicadas em ambas as revistas: abordagem exclusiva dos benefícios e produtos advindos da N&N, sem apresentar possíveis riscos e impactos negativos.

Portanto, de maneira geral, podemos perceber que há uma tendência a maior valorização de aspectos positivos em detrimento de riscos e impactos negativos relacionados à N&N na mídia, o que pode contribuir para a difusão de concepções equivocadas a respeito da temática entre a população, induzindo principalmente o surgimento de visões “fantásticas” ou “salvacionistas” sobre a N&N.

uma limitação encontrada nos artigos examinados se revela no momento em que nenhuma matéria abarcou efeitos danosos para a saúde ou o ambiente advindos do uso da nanotecnologia, o que pode levar o leitor a concluir que não há pesquisas que apontem aspectos negativos referentes ao emprego de nanopartículas na confecção dos mais variados produtos. (NOVO, 2013, p. 50)

Concluimos que é necessário investir em ações educativas que propiciem a construção de uma visão mais crítica pela população a respeito da N&N, de maneira a considerar suas potencialidades ao mesmo tempo em que se avalie possíveis riscos e impactos. Ou seja, apresentando as duas visões que atualmente se apresentam na comunidade científica e na sociedade, para que as pessoas possam ter subsídios concretos para a formação de suas opiniões sobre este tema. Dessa forma, optamos agora em levar as discussões sobre N&N para o campo educacional, mais especificamente no Ensino de Ciências.

### 3.5 N&N NO CONTEXTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS

A partir das questões levantadas anteriormente, entendemos que a N&N se configura como um tema sociocientífico, uma vez que envolve questões ambientais, políticas, econômicas, éticas, sociais e culturais envolvendo ciência e tecnologia (SANTOS; MORTIMER, 2009), além de ser um tema atual. Segundo Siqueira-Batista et al. (2010, p. 479)

[...] a apreciação de temas da atualidade se constitui em abordagem bastante salutar para motivar as discussões sobre tais temáticas em sala de aula. Neste domínio se inserem a nanociência e a nanotecnologia, saberes que podem ser abordados de forma interdisciplinar, envolvendo as ciências exatas e da natureza de forma articulada às ciências humanas e sociais.

Cada vez mais cresce o interesse da sociedade a respeito da N&N, e faz-se necessário criar condições para que as pessoas possam se posicionar criticamente frente à emergência deste tema, bem como na medida em que novos temas científicos surgem e se difundem no meio social.

O estudo de qualquer problemática vinculada à nanotecnologia insere-se numa polêmica reconhecidamente forte desde o início, tanto por suas implicações quanto pelo que afeta a relação entre natureza e cultura. As implicações, sobretudo, no campo do debate ético, legal e social, são de tal relevância que o estudo da intervenção das nanotecnologias é por si um desafio que não apavora, mas atrai por sua inediticidade. O questionamento ético da nanotecnologia se constitui numa problematização que é o fundamento e conduz diretamente a discussões filosóficas e políticas contemporâneas que estas representam, sobretudo, por não terem surgido repentinamente, mas senão se constituído em relação a uma série de desenvolvimentos tecnológicos precedentes. O mesmo fato ocorreu com a aplicação de energia nuclear, a constatação da contaminação do ambiente, as inovações e manipulações biotecnológicas e as modernas tecnologias de informação e comunicação que deram e dão ainda lugar à reflexão e análises em distintas áreas de interesse ético. Muitas destas análises pressupõem algum conhecimento das discussões em história, filosofia, antropologia, sociologia (já temos a filosofia da ciência, a antropotecnologia e a sociobiologia em ação), assim como dos processos legais. Sobre estes últimos, é importante considerar que é preciso discutir alguns aspectos envolvidos na questão nanotecnológica, fornecendo embasamento para a avaliação da legislação vigente, sobretudo dinamizada face ao uso dos transgênicos, e para o futuro desenvolvimento de instrumentos legais adequados a esta inovação, bem como de suas possíveis implicações (SILVA, 2003, p. 11).

Portanto, apresentamos no quadro 4 características que, em nosso ponto de vista, possibilitam a inserção da N&N no âmbito da educação escolar e, mais especificamente, no Ensino de Ciências, potencializando a formação de cidadãos críticos e melhor informados a respeito dos resultados do conhecimento produzidos pela Ciência.

Quadro 4: Características que qualificam a N&N como um tema importante de ser abordado no ensino.

Envolve diversos conceitos de Biologia, Física e Química.
Possui característica interdisciplinar e possibilita tal abordagem.
É um tema controverso.
É atual e presente na mídia.
É pouco explorado de forma crítica, exigindo abordagens mais sistematizadas.
É de interesse da comunidade científica e também da sociedade de modo geral.
Suscita o debate de questões políticas, econômicas, éticas e ambientais.
Demanda compreensão pública.

Fonte: ELABORADO PELOS AUTORES.

No que diz respeito à abordagem da N&N no ensino de Ciências, percebe-se que tal assunto aparece timidamente. Trabalhos de análise deste tema em livros didáticos (CAMARA; PROCHNOW, 2016; SILVA; LOPES, 2016) e pesquisas bibliográficas (JESUS; HIGA, 2014; SIQUEIRA-BATISTA et al., 2010) são observados predominantemente em eventos da área.

De maneira geral, podemos observar três tendências principais nas publicações envolvendo N&N no ensino de Ciências: 1 - textos de divulgação sobre o tema (GOMES; COSTA; MOHALLEM, 2016; SCHULZ, 2005; SILVA; VIANA; MOHALLEM, 2009; TOMA, 2005); 2 - ações envolvendo estudantes da Educação Básica (BLONDER; SAKHNINI, 2012; CLEBSCH; WATANABE, 2017; ELLWANGER, 2010; ELLWANGER et. al., 2014; GAMA, 2013; LEITE et. al.; LEONEL, 2010; LOURENÇO et. al., 2017; PEREIRA; HONÓRIO; SANOMYIA, 2010; REBELLO et. al., 2012; STRAVOU et. al., 2015; TASCIA et. al., 2014) e, finalmente, 3 - perspectivas para a formação de professores (BASSOTO, 2011; EKLI; SAHIN, 2010; FERNANDES, 2016; LEONEL; SOUZA, 2009; LIMA; ALMEIDA, 2012; PEREIRA, 2009).

Na primeira tendência, os textos procuram aproximar a N&N dos professores e dos estudantes da Educação Básica; assim é possível observar a busca pelo equilíbrio entre termos excessivamente específicos e uma linguagem mais próxima do público-alvo, além do uso de analogias para facilitar o processo de transposição didática:

Com a atual publicidade de temas envolvendo nanociência e nanotecnologia, os professores têm que estar preparados para responder perguntas de crianças e adolescentes curiosos. Esses professores[...] precisam saber que a nanotecnologia não é um novo e separado campo de conhecimento, mas envolve conceitos já dominados por eles como átomos e moléculas, tamanho de partículas, escalas métricas, área superficial específica, adesão, entre outros [...] Com a história de Rita, buscamos abordar vários desses conceitos de uma maneira fácil e didática, que poderá auxiliar professores e alunos a se inteirarem do fabuloso mundo da nanotecnologia. (SILVA et al., 2009, p. 178).

O professor Henrique Toma, um dos pioneiros na divulgação da N&N no Brasil, em seus textos (TOMA, 2005) traz um breve histórico e um panorama da área. Também discute inúmeros conceitos e áreas de aplicação, como na gravação de CDs e DVDs, o desenvolvimento de dispositivos moleculares, ligados principalmente aos materiais eletrônicos, como telas de celulares e computadores, circuitos eletrônicos, entre outros.

Quanto à segunda tendência, que concentra maior número de publicações, observamos a análise de concepções de estudantes (LOURENÇO et al., 2017), proposição, aplicação e avaliação de atividades experimentais com alunos do Ensino Fundamental e Médio

(BLONDER; SAKHNINI, 2012; GAMA, 2013; REBELLO et al., 2012; TASCA et al., 2014), uso de tecnologias da informação e comunicação (CLEBSCH; WATANABE, 2017; ELLWANGER et al., 2012), levantamento de materiais e recursos didáticos (PEREIRA et al., 2010) e minicursos e aulas expositivas dialogadas (LEITE et al., 2013; LEONEL; SOUZA, 2009; STRAVOU et al., 2015).

Ao analisar as concepções de estudantes das três séries do Ensino Médio por meio de desenhos dos mesmos, Lourenço et al. (2017, p. 40) perceberam que

As concepções dos alunos, em sua maioria, sobre Nanotecnologia permeavam um conhecimento desta área como relacionada a aparelhos eletrônicos e circuitos eletrônicos. Apenas uma pequena parcela dos alunos apresentou uma relação da Nanotecnologia com, por exemplo, átomos e moléculas e fez uma relação desta área do conhecimento com escala de tamanho. Identificamos também que não houve diferença significativa das concepções dos alunos com relação à série do ensino médio que cursa.

O trabalho de Rebello et al. (2012) buscou abordar a N&N a partir da perspectiva CTS em turmas do 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública. Neste trabalho, os autores desenvolveram um experimento de formação de nanopartículas magnéticas de  $Fe_3O_4$  e partir de materiais de baixo custo e fácil acesso, discutindo conceitos de reação química, cátions e ânions, além de uma simulação virtual da formação de nanocompostos de magnetita e quitosana, que possuem potencial farmacológico, além do papel da nanociência e nanotecnologia nos dias atuais. Entretanto, são poucos os trabalhos que lançam mão de atividades experimentais para a abordagem deste tema; de acordo com Jesus e Higa (2014, p. 7):

No ensino de Ciências da Natureza (Física Química e Biologia) a experimentação é uma atividade bastante utilizada, mas no ensino de nanotecnologia isso não ocorre tão intensamente, possivelmente porque a temática não favoreça a utilização de tal atividade no contexto brasileiro [Educação Básica], talvez pela carência de estrutura de laboratórios de ensino.

Ellwanger et al. (2012) desenvolveram um módulo didático envolvendo diferentes etapas, abordando curiosidades a respeito do tema, a questão da escala, simulações sobre o comportamento de nanopartículas e lançando mão de textos de divulgação científica que versavam sobre N&N. Perceberam que a linguagem mais formal em alguns textos utilizados limitou a compreensão dos estudantes em alguns momentos, mas de forma geral, ao final do módulo, os mesmos apresentaram bons argumentos nas produções textuais avaliadas.

Pereira et al. (2010, p. 74) afirmam que “A aprendizagem e o entendimento do tema Nanotecnologia, bem como suas aplicações, é fundamental no ambiente escolar.” Dessa forma,

realizaram um extenso levantamento de recursos on-line ligados à N&N. Observaram que a maioria dos materiais encontrados é de origem estrangeira e que ainda existe certa dificuldade em adaptar os materiais em uma linguagem mais apropriada para os alunos da Educação Básica.

Stravou et al. (2015) desenvolveram uma sequência de ensino para estudantes com idade entre 14 e 15 anos, ou seja, equivalentes ao primeiro ano do Ensino Médio no Brasil, abordando conceitos como tamanho e escala, propriedades dependentes do tamanho, ferramentas e instrumentação e as relações Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). Perceberam que os estudantes conseguiram desenvolver conceitos básicos a respeito de N&N, além de relacionar questões sociais e éticas com ciência e tecnologia. De maneira geral, as principais dificuldades dos estudantes estavam ligadas ao entendimento e à comparação de tamanhos no nível microscópico, além de explicar as mudanças nas propriedades do ouro quando em diferentes tamanhos na escala nanométrica.

Com relação à terceira tendência, em seu trabalho de mestrado, Fernandes (2016) desenvolveu uma série de atividades com futuros professores de Química: foram levantadas as concepções dos licenciandos sobre N&N, também foram desenvolvidas atividades envolvendo a construção de conceitos com os mesmos, bem como vislumbrando a abordagem de N&N na Educação Básica, considerando que os licenciandos estavam desenvolvendo seus estágios em escolas no referido período. Entretanto, verificou dificuldades por parte dos licenciandos quanto ao desenvolvimento de abordagens envolvendo N&N.

No que diz respeito a efetiva utilização da temática pelos licenciandos pesquisados, foi possível observar que a maioria se interessou pelo tema, mas não sentiram-se seguros para trabalhar durante o estágio. Os motivos para tal constatação poderiam estar na insegurança comum aos estagiários, na falta de domínio do tema por não conhecê-lo bem ou ainda na resistência dos professores titulares da disciplina em quebrar a sequência dos conteúdos da grade curricular adotada pela escola. (FERNANDES, 2016, p. 114)

Ekli e Sahin (2010) estudaram os conhecimentos básicos de professores de Ciências atuantes na Educação Básica e de graduandos de uma universidade na Turquia. Internet e programas de TV e rádio foram mais citadas como fontes de obtenção de conhecimentos sobre nanotecnologia pelos referidos sujeitos. Os autores consideraram os conhecimentos sobre nanotecnologia em sua maioria como inadequados, justificando que as principais fontes de conhecimento citadas não são fontes de ensino formal, acarretando em informações muito básicas sobre o tema.

De maneira geral, apesar de evidenciarem diversas aplicações e discutirem vários conceitos, poucos trabalhos enfatizam e lançam mão de abordagens interdisciplinares

(ELLWANGER, 2010; GAMA, 2013; LEONEL, 2010), aprofundando em questões mais identificadas com a Biologia, a Física ou Química, sem conexões entre tais disciplinas. Adicionalmente, nota-se a preocupação em abordar aspectos positivos e negativos relacionados à N&N em alguns trabalhos (CLEBSCH; WATANABE, 2017; REBELLO et al., 2012; SILVA et al., 2009), mas ainda faltam iniciativas que abordem a N&N pelo ponto de vista da controvérsia, o que pode auxiliar a discutir questões relativas à natureza da Ciência e do conhecimento científico, além do fato do tema poder ser considerado como sociocientífico (SANTOS; MORTIMER, 2009). Outro aspecto que merece destaque é a discussão com estudantes da Educação Básica e professores sobre a divulgação da N&N na mídia, de maneira que os mesmos tenham condições de analisar criticamente as informações que vêm sendo veiculadas.

Finalmente, a partir dos referenciais debatidos ao longo deste texto, verificamos que, no contexto brasileiro, a primeira metade da década de 2000 é marcada por trabalhos mais ligados à divulgação da N&N, abordando conceitos básicos, aplicações e vislumbrando possibilidades para o futuro, ao passo que este assunto começa a se difundir na área Educacional a partir do final da mesma década, ou seja, pode ser considerado como um tema novo na perspectiva do ensino, com amplo campo para ser explorado.

### 3.6 À GUIA DE FECHAMENTO

Conforme discutimos, a N&N vem ganhando cada vez mais destaque no cenário científico e na sociedade, podendo induzir mudanças na forma como compreendemos o mundo material. Entretanto, as informações difundidas a respeito da N&N, em grande parte dos casos, apresentam marcas do extraordinário, de tecnologias e produtos outrora impensados, podendo contribuir para a construção de concepções equivocadas pelo público em geral.

Um dos caminhos para compreensão mais crítica sobre N&N passa pela educação escolar. Além de possibilitar aprendizagem conceitual, abordagens que levem em consideração este tema possuem grande potencial para a discussão de questões que envolvem a natureza do conhecimento científico, as relações Ciência-Tecnologia-Sociedade, bem como a formação interdisciplinar dos estudantes, uma vez que demanda a articulação de conceitos de diversas disciplinas. Finalmente, a inserção deste tema na Educação Básica, pode contribuir para a formação de sujeitos mais críticos em relação à este assunto, com visões mais bem fundamentadas que podem auxiliar a romper com o certo modismo irrefletido associado à N&N.



Portanto, defendemos o empreendimento de esforços no que diz respeito à produção de materiais didáticos, ações de formação de professores e divulgação científica que contemplem a discussão deste assunto nas suas mais variadas vertentes, considerando aspectos conceituais, limites, potencialidades e controvérsias.

## 4 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo detalharemos o processo de desenvolvimento da pesquisa, apresentando as bases teórico-metodológicas que fundamentaram e guiaram os passos desenvolvidos ao longo de todo o processo investigativo, bem como o ambiente de pesquisa, os sujeitos envolvidos e as estratégias para construção e análise dos dados. Esta pesquisa foi devidamente registrada na Plataforma Brasil<sup>23</sup> e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa Humana da UFJF, com Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) número 42191114.8.0000.5147.

### 4.1 PESQUISA QUALITATIVA

Fundamentar uma investigação nas bases teóricas da pesquisa qualitativa vem se mostrando uma opção metodológica de grande valia para as pesquisas educacionais, que também podem ser entendidas como pesquisas sociais, isso porque, os objetos de pesquisa são processos sociais, subjetivos. Dessa forma, muitas vezes o pesquisador procura entender determinado fenômeno a partir do ponto de vista de sujeitos que participam ativamente do processo, ou através de sua interação com determinado objeto. Dessa forma, a pesquisa qualitativa exige certa pluralidade metodológica no que diz respeito à obtenção de dados. Por sua vez, a análise exige grande capacidade intuitiva e integrativa do pesquisador, no sentido de que a experiência é uma característica fundamental na condução da pesquisa e na análise dos dados.

A literatura sobre pesquisas qualitativas em Educação descreve como características: considerar que o ambiente natural (a escola, a prática docente, os processos de ensino e de aprendizagem) é a fonte direta de obtenção de dados, a preocupação com o processo é maior do que com o produto, as visões que as pessoas possuem sobre determinada questão é levada em consideração, o pesquisador deve estar imerso no campo de pesquisa e, portanto influencia e é influenciado pelo objeto investigado (ANDRÉ; LUDKE, 1986; SANTOS FILHO, 2013). No caso desta investigação, o ambiente natural é caracterizado por dois processos de formação continuada desenvolvido com professores da área de Ciências Naturais em exercício; cujo foco está na relação dos sujeitos com conhecimentos envolvendo N&N e interdisciplinaridade, bem como a reflexão sobre sua própria formação.

---

<sup>23</sup> <http://aplicacao.saude.gov.br/plataformabrasil/login.jsf> - acessado em 23/04/2019.

Adicionalmente, entendemos que este trabalho possui características descritivas e explicativas (GIL, 2002). Descritivas pelo fato de elucidar características dos sujeitos envolvidos e buscar o estabelecimento de relações entre variáveis ao longo da pesquisa; explicativas por possuir como objetivo identificar fatores que contribuem para a ocorrência de um fenômeno.

#### 4.2 O AMBIENTE DE PESQUISA

Visando alcançar os objetivos supracitados, esta pesquisa é caracterizada por duas etapas: a primeira - foco principal desta investigação - está ligada a construção, oferecimento e acompanhamento de um processo de formação continuada para professores e análise de seus limites e potencialidades para formação docente em uma perspectiva interdisciplinar; já a segunda etapa diz respeito à análise de aulas desenvolvidas por professores que participaram do referido processo formativo, bem como análise do envolvimento com interdisciplinaridade ao longo da trajetória de formação e atuação dos mesmos.

O processo de formação continuada foi desenvolvido no formato de um curso de extensão desenvolvido com professores em exercício nas disciplinas de Ciências, Biologia, Física e Química na Educação Básica. O curso, pensado e desenvolvido por nós pesquisadores, possuía as seguintes características gerais: estruturado em discussões sobre o tema Nanociência e Nanotecnologia e sobre Interdisciplinaridade<sup>24</sup>; total de 42 horas, distribuídas ao longo de um semestre, com encontros semanais de 3 horas (total de 14 semanas). O curso foi oferecido em dois momentos, que ocorreram no primeiro semestre de 2015 e de 2016, respectivamente.

Em relação à participação dos professores sujeitos dessa pesquisa nos processos formativos, adotamos como estratégia a ampla divulgação nos semestres anteriores à realização dos cursos (segundo semestre de 2014 e segundo semestre de 2015), por meio eletrônico e impresso, onde foram enviados e-mails e folders (Apêndice A) para as escolas públicas estaduais de Juiz de Fora e região, além de divulgação via redes sociais e página da Universidade Federal de Juiz de Fora<sup>25</sup>.

---

<sup>24</sup> Nos resultados serão apresentados maiores detalhes a respeito do curso de formação.

<sup>25</sup> <http://www.ufjf.br/centrodeciencias/2015/02/11/abertas-inscricoes-de-cursos-gratuitos-para-professores-de-ciencias-da-rede-publica/> - matéria com a divulgação do processo de formação continuada a ser desenvolvido no ano de 2015 – acessado em 10/12/2018.

Ambos processos formativos foram realizados nas dependências do Centro de Ciências da UFJF<sup>26</sup>, órgão historicamente comprometido com a divulgação científica e a formação acadêmico-profissional e continuada de professores, o qual estabeleceu importante parceria para a realização dos cursos e conseqüentemente desta pesquisa.

Ainda em relação à organização dos processos de formação, entendemos que é essencial valorizar a fala e as experiências de todos sujeitos envolvidos no processo, o que resulta na desconstrução do modelo de cursos com cronograma e atividades totalmente delimitadas antes mesmo do contato com os professores participantes e do oferecimento de “receitas de bolo” (MALDANER, 2006). Sendo assim, faz-se necessário entender as atividades desenvolvidas como um processo dinâmico, que depende do diálogo e das contribuições de cada sujeito ao longo de cada encontro. Nesse sentido, emerge a importância da reflexão contínua tanto do formador (que também é o pesquisador) no planejamento dos encontros subsequentes, visando potencializar as contribuições do processo formativo, bem como as contribuições e reflexões de cada sujeito enquanto crítico de sua própria atuação, visando, a partir da reflexão, reconstruir sua prática (ou ação).

A segunda etapa da pesquisa foi realizada no segundo semestre de 2017 e no início de 2018, com o intuito de investigar se e como os professores estavam desenvolvendo abordagens envolvendo N&N na perspectiva interdisciplinar, além de buscar analisar com maior profundidade o contato dos professores com a interdisciplinaridade ao longo de sua trajetória de formação e atuação, bem como um olhar sobre a participação no processo formativo e sobre a abordagem da N&N, procurando evidenciar possíveis contribuições do processo de formação continuada.

#### 4.3 OS SUJEITOS DE PESQUISA

Esta pesquisa contou com a participação de 10 professores que estavam em exercício na Educação Básica durante a participação nos processos formativos, sendo cinco participantes em 2015 e cinco participantes em 2016, cerca de 40 alunos da Educação Básica matriculados em disciplinas sob responsabilidade de duas professoras que participaram dos processos

---

<sup>26</sup> Na época (2015 e 2016), o Centro de Ciências localizava-se na Rua Visconde de Mauá, 300, bairro Santa Helena, nas dependências do Colégio de Aplicação João XIII, da UFJF. Atualmente, o Centro de Ciências está localizado no campus universitário.

formativos, 4 professores convidados da UFJF<sup>27</sup>, além dos pesquisadores e autores deste trabalho. Entre os cinco participantes do processo formativo de 2015, contamos com uma professora de Biologia, uma de Física e três de Química, todas atuando no Ensino Médio. Entretanto, duas professoras não puderam continuar até o fim do processo formativo<sup>28</sup>. Em 2016, contamos com a participação de duas professoras que lecionavam a disciplina Ciências do Ensino Fundamental (o que não ocorreu em 2015 e nos levou a ampliar as discussões ao longo dos encontros) e três professores de Química, atuando no Ensino Médio. Em relação aos professores, optamos por criar nomes fictícios respeitando o gênero, além de inserir o código “B”, “F” ou “Q” junto aos nomes, para identificar área de formação: Biologia, Física ou Química, respectivamente. Em relação aos alunos, optamos pela denominação “Aluno A”, “Aluno B”. Em relação a nós pesquisadores, utilizamos a nomenclatura Pesquisador 1 e Pesquisador 2. Por fim, em relação aos professores convidados da UFJF, utilizamos os códigos Professor(a) de Química Convidado(a), Professor de Física Convidado, Professora de Biologia Convidada.

#### 4.4 CONSTRUÇÃO DOS DADOS

A construção dos dados de pesquisa foi realizada por meio de diversas estratégias e instrumentos, a saber: questionários, gravações de áudio e vídeo, entrevistas semi-estruturadas, registros por meio de e-mails enviados semanalmente por um dos pesquisadores para os participantes dos cursos, bem como produções de estudantes de duas professoras (questionários e cartazes). Dessa forma, procuramos lançar mão de diversas estratégias, com o intuito de construir um *corpus* mais abrangente e que oferecesse maiores recursos para nossa análise.

Os questionários foram utilizados de duas formas distintas: a primeira, no início de cada curso, com o intuito de levantar concepções dos professores a respeito do tema N&N, bem como sobre interdisciplinaridade. Também utilizamos questionários para os estudantes de uma das professoras, de maneira a analisar como estabeleceram relações com o tema N&N e também observar se existiam indícios de manifestação de conceitos construídos de maneira integrada. Ambos questionários foram compostos por questões abertas, uma vez que este tipo de

---

<sup>27</sup> Os convidados foram considerados sujeitos desta pesquisa por terem efetivamente dialogado com os participantes, no sentido de apresentação e debate envolvendo conceitos da N&N, ou seja, geraram dados para nossas análises.

<sup>28</sup> Na descrição do perfil dos participantes destacamos as professoras que não continuaram no processo formativo.

questionário possibilita a manifestação subjetiva dos participantes, que podem expressar seus pontos de vista mais livremente e de forma mais detalhada (GIDDENS, 2005).

Todos os encontros dos cursos foram registrados em áudio e vídeo, mediante consentimento dos envolvidos, com exceção das visitas que ocorreram nos laboratórios da UFJF (um encontro em cada versão do curso). A escolha pela gravação de todos os encontros foi motivada pela dificuldade do pesquisador (que era o mediador dos encontros) em participar plenamente como observador, além do fato de que a gravação permite a captura na íntegra de todas as falas, sem nenhuma intervenção subjetiva (do pesquisador, no caso da observação). Tendo em vista o grande volume de dados obtidos com as gravações, optamos pela transcrição de episódios específicos, os quais entendemos possuírem maior destaque. Dessa forma, os encontros foram assistidos em média três vezes cada e realizamos um mapeamento de trechos a serem transcritos para apresentação nos resultados.

Também de grande importância, foram os registros de cada encontro, na forma de relato enviado, em seguida, por e-mail aos participantes. Esta estratégia contribuiu como um registro formal dos encontros e também para buscar manter os grupos articulados, principalmente para os professores que não puderam comparecer em determinado encontro manterem-se informados e também para lembrar os acordos estabelecidos para os próximos encontros.

Também analisamos cartazes produzidos por alunos de uma das professoras, apresentados em uma feira científico-cultural realizada na escola, tendo em vista que a estratégia adotada pela referida professora foi sugerir que os estudantes abordassem o tema N&N na feira. Sendo assim, ela orientou os estudantes ao longo dos estudos e produção dos materiais a serem apresentados, os quais serão discutidos nos resultados.

Em relação às entrevistas semi-estruturadas, optamos por utilizá-las como estratégia de superação de um cenário desfavorável<sup>29</sup>. Dessa forma, convidamos as professoras para entrevistas visando explorar as memórias de ambas em relação ao desenvolvimento das aulas e de outras questões que emergiram ao longo do trabalho, bem como para entender a trajetória de formação de cada uma e as influências das diversas modalidades de interdisciplinaridade em diferentes momentos da vida.

---

<sup>29</sup> O objetivo era acompanhar aulas de duas professoras que inicialmente haviam se disponibilizado em desenvolver o tema N&N. Entretanto, em nenhum dos casos foi possível registrá-las por meio de áudio ou vídeo, devido à não aceitação das escolas em que ambas atuavam.

#### 4.5 ANÁLISE DOS DADOS

A análise é um dos momentos mais complexos da investigação, uma vez que é no seu decorrer que o pesquisador organiza, interpreta, confronta, sintetiza e estabelece o caminho para a interpretação dos dados (ANDRÉ; LUDKE, 1986). Além disso, é o momento em que dados e referenciais teóricos devem dialogar, de maneira a construir uma análise consistente. Assim, a experiência do pesquisador possui grande importância na identificação de pontos a serem mais aprofundados, no reconhecimento dos limites e potenciais de determinada estratégia metodológica, bem como na correlação entre dados e teoria.

A análise dos dados foi realizada com base nos preceitos da Análise de Conteúdo. “O ponto de partida da Análise de Conteúdo é a mensagem, seja ela verbal (oral ou escrita), gestual, silenciosa, figurativa, documental ou diretamente provocada.” (FRANCO, 2007, p. 12). A análise desenvolvida neste trabalho parte do princípio descrito acima, ou seja, da mensagem por trás dos dados obtidos. Todos os documentos obtidos com a pesquisa, seja por meio da escrita (questionários) ou por meio da fala (gravações) foram submetidos a intensas leituras e releituras, com o objetivo de encontrar significados, de formular e buscar respostas para as indagações.

Franco (2007) destaca que a Análise de Conteúdo deve levar a conhecimentos com relevância teórica, ou seja, uma análise que visa uma informação de caráter apenas descritivo perde em qualidade. Dessa maneira, a própria autora aponta que um dado construído a partir de uma mensagem (verbal, escrita, gestual) deve ter ligação com outro dado; portanto, um trabalho que se pautar em Análise de Conteúdo deve buscar a comparação entre informações, buscando nuances, tendências, mudanças, enfim, “devem, obrigatoriamente, ser direcionados a partir da sensibilidade, da intencionalidade e da competência do pesquisador” (FRANCO, 2007, p. 20).

Tendo em vista que toda mensagem é emitida em um contexto, é importante considerar as condições em que a mensagem foi emitida para posteriormente analisar o conteúdo desta mensagem. Dessa forma, uma informação interpretada fora do contexto pode exprimir um significado, mas não um sentido, o que compromete a qualidade da análise. A diferença entre significado e sentido é exemplificada por Franco (2007, p. 13):

[...] a palavra “livro” assume um determinado sentido por parte de leitores alfabetizados e implica, igualmente, gradações de sentido diferenciadas entre os leitores digamos “eruditos” e os leitores “comuns”. Já quando transportada para indivíduos ou grupos não-alfabetizados, a mesma palavra “livro” pode até ser compreendida mediante o mesmo significado que lhe é atribuído

universalmente, porém seu sentido assume uma conotação completamente diferenciada.

Nesta direção, a Análise de Conteúdo prevê a delimitação de duas Unidades de Análise: Unidades de Registro e Unidades de Contexto. De acordo com Franco (2007, p.41) “a Unidade de Registro é a menor parte do conteúdo, cuja ocorrência é registrada de acordo com as categorias levantadas”. Pode ser de quatro tipos: Palavra, Tema, Personagem e Item. De acordo com as características desta investigação, optamos por delimitar o Tema como Unidade de registro, uma vez que tal unidade é considerada a mais útil e pode ser usada em estudos sobre concepções e valores, por exemplo (FRANCO, 2007). O tema caracteriza-se como sendo uma asserção sobre determinado assunto, ou seja, é o resultado da produção de significados de uma mensagem, expressa por um conjunto de palavras (frase, parágrafo).

De maneira a compreender a mensagem de forma ampla, é preciso lançar mão das Unidades de Contexto, que podem ser entendidas como o “pano de fundo” que dão significado às Unidades de Registro (FRANCO, 2007), ou seja, as características dos sujeitos, suas trajetórias e experiências, por exemplo. Dessa forma, caracterizamos previamente o contexto e os sujeitos da pesquisa e ao longo das análises procuraremos explicitar mais características deste “pano de fundo” que envolve o trabalho desenvolvido.

A sequência da Análise de Conteúdo envolve atividades de análise propriamente ditas, tais como leituras flutuantes, que são caracterizadas pelo estabelecimento de contato com os materiais em sua forma “bruta”, de maneira a criar primeiras impressões, registrar emoções, tendências, expectativas (FRANCO, 2007). Tendo esses primeiros registros, procede-se à definição dos materiais a serem analisados, delimitando *corpus* de análise; neste trabalho, delimitamos como *corpus* de análise todos os dados construídos por meio das estratégias e instrumentos supracitados. Entretanto, conforme apontado anteriormente, devido ao grande volume de informações contidas nas gravações dos encontros, foram realizadas leituras flutuantes (ou uma pré-análise das gravações) deste material e posteriormente selecionamos episódios específicos a serem transcritos e analisados.

Por fim, segue-se o processo de categorização, que pode ser entendida como “uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação seguida de um reagrupamento baseado em analogias, a partir de critérios definidos.” (FRANCO, 2007, p. 59). O processo de definição de categorias é caracterizado por intensas leituras e releituras do *corpus* de análise, bem como retornos sucessivos à teoria, formulações e reformulações.



Categorias criadas *a priori* são utilizadas quando o pesquisador já possui categorias e indicadores pré-definidos; pesquisas de intenção de voto bem exemplificam este caminho, uma vez que as respostas possíveis são dadas e o processo de análise centra-se na verificação das tendências do grupo estudado. Por outro lado, também pode-se desenvolver um planejamento metodológico no qual deseja-se explorar um tema ainda pouco conhecido e o que a população pensa sobre tal tema, de maneira que as categorias vão emergindo da análise dos dados; estas categorias não são definidas *a priori*. Neste trabalho, lançamos mão das duas perspectivas de categorização, com maior frequência das categorias não definidas *a priori*, observando as tendências emergentes na construção dos dados ao longo do desenvolvimento desta pesquisa. Em alguns momentos, optamos pela não utilização de categorias, mas indicações de tendências, devido pequeno tamanho do *corpus* de análise (principalmente nos dados referentes às respostas de questionários).

## **5 O PROCESSO DE FORMAÇÃO CONTINUADA: VIVÊNCIAS, DESAFIOS E IMPACTOS NA FORMAÇÃO DOCENTE INTERDISCIPLINAR**

Este capítulo é dedicado à apresentação e discussão dos dados construídos ao longo dos processos de formação continuada descritos na metodologia. Assim, apresentaremos inicialmente um breve perfil dos sujeitos que participaram da pesquisa, bem como um levantamento de ideias e concepções a respeito da Nanociência e Nanotecnologia (N&N) e interdisciplinaridade. Posteriormente, caracterizamos o ambiente de formação a partir dos pressupostos apresentados no capítulo 1. Por fim, analisamos episódios construídos ao longo dos processos formativos, os quais entendemos ter potencializado a mobilização de saberes por parte dos sujeitos e, de maneira mais geral, contribuído para a formação na perspectiva interdisciplinar dos participantes.

### **5.1 PERFIL DOS SUJEITOS**

#### **5.1.1 Formação acadêmica e tempo de atuação**

Apresentamos a seguir uma breve descrição dos sujeitos envolvidos na pesquisa, destacando algumas características da formação acadêmico-profissional e da atuação, como o curso de graduação, o período de formação, concepções a respeito da profissão docente, experiência na Educação Básica e envolvimento com a formação continuada. Lembramos que, ao todo, participaram 10 professores, sendo metade na turma de 2015 e a outra metade na turma de 2016.

Entre os participantes da primeira turma, a professora Maria graduou-se em Licenciatura em Física pela UFJF no ano de 2003 e desde então estava lecionando no Ensino Médio em escolas públicas da cidade de Juiz de Fora. Além disso, não havia participado de iniciativas de formação continuada adicionais às ocorridas na própria escola<sup>30</sup>. Outra característica que nos chamou a atenção era a recorrência ao uso de termos como “transmitir o conhecimento”, “passar a matéria”, que, ainda são amplamente utilizados no meio educacional, mas historicamente e epistemologicamente estão associados à corrente de Ensino Tradicional.

---

<sup>30</sup> Entendemos que ações de formação continuada são inerentes ao ambiente escolar: reuniões de módulo, conselho de classe, planejamento de disciplina, reuniões para estudo e debate de temas envolvendo professores e gestão, oficinas, entre outras. Quando questionamos os professores se eles haviam participado de algum projeto/curso/iniciativa de formação continuada, nos referimos a ações oferecidas por outras instituições (universidades, iniciativa privada) ou que os docentes procuraram participar por conta e/ou motivação próprias.

Aline graduou-se em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Presidente Antônio Carlos (UNIPAC) em 2006 e vinha lecionando no Ensino Fundamental (Ciências) e no Ensino Médio (Biologia) em escolas públicas e particulares de Juiz de Fora. Também esteve na primeira turma, e participava ao mesmo tempo de um curso de formação continuada sobre Astronomia, também no Centro de Ciências. De acordo com suas primeiras falas, percebemos que ela procurava novas iniciativas de formação continuada, além de trabalhar com diversas estratégias em seu cotidiano de atuação, como aulas práticas, textos e reportagens de diversas fontes.

Silvia graduou-se em Licenciatura e Bacharelado em Química pela UFJF em 2011 e vinha lecionando no Ensino Médio em escolas públicas desde então. Participou da primeira turma e já vinha participando de outras iniciativas de formação continuada, principalmente oferecidas nas escolas. De acordo com suas palavras, começou a lecionar devido à falta de oportunidade de atuação no campo industrial e enquanto participava do processo de formação não deixava claro se pretendia continuar na docência. Não foi possível levantar dados a respeito de sua visão sobre a docência, o que sugerimos estar ligado à indefinição quanto à permanência na profissão. Ressaltamos, ainda, que Silvia não participou integralmente do processo de formação, estando presente em cerca de dois terços dos encontros, se ausentando da parte final.

Carina graduou-se em Licenciatura e Bacharelado em Química pela Universidade Federal Fluminense em 1997 e posteriormente concluiu pesquisa de mestrado na área de Química Orgânica na Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2001 e lecionava no Ensino Médio no Colégio Militar de Juiz de Fora.

Luiza graduou-se em bacharelado em Química pela Universidade de Brasília em 1992 e também lecionava no Colégio Militar de Juiz de Fora.

Não temos outras informações de Carina e Luiza pois as mesmas participaram apenas do primeiro encontro da primeira turma<sup>31</sup>, direcionando suas falas mais para a própria visão de Educação da escola onde atuavam e suas características, além de apontar a importância da contextualização no atual cenário escolar.

No que concerne aos participantes da segunda turma, Sandra graduou-se em Licenciatura em Ciências Biológicas pela UFJF em 2009 e concluiu mestrado na área de Comportamento Animal pela mesma instituição em 2011. Na sequência foi aprovada em concurso para a rede municipal de Juiz de Fora. Naquele momento vinha lecionando a disciplina Ciências no Ensino

---

<sup>31</sup> Após as duas professoras não terem participado do segundo encontro, entramos em contato individual e ambas informaram que continuariam participando normalmente, entretanto, na sequência, informaram que não poderiam mais participar do processo formativo.

Fundamental. Pelas suas palavras, sua perspectiva era continuar na pesquisa acadêmica, mas pela oportunidade do concurso e pela estabilidade ingressou na docência na Educação Básica. Apesar disso, mostrava-se bastante crítica e envolvida com a profissão, relatando diversas ações desenvolvidas ao longo de sua atuação na escola. Também participava de outras iniciativas de formação continuada, tanto dentro como fora do espaço escolar<sup>32</sup>.

Rosa graduou-se em Licenciatura e Bacharelado em Química pela UFJF em 2000 e, desde então, vinha lecionando no Ensino Médio em escolas públicas de Juiz de Fora. Relatou não ter participado de iniciativas de formação continuada. Inicialmente, observamos que Rosa trazia diversos relatos críticos sobre sua formação acadêmico-profissional e sobre sua prática, além de indicar o gosto pelo trabalho com experimentação.

Pedro graduou-se em Licenciatura em Química em 2013 pela UNIGRANRIO e vinha lecionando Física e Química no Ensino Médio em escolas públicas do município de Bicas (vizinho a Juiz de Fora). Em suas falas iniciais, demonstrava acreditar na importância do professor enquanto motivador e mediador, além do ensino de química associado ao cotidiano dos estudantes. Foi o professor com o tempo de formação mais recente e com menor período de atuação dentre todos os participantes dos processos de formação.

Vitória graduou-se em Licenciatura e Bacharelado em Química pela UFJF em 2003 e vinha lecionando Química em escolas públicas e também ocupava um cargo de coordenação pedagógica no período em que participou do processo de formação. Assim como Pedro, também indicava acreditar na importância do professor desenvolver abordagens voltadas para a associação com fatos ligados ao dia-a-dia dos estudantes. Participou de maneira mais intensa nos primeiros encontros e na segunda metade do curso esteve presente de forma irregular, participando de alguns encontros e se ausentando de outros.

Por fim, Andréia, graduou-se em Ciências Biológicas (não informou quando se formou) e estava lecionando a disciplina Ciências no Ensino Fundamental, em uma escola pública da zona rural. Entretanto, ao consultar seu currículo Lattes, observamos que Andréia concluiu a graduação em Ciências Biológicas em 2006 e cursou mestrado em Entomologia entre 2007 e 2009 na Universidade Federal de Viçosa. De acordo com a mesma, os estudantes da zona rural têm um perfil diferenciado e ela acreditava que deveria atuar como uma agente de ampliação das possibilidades futuras por meio do ensino de Ciências.

---

<sup>32</sup> Paralelamente ao processo de formação desenvolvido por nós, havia um curso sobre Astronomia, oferecido no Centro de Ciências para professores que lecionavam a disciplina Ciências no Ensino Fundamental e Sandra também participou desta iniciativa.

Um dado que emerge nesta primeira descrição dos sujeitos diz respeito à recorrência da citação de termos como contextualização, cotidiano, exemplificação, que parece estar ligado à preocupação dos professores em superar o foco na perspectiva conteudista e/ou possivelmente à abrangência que tais termos vem ganhando nos últimos anos na comunidade educacional brasileira, através de orientações curriculares e pelo avanço do campo de pesquisa em Educação, por exemplo. Portanto, no grupo de professores em questão (duas turmas com cinco docentes) esta parece ser uma característica bem definida e que marca o discurso (e, possivelmente, até a procura pela formação continuada) da maioria dos docentes.

Apresentamos no quadro 5 uma síntese das características dos sujeitos envolvidos na pesquisa, quanto ao curso de graduação, instituição, ano de conclusão e tempo de atuação na Educação Básica (EB).

Quadro 5: Perfil de formação acadêmico-profissional e tempo de atuação na EB.

<b>Sujeito</b>	<b>Licenciatura</b>	<b>Instituição</b>	<b>Ano de conclusão</b>	<b>Tempo de atuação na Educação Básica*</b>
Maria	Física	UFJF	2003	11 anos
Aline	Ciências Biológicas	UNIPAC	2006	8 anos
Silvia	Química	UFJF	2011	3 anos
Carina	Química	UFF	1997	Não informou
Luiza	Química**	UnB	1992	Não informou
Sandra	Ciências Biológicas	UFJF	2009	3 anos
Rosa	Química	UFJF	2000	14 anos
Pedro	Química	UNIGRANRIO	2013	1 ano
Vitória	Química	UFJF	2003	11 anos
Andréia	Ciências Biológicas	CES/JF****	2006****	Não informou

Fonte: DADOS DE PESQUISA.

\* Tempo de atuação até o momento em que participou do processo formativo.

\*\*Cursou também o bacharelado na mesma área.

\*\*\*Dados obtidos a partir de consulta ao currículo Lattes.

A partir dos dados apresentados no quadro 5, percebemos predominância de professores formados em Química (seis) e em menor proporção Ciências Biológicas (três) e Física (uma). Este é um dado que nos chama atenção, pois, conforme discutido no capítulo 2, a Nanociência e Nanotecnologia (N&N) abrange conceitos de diversas áreas, além da Biologia, Física e Química, o que nos gerou a expectativa de participação de mais professores de Biologia e

Física. Uma explicação para este cenário pode relacionar-se ao fato deste processo de formação continuada em específico estar ligado ao nosso grupo de pesquisa (GEEDUQ/UFJF), que está inserido no âmbito do Ensino de Química. Este fator pode ter contribuído para atrair mais professores de Química, apesar da divulgação ter sido feita em vários veículos e com referência explícita a professores da área de Ciências Naturais.

Outra característica que podemos observar é que a maioria (sete) dos professores se graduou há mais de 10 anos - considerando o ano de coleta dos dados, ou seja, possivelmente cursaram a licenciatura no formato 3 +1, fortemente marcada pela ênfase na formação disciplinar e específica em detrimento da formação didático-pedagógica. Acreditamos que esta observação é válida, tendo em vista que as primeiras indicações legais para reformulação das licenciaturas e superação do formato acima citado datam do início da década de 2000 (BRASIL, 2001; 2002) e as instituições de ensino superior começaram a oferecer as licenciaturas reestruturadas à partir de 2005.

Adicionalmente, conforme apresentamos no capítulo 1, ainda naquele cenário (década de 2000) os documentos ligados à formação de professores não privilegiavam a interdisciplinaridade enquanto perspectiva formativa, o que nos dá mais um indicativo de que o grupo de professores desta pesquisa possivelmente não teve oportunidade de vivenciar práticas interdisciplinares em sua trajetória de formação acadêmico-profissional. Portanto, trabalhamos com professores graduados predominantemente em um formato mais ligado aos saberes disciplinares e apenas com três docentes graduados, possivelmente, em uma perspectiva formativa mais abrangente no que diz respeito à formação didático-pedagógica.

Outra observação a partir da análise do quadro 5 é a formação de dois grupos distintos em relação à experiência profissional: de um lado sete professores com no mínimo 8 anos de experiência e de outro três professores com até três anos de experiência. Analisando tais características à luz de Huberman (2000), percebemos que o grupo com três professores encontrava-se na fase de entrada na carreira (1-3 anos), marcada por características como sobrevivência, descoberta e exploração, na qual os docentes confrontam expectativas e realidade, ao mesmo tempo em que se entusiasmam com as responsabilidades. De fato, Sandra e Pedro demonstravam tais características em vários momentos, principalmente as dificuldades em conseguir aliar suas ideias com as questões de ordem burocrática na escola, mas também revelavam entusiasmo em poder experimentar novidades.

O outro grupo (sete professores com pelo menos oito anos de experiência) encontrava-se na fase de diversificação ou questionamentos, que de acordo com Huberman (2000) compreende a faixa de 7 a 25 anos de atuação profissional.

Nessa ocasião o professor encontra-se num estágio de experimentação e diversificação, de motivação, de buscas de desafios. Experimenta novas práticas e diversifica métodos de ensino, tornando-se mais crítico. Pode se caracterizar, também, como uma fase de questionamentos, gerando uma crise, seja pela monotonia do cotidiano da sala de aula, seja por um desencanto causado por fracassos em suas experiências ou por reformas estruturais. O professor faz um exame do que será feito de sua vida frente aos objetivos e ideais estabelecidos inicialmente; reflete tanto sobre continuar no mesmo percurso como sobre as incertezas de uma possível mudança (ROSSI; HUNGER, 2012, p. 332)

De fato, em vários momentos percebemos tais características nos discursos dos professores nesta fase da carreira, principalmente em relação à busca pela formação continuada, muitas vezes justificada pelo fato da busca de novas estratégias e metodologias de ensino, pelo conhecimento mais aprofundado sobre N&N e por apresentar diversas críticas a respeito de sua própria atuação profissional.

De maneira geral, observamos que a maioria dos professores estava participando deste tipo de iniciativa pela primeira vez e especificamente pela vontade de conhecer mais sobre N&N. Conforme discutido anteriormente, a N&N vem ganhando destaque na sociedade, mas ainda é um assunto incipiente nos cursos de formação de professores da área de Ciências da Natureza (LIMA; ALMEIDA, 2012; FERNANDES 2016). Outra justificativa observada nos relatos dos professores está ligada à busca de novas estratégias, metodologias, buscando “aprender o que a universidade tem a oferecer”, o que de fato possui relevância; porém, entendemos que esta visão, se interpretada de forma reducionista, no sentido de que o professor deve procurar uma instância de produção de conhecimentos para somente se atualizar, pode desvalorizá-lo enquanto profissional, uma vez que, de acordo com Tardif (2014), a universidade oferece condições para o professor desenvolver saberes, mas o professor também é um sujeito produtor de conhecimentos por meio da prática docente. Portanto, acreditamos que a formação continuada deve ser pensada de forma a valorizar o professor e buscar superar a perspectiva de que a Universidade possui o conhecimento e deve repassá-lo ao professor, além de fomentar ações em que o professor reflita sobre seu papel enquanto profissional, sua atuação, suas crenças, no sentido de uma reflexão crítica. Contudo, considerando o modelo de formação vivenciado pela maioria dos sujeitos (marcado pela Racionalidade Técnica), é compreensível

tal visão ou expectativa em relação ao papel das Universidades na formação continuada e nos dois processos por nós desenvolvidos buscamos contribuir para a superação desta perspectiva.

Neste primeiro movimento, procuramos apresentar características gerais dos professores participantes dos processos formativos e da pesquisa. Passaremos agora para um segundo movimento, ligado à apresentação e discussão de concepções sobre N&N e interdisciplinaridade, sendo os dois principais motivadores dos processos de formação. Destacamos que todas as questões analisadas no próximo tópico foram respondidas pelos sujeitos no primeiro encontro de cada processo formativo; portanto, antes de qualquer discussão a respeito desses assuntos.

### **5.1.2 Concepções dos sujeitos sobre N&N e suas relações com o ensino**

Tendo em vista que o tema N&N está diretamente ligado ao currículo de Ciências e suscita debates relativos ao desenvolvimento de novas tecnologias, dentre as quais uma grande variedade já faz parte do cotidiano de uma parcela considerável da população, perguntamos aos sujeitos “Você considera importante a discussão de novas tecnologias no Ensino de Ciências na Educação Básica<sup>33</sup>?”. Analisamos as respostas na sequência com base na Análise de Conteúdo, neste caso, considerando como categorias de análise, definidas *a priori*, os argumentos que justificam o ensino de Ciências definidos por Millar (2003).

No texto “Um currículo de Ciências voltado para a compreensão por todos” o autor caracteriza cinco argumentos que justificam o ensino de Ciências: o utilitário, o social, o democrático, o cultural e o econômico. O argumento utilitário diz respeito à visão de Ciência enquanto empreendimento que busca a resolução de problemas cotidianos, de questões de ordem prática. O argumento econômico considera que o desenvolvimento científico está conectado proporcionalmente ao nível econômico de um país, portanto, é importante investir nesta atividade. Já o argumento democrático pauta-se na visão de que a tomada de decisões com cunho científico exige um mínimo conhecimento de Ciências. Por fim, os argumentos cultural e social, para Millar (2003), estão fortemente conectados, uma vez que o autor defende que é importante manter os elos entre Ciência e cultura geral para a coesão social (argumento social). Assim, a Ciência é entendida como um produto da sociedade e por isso deve ser valorizado como cultura (argumento cultural).

---

<sup>33</sup> Esta pergunta foi aplicada somente para o grupo de 2015, pois percebemos que o número de perguntas deveria ser reduzido de maneira que os professores respondessem com mais detalhes as questões diretamente ligadas à N&N e à interdisciplinaridade.



A opção pela utilização dos argumentos apresentados por Millar (2003) como categorias foi feita tendo em vista que a pergunta por nós utilizada, mesmo não sendo semelhante às que motivaram o autor em seu artigo, possui o currículo como ponto de convergência, ou seja, Millar (2003) discute argumentos que justificam o ensino de Ciências e porque para todos, enquanto nosso questionamento diz respeito à inserção da discussão de novas tecnologias na Educação Básica, o que, em nosso ponto de vista, remetem diretamente à reflexão sobre o currículo a ser desenvolvido. Grifamos os trechos das respostas que selecionamos como unidades de significado que remetem a um ou mais argumentos.

*“Sim, pois o aluno pode começar a ter contato com um mundo que para muitos é surreal. Conhecer técnicas, procedimentos e conceitos que de forma lúdica desperta o interesse para o conhecimento, pesquisa, busca e descobrimento.”* (Aline B)

Percebemos que Aline, além de indicar um caminho de ação “de forma lúdica”, apresenta uma ideia que valoriza o conhecimento de questões específicas da Ciência, que também estão presentes nos objetivos das Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2013). À luz dos argumentos para o ensino de Ciências propostos por Millar (2003), entendemos que esta resposta pode remeter principalmente ao argumento cultural, ligado aos conhecimentos produzidos pela Ciência. Maria apresenta indícios de concepções mais ligadas ao argumento utilitário, a partir da questão da atualização (que pode ser interpretada de diversas maneiras: para acompanhar e utilizar as novidades em seu cotidiano; em termos de novos conhecimentos, entre outras); Sílvia apresenta uma visão de Ciência enquanto atividade que promove melhoria das condições de vida:

*“Sim. O aluno deve sempre estar se atualizando perante o uso da grande demanda tecnológica, então trazer esta atualização para dentro da sala de aula é importante para ambas as partes, professor e aluno. Pode ser questão de: celular, TV’s, tablets, científicos e até programas que visam avanço tecnológico (a nível de linguagem de programação)”* (Maria F).

*“Sim. Mostrar aos alunos algumas das descobertas da área científica e os avanços da tecnologia ajuda na contextualização de conteúdos e a melhorar a motivação dos estudantes em desenvolver esse tipo de conhecimento. Além disso, os alunos passam a perceber que as ciências, de modo geral, ajudam na melhoria das condições de vida das pessoas.”* (Sílvia Q).

A questão da utilidade apresenta-se forte no discurso de boa parte dos estudantes atualmente, por meio de indagações como “por que eu tenho que estudar isso? Onde eu vou utilizar?”. Entendemos que os professores devem estar atentos quanto a esta questão, pois apesar da importância de se discutir aspectos úteis, o ensino de Ciências não pode se limitar a apresentar somente esta visão a respeito da atividade científica.

Podemos apreender ainda na resposta de Silvia uma visão de que a Ciência contribui para o bem estar das pessoas. Entendemos que, apesar desta possibilidade, a Ciência surge principalmente como uma forma de explicação dos fenômenos observados no mundo e ao longo do tempo começa a ser aplicada em outros campos, como a saúde, por exemplo. Portanto, é importante que os professores tenham a oportunidade de discutir sobre a natureza do conhecimento científico, para não reforçarem concepções pouco críticas a respeito da Ciência (como salvacionista ou maléfica).

De maneira geral, percebemos que as principais justificativas dos professores ancoram-se nos argumentos utilitário e cultural, o que pode nos dar indícios de como os professores entendem (e possivelmente praticam) o currículo: focando nas questões conceituais, buscando relacioná-las com o dia-a-dia do estudantes (conforme discutido no tópico anterior), mostrando aplicações dos conceitos apresentados nas aulas.

No que concerne ao entendimento sobre N&N e possíveis relações deste tema com o ensino de Ciências, apresentamos a seguinte pergunta: “Que relações existem entre o tema nanociência e nanotecnologia com conceitos de Ciências abordados no Ensino Médio?”. Inicialmente, esperávamos contar com a participação de professores atuantes somente no Ensino Médio, pois considerávamos que tal tema tivesse maior ligação com conceitos abordados nessa etapa de ensino, bem como com o nível cognitivo exigido. Entretanto, na segunda turma, contamos com a participação de duas professoras que atuavam exclusivamente na disciplina Ciências, no Ensino Fundamental, mas optamos por manter a mesma pergunta para essas professoras e procuramos debater a respeito da N&N no Ensino Fundamental ao longo dos encontros. Entendemos, ainda, que com esta pergunta seria possível levantar indícios de concepções sobre o assunto, uma vez que o objetivo era que os sujeitos pensassem na questão curricular, o que demandaria conhecimentos sobre N&N.

Percebemos, ao analisar as respostas, professores que não souberam responder, que apresentaram respostas que não possuíam relação direta com a pergunta e que apresentaram conceitos abordados no Ensino Médio que possuem ligação com a N&N.

Entre os que não souberam responder, Carina e Maria apresentaram como resposta:

*“Ainda não sei responder.” (Carina Q)*

*“Não sei ao certo!!! Porém, acredito que tudo leve a um tratamento a nível atômico e molecular, usar cada vez tecnologias menores, inclusive na área Biológica [...]” (Maria F)*

Maria, apesar de assumir não saber responder com certeza, apresentou indícios de conhecimentos sobre as bases científicas da N&N, principalmente no que diz respeito aos aspectos relacionados à estrutura da matéria (apresentando indícios de relações com conceitos abordados no Ensino Médio); como já discutido no capítulo 2, a N&N baseia-se amplamente na mecânica quântica, uma das mais sofisticadas formas de explicar e investigar este assunto na atualidade. Porém, a mesma resposta pode indicar que Maria associa N&N à miniaturização, configurando um equívoco conceitual. Como Schulz (2005) afirma, a N&N está ligada à descoberta e à manipulação de materiais com pelo menos uma dimensão em escala nanométrica, o que não implica necessariamente em materiais menores; portanto, podemos ter um nanomaterial visível a olho nu.

Dentre as respostas que consideramos não possuir relação direta com a pergunta, destacam-se:

*“Esses temas estão presentes em várias situações do cotidiano e, para serem compreendidos minimamente pelos alunos que provavelmente serão pelo menos usuários dessas tecnologias, precisam de conceitos de ciências a nível de Ensino Médio.” (Luiza Q)*

*“A integração entre os pilares da física, química e biologia e sua contribuição para o mundo atual. No ensino fundamental, a disciplina de ciências aborda os três assuntos de forma ampla. No ensino médio, o aluno encara um turbilhão de informações de forma dicotomizada.” (Aline B)*

*“Vejo na atualidade um grande crescimento do assunto nanociência e nanotecnologia. Na área de medicina, exames mais elaborados. Na área eletrônica, aparelhos elétricos. Materiais contendo tubos em nanotecnologia...” (Rosa Q)*

Apesar de não explicitar nenhum conceito sobre N&N e nem relacionar com conceitos abordados no ensino de Ciências, Aline chama atenção para a necessidade de integração de

conceitos de diversas áreas das Ciências Naturais ao criticar que “*o aluno encara um turbilhão de informações de forma dicotomizada*”, o que mostra uma concepção interessante a respeito da organização curricular, tanto do Ensino Fundamental como do Ensino Médio. Vale ressaltar que Aline atuava lecionando Ciências e Biologia, tendo experiência nas duas etapas da Educação Básica. Adicionalmente, esta concepção tende a se alinhar com a defesa da N&N enquanto um campo interdisciplinar de conhecimento, conforme discutido ao longo do capítulo 2.

Não conseguimos identificar indícios de conhecimentos sobre N&N, tampouco relações desta área com conceitos científicos presentes no ensino de Ciências na resposta de Rosa. De maneira geral, tal resposta também parece estar associada a uma concepção utilitarista sobre N&N, mais ligada às aplicações do que propriamente à conceitos científicos, principalmente pelo fato de que os nanotubos estão sendo amplamente difundidos na mídia.

Por fim, as respostas que trazem algumas relações entre N&N e conceitos abordados no ensino de Ciências são apresentadas a seguir:

*“A abordagem desses temas pode contextualizar com os conceitos de catalisadores, reações químicas, com a melhoria do meio ambiente através de ações para diminuir a poluição”.*  
(Silvia Q)

*“Esses temas se relacionam com os conceitos de engenharia genética, citologia, microscopia e óptica, genética molecular, etc.”* (Sandra B)

*“Desde a parte atômica (o que são átomos e como se comportam) até ligações químicas, compostos e produtos (materiais) que são trabalhados de forma “nanológica” como os medicamentos, nanochips. Com o passar do tempo, o tamanho dos aparelhos diminui, porém tem mais espaços para informações. Graças ao conhecimento sobre os átomos e suas partículas.”* (Pedro Q)

Consideramos que tais respostas apresentam algum tipo de relação entre N&N e o ensino de Ciências tendo em vista que as mesmas apresentam conceitos da área de Ciências Naturais que também se identificam com conceitos ou conteúdos escolares (estrutura atômica, óptica, genética, reações químicas), indicando a possível relação com N&N.

As respostas de Silvia e Pedro também remetem à questão utilitarista, remetendo a possíveis aplicações, o que traz à tona novamente a discussão sobre os argumentos que justificam o ensino de Ciências. Nosso intuito com a pergunta era verificar se os professores possuíam conhecimentos a respeito da N&N que permitisse estabelecer relações com o ensino de Ciências, sem necessariamente justificar o porquê. Adicionalmente, o trecho “[...] o tamanho dos aparelhos diminui, porém tem mais espaços para informações[...]” da resposta de Pedro parece indicar, também, uma ideia ligada à miniaturização, no trecho em que aponta o fato da quantidade de informação poder ser guardada em volumes cada vez menores.

Outra tendência observada diz respeito à área de origem dos conceitos e exemplos citados pelos sujeitos em suas respostas: os mesmos acabam tecendo relações com conceitos mais próximos de sua área de formação. Silvia e Pedro são graduados em Química e os exemplos apresentados são mais identificados com esta área de conhecimento, ao passo que os exemplos citados por Sandra são mais ligados às Ciências Biológicas, sua área de formação. Este cenário, reforça que os professores tendem a pensar a N&N de maneira fragmentada, fato que nos motivou a acompanhar suas concepções ao longo dos processos de formação, procurando observar indícios de construção de visões interdisciplinares.

De maneira geral, foi possível observar que metade dos professores não apresentava conhecimentos sobre N&N (de acordo com nosso objetivo e o alcance da pergunta), bem como possíveis relações com o ensino de Ciências, enquanto que aqueles que apresentaram conceitos ou relações com o ensino o fizeram sem maiores detalhamentos, corroborando a hipótese de que este tema ainda é pouco discutido nos cursos de formação de professores da área de Ciências Naturais (FERNANDES, 2016), sendo, portanto, um indicador da importância e necessidade da emergência deste tema nos currículos das respectivas licenciaturas.

Jesus et. al. (2013) e Fernandes (2016) investigaram conhecimentos sobre N&N de professores da cidade de Curitiba e de Licenciandos em Química do Instituto Federal do Rio Grande do Norte, respectivamente, e verificaram que alguns dos sujeitos possuem conhecimentos bem fundamentados a respeito do assunto, mas a maioria possui conhecimentos equivocados ou dificuldades em falar sobre o tema, mostrando convergência com os dados aqui apresentados. A partir de constatações como essas, Fernandes (2016, p. 76) questiona:

Mas como desenvolver essas atividades se os professores em formação [acadêmico-profissional] não foram estimulados a conhecer sobre a nanotecnologia durante sua formação inicial? Ou, o que os alunos do Ensino Médio devem aprender sobre a Nanotecnologia? Apenas conceitos e aplicações? Ou é possível demonstrá-la como fruto do desenvolvimento da ciência moderna?

No cenário brasileiro, a N&N ainda é pouco abordada nos cursos de formação de professores, e quando presente nos currículos, é apresentada de forma superficial, ligada a tópicos de Mecânica Quântica (LIMA; ALMEIDA, 2012), mais presentes em cursos de Física; além disso, grande parte dos cursos de formação de professores ainda estão pautados fortemente no modelo disciplinar (PIETROCOLA et. al., 2003), abrindo pouco espaço para a discussão deste tema com os futuros professores em uma perspectiva interdisciplinar. Na sequência, apresentaremos concepções dos professores sobre como abordagens interdisciplinares podem contribuir para sua atuação profissional e para a aprendizagem dos estudantes.

### **5.1.3 Concepções sobre as implicações de abordagens interdisciplinares para a atuação profissional e para a formação dos estudantes**

Visando entender como os professores percebiam se a interdisciplinaridade pode contribuir para a própria formação, bem como para a aprendizagem dos estudantes, utilizamos a seguinte questão: “Você considera que abordagens interdisciplinares podem trazer benefícios para seu desenvolvimento profissional<sup>34</sup> e para a aprendizagem dos estudantes? Quais?”. Neste caso, todos foram unânimes em responder positivamente. Entretanto, na maioria das respostas, verificamos referências mais ligadas à aprendizagem dos estudantes do que de contribuições para sua própria formação. Apresentaremos primeiramente as respostas que remetem às contribuições de abordagens interdisciplinares para os estudantes e na sequência para o desenvolvimento profissional dos professores.

*“Sim. Essas abordagens enriquecem as aulas por se complementarem e muitas vezes levantarem discussões muito interessantes que mostram que os conhecimentos não podem ser usados de forma estanque.” (Luiza Q)*

*“Sim. As abordagens interdisciplinares contribuem bastante para o aprendizado dos alunos. Pois eles comprovam que um mesmo assunto tem ligação e muitas vezes complementa em outras disciplinas. Principalmente nos conteúdos de química, física e biologia.” (Rosa Q)*

---

<sup>34</sup> Utilizamos o termo desenvolvimento profissional no sentido de um processo de desenvolvimento de novos saberes (MARCELO, 2009), estratégias e engajamento com a profissão, o que envolve questões pessoais e profissionais, como o gosto pela docência, a inovação, que emergem ao longo da formação e exercício profissional.

*“Sim, pois as abordagens interdisciplinares contribuem para ampliar a visão dos alunos sobre as matérias escolares, dando-lhes a percepção de que todas se relacionam e estão presentes em seu cotidiano. A visão interdisciplinar faz com que o aluno perceba a dinâmica das ciências e sua importância para a sociedade atual.” (Sandra B)*

*“Sim. No caso da aprendizagem dos estudantes, abordagens integradoras de um mesmo tema facilitam na construção do conhecimento. Os alunos começam a perceber que as disciplinas estudadas não são isoladas umas das outras, o que proporciona uma visão mais geral de um tema.” (Silvia Q)*

As principais justificativas que emergem nas respostas estão ligadas principalmente à ideia de complementaridade entre as disciplinas, ou seja, existem relações importantes entre as disciplinas que não podem ser suprimidas; outro argumento diz respeito à ampliação dos conhecimentos dos estudantes, podendo contribuir para visões mais integradas sobre determinado assunto. De fato, Czerniac (2006) defende que a aprendizagem ocorre por meio de conexões mentais; sendo assim, entendemos que quanto maior o número de informações, maiores são as chances de novas conexões e de construção de conhecimentos. Latucca et. al. (2004) também apontam que abordagens interdisciplinares podem contribuir para o desenvolvimento de visões mais ampliadas sobre os conhecimentos já produzidos.

Chama-nos a atenção na resposta de Sandra o aspecto relacionado à dinâmica das Ciências, o qual pode estar ligado a uma visão mais contemporânea a respeito da atividade científica do ponto de vista epistemológico. De fato, ainda vivemos em um paradigma fortemente cartesiano, fragmentado; porém, desde a virada do século XIX para o século XX, mais especificamente a partir da segunda metade do século passado, as pesquisas desenvolvidas no campo científico vêm buscando maior diálogo entre os próprios pares e entre os campos de conhecimento (JAPIASSU, 1976; FAZENDA, 2011), haja vista o surgimento de áreas cada vez mais complexas (NICOLESCU, 2001) e as tendências nas publicações e premiações científicas (lembramos o exemplo do Prêmio Nobel citado no início do capítulo 1).

No que tange às contribuições para a formação e desenvolvimento profissional, as respostas apontam principalmente para novos conhecimentos, motivação e contribuição para que o professor amplie os conteúdos abordados em suas aulas, articulando-os com outras disciplinas.

*“Para o desenvolvimento do profissional da educação, esse tipo de abordagem abre espaço para novos conhecimentos e pode ser um fator para manter a motivação dos professores.”*

(Silvia Q)

*“Sim, haja visto que nenhuma ciência é isolada, ela tem suas fronteiras, mas também tem suas complementações por pesquisas de outras áreas. Isso mostra para o aluno que não há informação perdida ou isolada e faz o professor estudar áreas diferentes, enriquecendo sua ideia, que será passada para os estudantes.”* (Pedro Q)

*“Com certeza. A interdisciplinaridade é a chave para o aprendizado. No mundo atual, é quase impossível abordar em sala apenas o conteúdo de sua formação. Tudo está interligado.”* (Aline B)

É interessante que Pedro e Aline, em nosso ponto de vista, apresentam uma ideia de que abordagens interdisciplinares geram novas demandas para os professores, “incentivando-os” a ampliarem seus conhecimentos para acompanhar os movimentos científicos e globais. Entendemos que o “fazer o professor estudar áreas diferentes” utilizado por Pedro pode adquirir uma conotação positiva, no sentido de que a profissão docente é marcada pela incompletude (FREIRE, 2010), constantes reflexões e modificações. Sendo assim, saber lidar com as novas demandas e exigências da docência é um fator que caracteriza o profissional da área, inclusive faz parte do desenvolvimento profissional, que, em nosso ponto de vista, pode ser fomentado através de perspectivas de formação que superem a racionalidade técnica e subsidiem o desenvolvimento de uma postura crítico-reflexiva por parte do professor ao longo de sua carreira.

De forma geral, percebemos que a maioria dos sujeitos se posiciona positivamente quanto à perspectiva interdisciplinar no ensino, dando maior destaque às contribuições para a formação dos estudantes e em menor proporção para sua própria formação e atuação profissional. Acreditamos que uma possível explicação para o foco nos estudantes está ligada à natureza do trabalho docente, totalmente ligado à aprendizagem dos estudantes, o que pode ter chamado maior atenção dos professores na pergunta; outra hipótese pode estar associada ao fato dos professores terem vivenciado poucas discussões a respeito da interdisciplinaridade ao longo de sua trajetória profissional (de acordo com falas recorrentes ao longo dos encontros), revelando certo distanciamento entre as instâncias de formação e de atuação.



Por outro lado, vale a pena ressaltar que, apesar de mais de duas décadas nas quais a interdisciplinaridade é apontada nas orientações curriculares, vivenciamos um lento processo de caminhada rumo à interdisciplinaridade na formação de professores - principalmente pelas orientações na resolução CNE/CP 2/2015 -, de maneira que nas décadas anteriores foram sendo identificados os limites do paradigma disciplinar, ao mesmo tempo em que pesquisadores da comunidade científica e educacional começavam a debruçar esforços para desenvolver ações interdisciplinares (FAZENDA, 2011; BRASIL, 2015).

Ao voltarmos o olhar para a formação de professores, vale ressaltar que grande parte (provavelmente a maioria) dos formadores de professores foi formada no modelo disciplinar e isso se reflete na forma como os mesmos pensam e atuam; entretanto, há aqueles que também buscam acompanhar o movimento pela interdisciplinaridade. Por outro lado, começam a emergir cursos organizados de maneira mais flexível e com características interdisciplinares<sup>35</sup>, fortalecidas pelos documentos ligados às Diretrizes para Formação de Professores (BRASIL, 2015). Em resumo, vivenciamos neste momento um movimento de ações que visam a criação de ambientes propícios à formação de profissionais na perspectiva interdisciplinar, tal qual este trabalho se insere e visa contribuir para o avanço na formação docente interdisciplinar.

À guisa de fechamento deste tópico, retomamos algumas características que marcam o grupo de professores participantes desta pesquisa: contamos com professores graduados em Biologia, Física e predominantemente Química, atuantes no Ensino Fundamental e principalmente no Ensino Médio; a maioria dos professores já lecionava há pelo menos oito anos na época em que participou do processo de formação continuada, ou seja, professores com um bom tempo de experiência na carreira; em relação à N&N, a maioria buscou a formação continuada para conhecer mais a respeito do assunto e inicialmente demonstrou pouco conhecimento sobre N&N; percebemos também um foco ligado à utilidade no que diz respeito aos objetivos do Ensino de Ciências e, finalmente, uma tendência de crítica à excessiva fragmentação de conhecimentos e abordagens pouco integradas na Educação Básica, além do reconhecimento da importância de práticas interdisciplinares para a aprendizagem dos estudantes, mas poucas referências de contribuições da interdisciplinaridade no desenvolvimento profissional.

---

<sup>35</sup> Considerando a criação de licenciaturas Interdisciplinares (Educação do Campo, Ciências da Natureza, Ciências Humanas, por exemplo).

Buscaremos, na sequência, caracterizar os processos formativos que deram origem a esta tese, nos pressupostos defendidos ao longo do texto, envolvendo a formação de professores, N&N e interdisciplinaridade.

## 5.2 CONSTRUÇÃO DE UM AMBIENTE INTERDISCIPLINAR DE FORMAÇÃO

Verificamos que uma das principais críticas à interdisciplinaridade está ligada ao fato de ser um tema discutido na teoria, mas com poucas aplicações na prática docente (AUGUSTO et. al., 2004; SILVA, 2014), seja por meio de dificuldades de compreensão do conceito, por questões metodológicas (como desenvolver práticas interdisciplinares), ou até mesmo por questões como falta de material pedagógico e apoio da escola e de outros professores, entre outras (AUGUSTO; CALDEIRA, 2007; BERTI, 2007). Em nossa visão, este quadro pode ser parcialmente explicado pela falta de vivência profissional em espaços que desenvolvem ou possibilitariam desenvolver práticas interdisciplinares, nos quais os professores tenham a oportunidade de estudar, discutir, propor, desenvolver e refletir a respeito de práticas interdisciplinares, tanto ao longo da formação acadêmico-profissional como ao longo do exercício profissional, em iniciativas de formação continuada.

Nesta seção, buscaremos apresentar de forma mais aprofundada as características dos processos de formação continuada desenvolvidos nos anos de 2015 e 2016, tendo em vista o foco na construção de um ambiente potencialmente interdisciplinar de formação, com vistas ao fomento da construção/reconstrução de saberes na perspectiva da interdisciplinaridade profissional, ou seja, enquanto perspectiva de formação. Conforme destacado na metodologia, os processos foram desenvolvidos ao longo do primeiro semestre dos anos de 2015 e 2016, com 14 encontros semanais de 3 horas, totalizando 42 horas.

Optamos por utilizar a denominação curso de formação continuada na divulgação, pois é um termo mais comum à comunidade escolar e também mais próximo em termos estruturais de nossa proposta. Posteriormente, realizamos entrevistas prévias com o intuito de esclarecer os objetivos gerais do curso para os docentes interessados, alinhados à nossa visão de formação, contrária à ideia de cursos de reciclagem ou de atualização e que não havia um cronograma totalmente definido *a priori*. Assim, optamos por utilizar termos como processo formativo e processo de formação e suprimir a palavra curso ao longo desta tese

Os processos de formação tinham como objetivos:

- Criar condições - neste caso, um espaço interdisciplinar de formação - para que o professor construa uma visão crítica sobre integração de conhecimentos no ensino de Ciências;
- Contribuir para o desenvolvimento de saberes disciplinares, de formação pedagógica, curriculares, da experiência<sup>36</sup>, buscando articulá-los em direção ao desenvolvimento de Práticas Docentes Interdisciplinares.

De acordo com as discussões desenvolvidas ao longo do capítulo 2, acreditamos que N&N é um tema atual, controverso e pode ser compreendido como interdisciplinar e, dessa forma, alicerçamos nossa opção por este assunto para orientar as ações desenvolvidas ao longo dos processos de formação continuada, tendo em vista, também, a visão de que “professores e futuros professores deveriam ser informados sobre os diferentes aspectos da nanotecnologia através da formação em serviço, seminários, modelo de atividades e projetos” (EKLI; SAHIN, 2010, p. 2670, tradução nossa).

Definidas as características supracitadas, faltava delinear uma “organização” para os processos formativos. Utilizamos o termo em parênteses justamente porque nosso objetivo não era apresentar uma proposta fechada aos docentes participantes, mas sim abrir espaço para a participação coletiva ao longo do processo e das atividades, justamente pelo fato de buscarmos a superação da racionalidade técnica e de fomentar o protagonismo dos professores ao longo do processo de formação, procurando maior horizontalidade nas relações do grupo. Portanto, pensamos em uma estrutura de maneira a potencializar a criação de um ambiente interdisciplinar de formação, contemplando aspectos relacionados aos diversos saberes docentes anteriormente destacados, buscando em todos os momentos romper com a visão tecnicista, ou seja, explicitando a importância da reflexão do professor frente as ideias apresentadas, quando possível à partir de sua experiência. Para mais, visando a criação de condições para a participação ativa dos docentes ao longo do processo formativo em questão, valorizando as questões de ordem teórica e prática, conforme discutiremos na sequência. Apresentamos no quadro 6 a estrutura geral dos processos formativos desenvolvidos em 2015 e 2016.

---

<sup>36</sup> Optamos por não discutir o Saber da Experiência em tópico específico nesta tese pelo fato de que nenhum sujeito participante teve contato ou desenvolveu abordagens envolvendo N&N e também pela dificuldade em delimitar qual a origem deste Saber (se ao longo do processo formativo, se somente da prática). Entretanto, procuramos ficar atentos para manifestações deste saber em relação a outros aspectos apresentados pelos professores ao longo de todos os encontros, como por exemplo: as críticas à fragmentação do currículo e dos conhecimentos na escola, experiências com estratégias de ensino, avaliação, contexto de atuação e de vida dos estudantes, entre outros.

Quadro 6: Estrutura dos processos de formação.

Momentos	Foco
1º	Aplicação do questionário para levantamento de ideias prévias dos sujeitos, apresentação geral dos objetivos e organização dos encontros, obtenção de relatos iniciais dos participantes sobre suas expectativas e sobre suas práticas, exibição de um vídeo <sup>37</sup> para abrir as discussões sobre N&N, problematização inicial envolvendo o porquê ensinar Ciências e breve discussão sobre documentos curriculares para o ensino de Ciências.
2º	Discussão de conceitos específicos com pesquisadores nas áreas de Química, Física e Biologia, visitas a laboratórios de pesquisa sobre N&N da UFJF.
3º	Discussão sobre interdisciplinaridade, N&N na mídia e seus prós e contras, estratégias para o ensino de Ciências, desenvolvimento e discussão de propostas para o ensino de N&N pelos professores participantes.

Fonte: ELABORADO PELOS AUTORES.

Destacamos que não houve uma distribuição homogênea de encontros ao longo dos três momentos, uma vez que, como apontado anteriormente, buscamos flexibilizar o processo, de maneira a considerar as críticas e sugestões dos participantes. Somente no segundo momento foi necessário estabelecer um cronograma fechado, pois convidamos professores da UFJF, sendo que a participação destes foi condicionada à disponibilidade de cada um, tendo em vista suas atividades. De maneira geral, a carga horária nos dois anos de desenvolvimento dos processos formativos ficou aproximadamente distribuída da seguinte forma: três encontros para o primeiro momento, quatro encontros para o segundo momento e seis encontros para o terceiro momento.

Em todos os momentos, procuramos fomentar a superação dos limites disciplinares no ambiente de formação, tendo em vista que estávamos vivenciando um processo novo (inclusive nós pesquisadores). No primeiro momento, procuramos conhecer os professores, suas experiências na Educação Básica e em formação continuada, bem como concepções sobre ensino de Ciências e os temas centrais do processo de formação (interdisciplinaridade e N&N). Também buscamos deixar clara a concepção que guiaria o desenvolvimento das atividades, justificando que não apresentaríamos metodologias para o ensino de N&N, mas que nosso objetivo era promover debates sobre possíveis abordagens deste tema na Educação Básica, na

<sup>37</sup> O vídeo em questão é uma reportagem do programa “Matéria de Capa”, da TV Cultura, no qual é abordado o tema N&N. A reportagem pode ser acessada pelo link: [https://www.youtube.com/watch?v=myr\\_nMOFOiw&t=24s](https://www.youtube.com/watch?v=myr_nMOFOiw&t=24s), acessado em 23/04/2019.

perspectiva interdisciplinar. Também desenvolvemos ações envolvendo a discussão de aspectos curriculares no ensino de Ciências, tendo como plano de fundo o ensino de N&N.

No segundo momento, contamos com palestras de quatro docentes da UFJF<sup>38</sup>, que desenvolvem sua pesquisa voltada para a área de N&N, sendo uma professora pesquisadora da área da Biologia, um da Física e dois da Química (cada um participou em um ano). Este momento foi caracterizado predominantemente pelo foco em conceitos específicos sobre N&N. Foram discutidos temas como: contextualização histórica e caracterização dos objetos de investigação deste campo de conhecimento, estrutura da matéria, mecânica quântica, propriedades emergentes na escala nanométrica, aplicações na saúde, no desenvolvimento de novos materiais, na eletrônica e computação. No fim deste momento, propusemos uma visita a alguns laboratórios de Física e Química da UFJF que desenvolvem pesquisas neste campo, buscando maior aproximação entre conhecimentos de natureza teórica e experimental. Apesar do foco disciplinar (previsto por nós), estes encontros também contribuíram para fomentar características interdisciplinares para o ambiente de formação, considerando que em vários momentos os pesquisadores convidados apresentavam conceitos que extrapolam os limites de uma área de conhecimento específica, bem como reforçavam a visão da N&N como um campo interdisciplinar de conhecimento.

No terceiro momento, que contou com o maior número de encontros, (cerca de seis) buscamos retomar as discussões anteriores, além de propor a discussão de vários pontos: a interdisciplinaridade na Educação Básica (do ponto de vista teórico-metodológico); N&N como um tema controverso e como este tema vem sendo divulgado pela mídia; elaboração de propostas de ensino pelos participantes, que foram apresentadas e discutidas posteriormente; estratégias diferenciadas para o ensino de Ciências (jogos didáticos, experimentação, estudo de caso e caso simulado); análise da N&N em livros didáticos. Neste momento, o objetivo era valorizar principalmente a mobilização de saberes da formação profissional e discussões específicas sobre interdisciplinaridade, buscando articulá-los com os saberes disciplinares e curriculares, sendo este último em menor proporção.

Apresentadas as características gerais dos processos formativos, focaremos na apresentação e discussão das quais acreditamos terem contribuído para a construção de um ambiente interdisciplinar de formação. Vale a pena retomar que as ações foram desenvolvidas tendo como referência principal a interdisciplinaridade profissional (LENOIR, 2013), que em

---

<sup>38</sup>Optamos por convidar estes professores por considerarmos importante o contato direto dos sujeitos envolvidos no processo com especialistas, que poderiam debater sobre conceitos específicos de N&N, inclusive no contexto de suas pesquisas.

nosso ponto de vista abarca as demais modalidades (escolar, científica e prática) quando pensada na perspectiva da formação de professores, articuladas à mobilização de Saberes Docentes (TARDIF, 2014).

Primeiramente, pensamos em como chamar atenção dos professores, apostando no fator expectativa: ao pensar na divulgação, criamos um título para o curso de formação continuada, denominado: “Nanociência e Nanotecnologia no ensino de Ciências: uma abordagem interdisciplinar”. Dessa forma, acreditamos que uma chamada envolvendo N&N e interdisciplinaridade poderia criar um interesse e predisposição para a participação nos processos de formação.

Segundo, a realização de entrevistas individuais com os docentes pré-inscritos: nestas pequenas entrevistas, com cerca de 25 minutos, procuramos esclarecer algumas dúvidas e expectativas, como por exemplo, horários, os conteúdos a serem discutidos ao longo dos cursos, a vinculação a uma pesquisa de doutorado e, por fim, que a proposta não era caracterizada como curso de especialização. Também procuramos levantar algumas características dos professores e estabelecer as primeiras relações de confiança com eles. Dessa forma, os possíveis participantes tiveram a oportunidade de conhecer um pouco melhor a respeito das ideias e objetivos dos processos formativos, principalmente no que dizia respeito ao ambiente de formação, pois reforçamos que um dos principais objetivos estava ligado à discussão sobre interdisciplinaridade.

Já no âmbito dos processos formativos, acreditamos que o questionário aplicado no primeiro momento do primeiro encontro, com o objetivo de levantar algumas concepções, também auxiliou a caminhar rumo à ambientes interdisciplinares, por dois motivos: primeiro, porque foi uma forma de possibilitar que os professores refletissem inicialmente a respeito da interdisciplinaridade e possivelmente já começassem a mobilizar saberes nesta direção; segundo, porque nos auxiliou a entender suas visões e a partir delas pudemos organizar as ações futuras.

Outro ponto que consideramos como positivo para a construção de um ambiente interdisciplinar foi a participação de professores oriundos de diferentes áreas das Ciências Naturais e com diversos percursos formativos e experiências profissionais. Dessa forma, contamos com professores graduados em Física, Química e Ciências Biológicas, em universidades privadas e públicas, compreendendo o início da década de 2000 até o ano de 2013 e com atuação em diversas escolas (públicas e privadas) de Juiz de Fora e região, conforme apresentamos no quadro 5. As diversas experiências e saberes dos sujeitos potencializaram

diversos olhares, bem como a construção e reconstrução de saberes por eles. A ideia de que interdisciplinaridade pressupõe reciprocidade, mutualidade e diálogo entre sujeitos e disciplinas é defendida por Fazenda (2011), e, nas palavras de Berti (2007, p. 25):

pode-se dizer que a interdisciplinaridade depende basicamente de uma atitude, traduzida entre o diálogo dos interessados e co-responsáveis pelo processo interdisciplinar. Uma atitude que se constrói na prática, superando a dicotomia (teoria e prática), algo que pode ser observado na pesquisa. Esse diálogo interdisciplinar [...] deve ser feito com a presença das disciplinas. Suas críticas [Ivani Fazenda] não são direcionadas às disciplinas, mas aos recortes excessivos nos conteúdos, os quais, impossibilitam a compreensão na sua essencialidade.

Tendo em vista os chamados recortes excessivos apontados por Berti (2007), procuramos também levantar discussões envolvendo a fragmentação e a integração desde o primeiro encontro nos dois processos de formação, mesmo que de forma ainda superficial, justamente por acreditarmos no potencial a ser desenvolvido ao longo dos encontros, conforme destacado no trecho transcrito a seguir, referente ao primeiro encontro do processo de formação em 2016:

**Pesquisador 1:** A gente coloca aí, a partir dos PCN isso começa a vir mais forte, no final da década de noventa. Mas de fato, de 2010, 2011 pra frente, o governo começou a investir forte nessa questão. Então, [...] tanto em programas de formação de professores, nas diretrizes curriculares nacionais, tanto para o Ensino Médio quanto para a formação de professores; se a gente faz uma leitura rápida, de diversos documentos, CBC, a Base Nacional Comum que tá sendo finalizada, as Diretrizes Curriculares, os próprios PCN, é um termo que aparece comumente. E isso hoje tá materializado na forma de lei, desde 2012 tem resoluções do MEC que vem falar que o Ensino Médio, a Educação Básica como um todo, tem que prezar pela integração de conhecimentos [...] Então a gente parte dessa motivação pra propor e fomentar essas discussões, esse curso tem esse objetivo [...] porque a gente entende que as Ciências Naturais podem e devem ser abordadas dessa forma, respeitando os conhecimentos de cada um, mas buscando construir essas relações com nossos alunos.

Procuramos, ainda nos primeiros encontros, levantar o debate a respeito da interdisciplinaridade, de maneira que os professores manifestassem suas ideias. O episódio a seguir, transcrito do primeiro encontro do processo formativo de 2015, em nossa visão, retrata esta questão de maneira bem clara onde os professores se posicionaram quanto à excessiva fragmentação de conhecimentos:

**Aline B:** Eu acho que vem do nível conceitual sim.

**Luiza Q:** O nível conceitual a gente sabe, mas, talvez...

**Aline B:** O nível conceitual nosso no ponto, talvez de trabalhar aquela questão assim, semana passada eu até discuti isso com um colega, uma coisa que eu vejo muito na sala de aula hoje é “ah, eu dou aula de Química”.

**Carina Q:** Não entendi.

**Aline B:** “Ah, eu dou aula de Química”, “Eu dou aula de Física”, “Eu dou aula de Biologia”, “isso aí você pergunta pro outro professor”. Não procurar saber o outro conteúdo, que é aquilo que a gente trabalha hoje em dia. Não tem como você trabalhar o conteúdo específico hoje. E essas crianças já vem hoje, crianças que eu falo, jovens, desde criança lá pequena, eles já vem hoje com uma ideia de mundo diferente da nossa.

**Carina Q:** Muito diferente da nossa.

**Aline B:** Uma coisa que eu sempre falo com eles, hoje você fala assim “ah fulano de tal é formado em Matemática”. Há um tempo atrás era Matemática, era astrônomo, era filósofo, era isso, era aquilo. E hoje? Matemática. Vamos pegar a área médica, [tem especialistas em] área de mão, área de pé, como assim? Não é o corpo humano? “Não, eu sou especialista em mão.” “Então o pé você não sabe?” “Não, só a mão.” Então assim, acaba direcionando tanto o conhecimento, que pra nós, nível conceitual nesse sentido que eu to falando, que acaba, é claro que são vários fatores, mas a gente fica centrado ali, o que eu tenho que trabalhar hoje? Isso aqui. Aí vem a questão, é o vestibular, é não sei o que, o que eu tenho que trabalhar, não dá tempo de ver isso, de fazer aquilo. Então fica muito limitado pra gente a nível conceitual, eu vejo nesse sentido. E o menino não, ele teve a dúvida, ele vai lá, pega o celular, o tablete, ele não quer saber se é das Ciências, se é do Português, ele não quer saber, a dúvida surgiu, ele quer a resposta. Ele não vê essa barreira.

**Pesquisador 2:** Você acha que ele não vê a barreira das áreas?

**Aline B:** Sim, das áreas.

**Pesquisador 2:** Quer dizer, isso que a gente ta ligando, de tentar construir conhecimento interdisciplinar, você ta dizendo que eles já?

**Aline B:** Eu acredito que sim.

**Luiza Q:** Eles vem com perguntas que as vezes a gente não sabe.

**Silvia Q:** Eu não sinto muito isso nos meus alunos não. Não vejo que eles correm muito atrás, eu tenho raríssimos curiosos.

**Aline B:** Eu acho que essa geração, eles já tem muita informação pronta né.

**Silvia Q:** Ah, mas eu não vejo essa busca sabe, de tipo “ah eu tive uma dúvida”, daí busca no celular, eu não vejo. Na minha sala se surgir um assunto eu não vejo eles terem essa, de pegar o celular e procurar ou me perguntar alguma coisa, eu não vejo muito isso.

**Pesquisador 1:** Mas eu acho que eu entendi do que ela falou no sentido...

**Silvia Q:** Sim, deles fazerem esse link maior entre as várias áreas do que a gente.

**Carina Q:** Não é intencional.

**Silvia Q:** É Exatamente isso, eu não sinto isso dos meus alunos não. Eu não vejo eles conseguindo fazer essa ligação entre uma disciplina com outra dentro de um tema, eu não vejo eles fazendo isso não.

Destacamos neste trecho o foco no conteúdo apontado por Aline, que vê este como um fator que influencia no desenvolvimento de abordagens interdisciplinares por parte do professor, o que reforça a visão de que a interdisciplinaridade é dependente das disciplinas (FAZENDA, 2011; SILVA, 2014). Uma das consequências das limitações conceituais é relatada pela própria Aline, quando se refere à atitude de um professor indicar que o estudante procure o professor especialista de outra área para auxiliar em uma possível dúvida.

Outra questão que emerge neste debate diz respeito ao que os professores percebem por parte dos alunos em relação à integração de conceitos. Aline e Luiza defendem que os discentes apresentam um perfil de não perceberem barreiras entre as disciplinas, ancorando seu posicionamento em questionamentos de alcance mais amplo feitos pelos estudantes de forma naturalizada e que as vezes deixam o professor em situação desconfortável, tendo em vista que uma das primeiras ações dos professores frente ao questionamento é tentar identifica-lo com



alguma disciplina. Ou seja, neste caso há um choque na forma de pensamento de alunos e professores.

Esta é uma questão interessante do ponto de vista da formação pessoal e da aprendizagem dos indivíduos. A experiência vem mostrando que estudantes das faixas etárias menores, principalmente do 1º ao 5º ano do Ensino Fundamental são fortemente movidos pela curiosidade e verificamos que o currículo neste segmento é organizado de forma menos fragmentada. A partir do 6º ano, os estudantes se deparam com grande número de disciplinas, de maneira a particionar cada vez mais os conhecimentos a serem estudados nos anos subsequentes (MILARÉ; ALVES FILHO, 2010; SILVA, 2014). Portanto, de certa forma, quando mais jovens, os estudantes tendem a apresentar formas de pensamento mais livres no sentido de não-linearidade e fragmentação; dessa maneira, nos parece que quanto mais avança-se no processo de escolarização, mais limites vão sendo estabelecidos entre os conhecimentos, principalmente pela organização curricular e pelos próprios professores, o que pode influenciar diretamente no condicionamento na forma de pensamento dos estudantes, o que entendemos como um cenário complicado de ser superado, mas que precisa ser repensado, uma vez que parece contribuir pouco para a formação integral dos estudantes. Neste sentido, em outro episódio, na sequência da discussão transcrita anteriormente, os professores assumem seu papel no que diz respeito aos recortes excessivos nos conteúdos:

**Pesquisador 1:** Mas isso que ela chamou a atenção, retomando a questão: o aluno separa os conteúdos? Por exemplo, você falou que depois que o aluno te perguntou você nem tava pensando isso na hora.

**Luiza Q:** Nossa, volta e meia tem aluno fazendo pergunta assim.

**Pesquisador 1:** Então, tem alunos que pra eles, eu também acredito que eles não vêem muito essa barreira. Igual, por exemplo, a gente muitas vezes acaba criando essa barreira. Por exemplo, um aluno vem, ele sabe que você é professor da área de Ciências, independe se é Química ou Biologia, ele vem e “vou perguntar isso pra ele”, aí você fala assim “ah, isso aqui quem sabe explicar melhor é o de Biologia”

**Luiza Q:** É, exatamente.

**Pesquisador 1:** Acaba que a gente cria essa barreira de área, na cabeça dele ele pode perguntar pra qualquer professor de Ciências que ele pode ajudar ali.

**Luiza Q:** Eu tava falando de alumínio, da suspeita de causar Alzheimer pra ele, “mas como é que isso atua no Alzheimer?” Eu pensei, isso é Biologia. A mãe dela é bióloga e casada com um médico “pergunta pro seus pais, me traz a resposta”.

**Carina Q:** Na verdade é, a gente também fragmenta o assunto, isso aqui é da área de Química, mas isso aqui já é da Geografia, deixa lá na Geografia. Esse ano eu vou falar sobre petróleo, só que a gente tinha que fazer uma introdução sobre fontes de energia, energias alternativas, as usuais, “professora, mas a gente já viu isso ano passado no quarto bimestre de Geografia”. Eu falei “tudo bem, a gente já viu, então a gente vai falar e juntar os conhecimentos da Geografia com a Química, pra ver o que vai dar.” Então a gente tem essa tendência de fragmentar mesmo, isso aqui é da Física, isso da Química, isso é Biologia e cada um que se vire. Mas aí eu falo também, é um erro nosso.

**Maria F:** A gente tem que tentar trabalhar isso na gente mesmo. Eu por exemplo, eu peguei o Reinventando<sup>39</sup> ano passado, aí eu peguei a matéria Empreendedorismo, aí eu levei um texto sobre energia, fontes de energia, falando sobre o petróleo também. Aí eu coloquei o tema lá como Geografia, como Física e como Empreendedorismo, porque você também tem que ser empreendedor. Aí, nossa, muito difícil trabalhar.

**Luiza Q:** mas deve ser fascinante, porque isso abre um leque.

**Maria F:** É fascinante, mas a gente não ta preparado pra trabalhar dessa forma.

Salientamos novamente que os episódios acima transcritos referem-se ao primeiro encontro de um dos processos formativos, ou seja, era o primeiro contato dos professores entre si e com alguns questionamentos por nós levantados. Diante disso, entendemos que estas discussões também tiveram boa parcela de contribuição para a construção de um ambiente interdisciplinar de formação. Vale destacar também, ainda baseados nos episódios acima, que outro fator importante está ligado à reflexão sobre interdisciplinaridade à luz das experiências dos sujeitos, ou seja, procuramos fomentar a associação dos assuntos debatidos nos encontros com o contexto de atuação e as experiências dos docentes. Outra questão que consideramos relevante é que, mesmo considerando as experiências dos professores, procuramos trazer artigos sobre interdisciplinaridade (os textos eram enviados antes dos encontros, para que os professores realizassem leitura prévia), buscando aliar discussões entre os níveis teórico e prático (experiência de atuação dos sujeitos). Aprofundaremos estas discussões em tópico específico mais adiante.

Ainda nesta direção, procuramos valorizar a participação de todos, estimulando-os a apresentarem suas ideias frente ao grupo, de maneira a desenvolver um espírito de coletividade (FAZENDA, 2011) por meio do diálogo e troca de experiências, justamente pelo fato de contarmos com uma pluralidade de perfis profissionais em ambos os grupos consolidados.

Por fim, acreditamos que contar com momentos de discussão teórica com especialistas nos campos das Ciências Biológicas, da Física e da Química também contribuiu para caracterizar nossos encontros como um ambiente interdisciplinar de formação. Se por um lado, os professores, sujeitos dessa pesquisa, possivelmente se deparam com dificuldades conceituais de outras áreas, por outro lado, tiveram a oportunidade de ver outras perspectivas de abordagem do assunto, bem como construir novos conhecimentos a respeito da N&N, o que pode auxiliá-los a atuar de forma interdisciplinar.

---

<sup>39</sup> Maria refere-se ao Programa Reinventando o Ensino Médio, implantado no ano de 2014 nas escolas estaduais de Minas Gerais. Este Programa procurou aproximar o currículo do Ensino Médio com o mundo do trabalho, por meio da criação de disciplinas aplicadas e da criação de mais um horário diário no currículo. O referido Programa foi cancelado em 2015.

À guisa de conclusão desta seção e à luz da questão de pesquisa<sup>40</sup>, relembramos os aspectos os quais consideramos terem contribuído para o estabelecimento de um ambiente interdisciplinar de formação nos dois processos formativos: a expectativa; a aplicação de um questionário prévio contendo os temas referentes ao curso; o perfil de formação e atuação diversificado dos participantes; o estímulo ao debate envolvendo a interdisciplinaridade ao longo dos encontros, trazendo à tona o contexto e as experiências dos docentes, bem como relacionando-as com as questões teóricas; valorização do diálogo entre os participantes e; discussões teórico-conceituais sob a perspectiva de diversas áreas do saber, bem como a articulação entre as mesmas. Sendo assim, acreditamos que os aspectos acima citados auxiliaram a caminhar em direção à interdisciplinaridade profissional, enquanto perspectiva formativa e apresentam potencial formativo para atuação interdisciplinar, respondendo parcialmente à questão de pesquisa. A partir de agora, apresentaremos as análises referentes aos saberes mobilizados ao longo dos processos formativos, visando levantar as potencialidades e limitações dos saberes para a formação dos professores na perspectiva interdisciplinar.

### 5.3 OS SABERES DOCENTES MOBILIZADOS AO LONGO DO PROCESSO DE FORMAÇÃO

Conforme defendemos ao longo deste trabalho, um dos fatores para a concretização de práticas interdisciplinares nas escolas está ligado à formação de professores, na medida em que consideramos importante a vivência destes sujeitos em ambientes que favoreçam o desenvolvimento de saberes voltados para tal perspectiva. Tardif (2014) afirma que a prática docente pode ser entendida como um amálgama dos Saberes Disciplinares, Curriculares, da Formação Pedagógica e da Experiência; em nosso ponto de vista, práticas interdisciplinares também demandam a mobilização destes saberes, entretanto, exigem maior articulação entre os mesmos, em conjunto principalmente com as modalidades escolar e científica da interdisciplinaridade (LENOIR, 2013).

Mesmo considerando que uma área específica de conhecimento, como por exemplo a Física, demanda a mobilização de conhecimentos de outras áreas, para uma formação interdisciplinar é necessário que o sujeito seja estimulado a construir mais conhecimentos além

---

<sup>40</sup> Como um processo de formação continuada para professores da área de Ciências da Natureza, estruturado na reflexão sobre uma temática que exige enfoque interdisciplinar, pode contribuir com elementos no sentido de formação para atuação interdisciplinar?

da Física. Obviamente, não queremos dizer com isso que todos os cursos tenham que contemplar todos os conhecimentos produzidos até hoje, mas sim, favorecer ao longo da formação acadêmico-profissional a construção de outros conhecimentos por parte do sujeito, bem como fomentar a busca por novos conhecimentos ao longo do exercício profissional. Adicionalmente, apontamos que a formação e atuação na perspectiva interdisciplinar não se restringe apenas à relação de um sujeito/professor com vários conhecimentos, mas também nas relações com outros sujeitos, ou seja, o espírito de coletividade também se faz necessário (FAZENDA, 2011).

No que diz respeito aos Saberes Curriculares, é essencial que ao longo da trajetória de formação, o professor reflita sobre como a disciplina em que atuará ou já atua se insere nos objetivos da formação dos estudantes, bem como seja estimulado a compreender o currículo de maneira mais ampla, observando as possíveis relações da disciplina na qual atua com outras disciplinas, de maneira a contribuir para o estabelecimento de inter-relações entre os diversos conteúdos. Nessa perspectiva, entendemos que o pensamento crítico-reflexivo (que supera a racionalidade técnica) também possui um papel importante, uma vez que o professor pode e deve atuar de maneira a compreender a escola para além de sua própria disciplina, considerando aspectos sociais, culturais, a coletividade e seu papel enquanto agente de transformação social (ZEICHNER, 2008; FREIRE, 2010). Um exemplo emblemático a respeito da falta de integração entre as disciplinas no currículo praticado nas escolas é relacionado ao tema Gases, geralmente abordado no 2º ano do Ensino Médio pelas disciplinas Física e Química, mas em boa parte dos casos em momentos distintos ao longo do ano e sem diálogo entre os respectivos professores.

Finalmente, no tocante aos Saberes da Formação Pedagógica, defendemos que os professores vivenciem ações de formação que valorizem a coletividade (no sentido de diálogo com profissionais de outras áreas), que levem os mesmos a propor, desenvolver e avaliar materiais e estratégias didáticas interdisciplinares. Dessa forma, por exemplo, as 400 horas de estágio e de prática como componente curricular previstas atualmente (BRASIL, 2015), poderiam ser organizadas de maneira que uma parte destas horas contemple a observação e desenvolvimento de ações em disciplinas diversas, visando a articulação entre as mesmas.

Vale destacar que optamos por não analisar os Saberes da Experiência de maneira detalhada ao longo dos processos formativos, considerando que cada experiência dos professores é singular e marcada por inúmeras fatores que variam de sujeito para sujeito; adicionalmente, consideramos ser de alta complexidade conseguir avaliar em que medida o

referido saber relaciona-se diretamente com a N&N e em que medida relaciona-se com outros conteúdos, estratégias, concepções, por exemplo. Por fim, dado o cenário em que a maioria dos sujeitos reconheceu não possuir conhecimentos bem fundamentados sobre N&N, acreditamos que as influências do Saber da Experiência, especificamente para a N&N e o ensino de N&N começariam a surgir de maneira mais evidente a partir da incorporação deste assunto na prática dos professores. Por outro lado, isso não significa que não consideramos a possibilidade da existência desse Saber e, dessa forma, optamos por discuti-lo em trechos ao longo do texto, destacando suas possíveis influências na formação dos sujeitos dessa pesquisa.

Quanto aos processos de formação desenvolvidos nesta pesquisa, vale destacar que procuramos avaliar a mobilização de saberes pelos professores. Adicionalmente, partimos do pressuposto no qual o professor é visto como sujeito produtor de conhecimento, crítico e agente de transformação social, de maneira a evitar a perpetuação de práticas alienadoras em seu campo de atuação

Os professores não podem restringir sua atenção apenas para a sala de aula, deixando que o contexto mais amplo e os propósitos da educação escolar sejam determinados por outras pessoas. Eles devem se responsabilizar ativamente pelos objetivos pelos quais eles se comprometeram e pelo contexto social nos quais esses propósitos podem prosperar. Se eles não quiserem se transformar em meros agentes do Estado, do exército, da mídia, dos intelectuais e burocratas, eles precisam determinar sua própria agência por meio de uma avaliação crítica e contínua de seus propósitos, as consequências e o contexto social (SCHEFFLER, 1968 apud ZEICHNER, 2008, p. 542)

Dessa forma, não era nosso intuito “transmitir” conhecimentos aos professores ou ensiná-los como abordar o tema N&N e como desenvolver práticas pedagógicas interdisciplinares, mas sim criar ambientes favoráveis para a mobilização de saberes, considerando a subjetividade dos envolvidos. Portanto,

[...] para compreender a natureza do ensino, é absolutamente necessário levar em conta a subjetividade dos atores em atividade, isto é, a subjetividade dos professores. Ora, um professor de profissão não é somente alguém que aplica conhecimentos produzidos por outros, não é somente um agente determinado por mecanismos sociais: é um ator no sentido forte do termo, isto é, um sujeito que assume sua prática a partir dos significados que ele mesmo lhe dá, um sujeito que possui conhecimentos e um saber-fazer provenientes de sua própria atividade e a partir dos quais ele a estrutura e a orienta. (TARDIF, 2014, p. 230)

### **5.3.1 Os saberes disciplinares**

Partindo da perspectiva de que “A interdisciplinaridade tampouco pode ser predisciplinar, quer dizer, realizar-se sem o conhecimento prévio das disciplinas; só quem já conhece uma

disciplina pode relacioná-la a outras [...]” (FOLLARI, 1995, p. 116), buscamos favorecer o contato dos sujeitos com especialistas da Biologia, da Física e da Química, considerando que tal contato poderia contribuir para a mobilização de vários saberes, podendo ampliar os conhecimentos dos professores a respeito da N&N.

Nesta seção discutiremos episódios transcritos de momentos que entendemos como importantes para a construção de conhecimentos a respeito do tema N&N pelos professores. Diversas são as possibilidades de se abordar a N&N, bem como de se entender propriedades e fenômenos compreendidos neste campo de conhecimento, dentre as quais se destacam as propriedades dependentes do tamanho e as propriedades eletrônicas, explicadas por meio da mecânica quântica (TOMA, 2009; ZARBIN; OLIVEIRA, 2013). Tendo em vista a complexidade e a demanda de tempo envolvendo a abordagem quântica, inclusive considerando que alguns dos sujeitos tem formação na área de Ciências Biológicas, onde esses conceitos não são abordados, optamos por dar maior ênfase aos aspectos ligados ao tamanho e possíveis propriedades emergentes a partir da variação da escala.

Nos encontros de discussão de conceitos e fundamentos em N&N contamos com a participação de professores pesquisadores das áreas de Biologia, Física e Química da UFJF. Conversamos previamente com os convidados, de maneira a situá-los a respeito do contexto, do perfil dos professores e dos objetivos do processo de formação, solicitando que eles não simplesmente falassem ao público alvo, em um formato de palestra, mas que buscassem valorizar a participação dos professores, de maneira a favorecer um ambiente de diálogo (uma das características que acreditamos contribuir para a superação do modelo de transmissão de informações), exemplificado na fala inicial de um dos professores convidados:

“Então, geralmente, quando a gente tá falando de nanômetro aqui, a gente tá nessa escala de 10 a 100 nanômetros. E é aí que algumas coisas começam a ficar esquisitas; é nessa escala que algumas coisas que a gente conhece como óbvias começam a não ficar tão óbvias mais, porque começa a sair do senso comum. Eu queria saber se vocês tem alguma dúvida específica sobre qualquer coisa relacionada a isso?” (Professor de Química convidado, turma de 2016).

Conforme Bassotto (2011) e Fernandes (2016) apontam, boa parte dos futuros professores confundem os termos nanociência e nanotecnologia e também possuem poucos conhecimentos sobre o assunto. Este quadro também foi observado com os sujeitos investigados nesta pesquisa, ao analisarmos os questionários prévios, as justificativas para a participação nos processos de formação continuada e também os debates ao longo dos encontros, principalmente aqueles em que o foco estava na discussão de conceitos específicos em N&N.

Um dos conceitos fundamentais em N&N está ligado à organização das espécies químicas átomos e moléculas em escala nanométrica, que pode diferir da organização em outras escalas e confere propriedades físicas e químicas totalmente diferentes ao material, possibilitando novas aplicações em áreas anteriormente impensáveis, como por exemplo na medicina, especificamente no tratamento do câncer (SHULZ, 2005; TOMA, 2009; ZARBIN; OLIVEIRA, 2013).

Referências à relação entre escala e propriedades não foram observadas na análise das concepções iniciais dos professores a respeito da N&N e suas relações com o ensino de Ciências. Dessa forma, procuramos dar maior destaque neste ponto no início das discussões conceituais, conforme indicado no episódio a seguir, referente ao 3º encontro do processo formativo de 2016:

**Pesquisador 1:** Uma coisa assim, que eu sempre, que eu olho pra esse assunto e parece que é uma dificuldade da gente entender é a questão, por exemplo, a gente fala de uma molécula, a gente desenha, os professores quando tão falando sobre química lá com os alunos, desenha o benzeno lá no quadro; mas na verdade quando a gente fala de benzeno, o benzeno que a gente ta tratando não é uma molécula, na verdade é uma organização maior de moléculas com aquela unidade mínima, não é? Que quando eu vejo escrito assim, cristais ou bulk, e o nanomaterial, acho que a gente tem um pouco dessa dificuldade, mas se eu falo a proteína tal, ela tem tantos átomos de carbono, tantos átomos, então qualquer proteína que eu to falando é da escala nanométrica? Eu acho que não é bem assim. A abordagem que a gente traz pra essa proteína é uma abordagem maior, macroscópica, que a gente não ta falando daquela proteína sozinha, a gente desenha aquela molécula porque a gente tem como identificar a fórmula mínima, a unidade fundamental daquela molécula, mas ela não se organiza em uma, duas, ela sempre tá organizada em milhares, talvez até milhões e aí que forma o bulk, o que a gente chama de cristais, não é?

**Professor de Química Convidado:** É, exatamente. Quer dizer, aí você ta falando de, você tem as moléculas aglomeradas de uma maneira que não necessariamente você tem controle. O controle vai ser dado, isso também acontece na nanociência, o controle é dado pelas interações entre as moléculas; a forma como o cristal se forma, como o cristal cresce tem a ver simplesmente com a maneira com que uma molécula tava

**Vitória Q:** Reorganização.

**Professor de Química Convidado:** É, que tava ali por perto, se interage com as moléculas do cristal. Então elas vão sendo agregadas aquela coisa que tá crescendo até você formar um cristal. E aí o cristal passa a se comportar de maneira muito diferente do que se fosse a molécula separada. Então você pega uma molécula de benzeno, vaporiza o benzeno, pega vapor de benzeno, você vai ter um certo comportamento. Se você tiver bem pouco benzeno na forma de vapor, ele vai se comportar como se fosse uma molécula isolada. Agora se você congela benzeno e pega benzeno sólido, o comportamento é diferente, você tem, o comportamento vai ser governado pelas interações de uma molécula de benzeno com a outra molécula de benzeno que tá do lado. É aonde você não pode mais pensar na propriedade de uma molécula só, tem que pensar naquele coletivo.

Além da importância de estabelecer relações entre escala de organização e propriedades, outra questão que se mostra emblemática e que procuramos discutir diz respeito à relação entre representação e compreensão do modelo microscópico. A representação “H<sub>2</sub>O”, por exemplo, omitindo o estado físico, é facilmente identificada como água; entretanto, tal representação não

nos informa a escala e/ou nível de organização desta espécie em relação ao comportamento da substância que representa. Podemos falar de uma molécula, um conjunto de algumas moléculas ou então um conjunto com milhares de moléculas. O que queremos dizer é que, ao falar da entidade “água” podemos nos referir a qualquer nível de organização. Geralmente o termo “água” remete à substância que utilizamos no nosso dia-a-dia, com as diversas propriedades amplamente conhecidas, que possui organização macroscópica, ou seja, é formada a partir de aglomerados de milhões de unidades mínimas, as moléculas de “H<sub>2</sub>O”, alguns químicos defendem, por exemplo, que a forma mais adequada de representação deveria ser “[H<sub>2</sub>O]<sub>n</sub>”. Mas essas moléculas também podem se organizar a partir de poucas entidades (estamos falando em nível de unidades ou dezenas), de maneira que o material continua sendo água, mas as propriedades podem ser diferentes devido a sua forma de organização, da mesma maneira que apenas uma molécula de “H<sub>2</sub>O” não possui as propriedades observadas para a substância “água”. Para os químicos esta discussão pode parecer trivial, mas é essencial para o entendimento das questões relativas à N&N e parece não ser tão bem difundida entre a população geral. O que será que as pessoas pensam quando olham para a representação “CO<sub>2</sub>”? Em uma molécula, em conjuntos de moléculas ou apenas em um gás presente em nossa atmosfera, nas bebidas gaseificadas? Ou seja, como essa representação é apresentada e compreendida.

Para exemplificar a não trivialidade da compreensão desta questão, houve um episódio ainda neste encontro, em que foi exposto o exemplo do ouro para discutir a mudança de propriedades advindas da mudança no tamanho dos aglomerados de partículas:

**Pedro Q:** Nesse caso então, uma nanopartícula de ouro, ela não tem aquela frequência, por exemplo, aquela fitinha que tem, vamos supor, o sódio libera a cor amarela ou azul, cada um tem uma cor específica, várias cores aliás, no espectro. Ali é nível atômico, é o átomo de ouro, ou pega a nanopartícula que contém ouro, vamos supor, um arranjo?

**Professor de Química convidado:** Você tá falando do espectro de linha [espectro atômico]?

**Pedro Q:** Isso.

**Professor de Química convidado:** Então, aquilo é de um átomo. É o espectro de linhas do átomo de ouro. Então aquele valor de energia lá, você pode pensar lá se o ouro emite em 380, 390 nanômetros, ele tá [emitindo radiação] quase [na região do espectro eletromagnético] no visível.

**Pesquisador 1:** Porque aí você tá falando de transição eletrônica.

**Professor de Química convidado:** Então você vai vaporizar ouro ou vai incidir um campo elétrico e ver a luz que ele emite, ou vai ver a luz que ele absorve. Vai ter uma coisa que é o ouro absorve no amarelo. Então o que acontece, se você pensar que vai excitar o ouro pra ele emitir luz, ele vai emitir luz amarela, esse é um átomo de ouro. E isso tem a ver com os níveis de energia desse átomo de ouro; então você vai ter uma separação de energia que dá a cor amarela, se você transpõe o comprimento de onda pra energia. Isso é uma coisa, é um átomo de ouro. A nanopartícula de ouro não é nem um cristal grande de ouro, nem um átomo, ela é uma coisa intermediária, e é onde é interessante estudar, porque se ela se comportasse exatamente como um átomo de ouro, a gente já conhece o ouro, o ouro átomo já



é reconhecido, até porque é valioso, então estuda-se muito, então se sabe muita coisa sobre o ouro. Sobre as nanopartículas de ouro, ainda está em andamento.

**Pedro Q:** Então a gente sabe o macro, que é o que a gente vê, sabe o micro que é o átomo, e o meio é a nanociência?

**Professor de Química convidado:** A nanociência tá interessada nessa região intermediária, que não é nem a propriedade do átomo, nem a propriedade do cristal bulk, do grande, é onde a gente tem que estudar. A nanociência tá nesse meio.

Percebemos que Pedro apresentava inicialmente dificuldades em distinguir as diferenças entre propriedades relativa ao átomo, à substância organizada nanometricamente e à substância organizada macroscopicamente (bulk, o ouro com as propriedades que conhecemos). Portanto, estes momentos mostraram-se bastante ricos, pois foi possível entender melhor as próprias concepções dos sujeitos a respeito da organização a nível microscópico dos materiais, bem como possibilitar condições para a construção de novos conhecimentos, principalmente referentes à N&N. Nesse episódio, percebemos que o debate conduzido pelo professor convidado potencializou a aprendizagem conceitual de Pedro.

Carvalho e Gil-Pérez (2011) apontam que a profissão docente exige conhecer o conteúdo a ser ensinado, entretanto, apontam que ainda existe grande carência conceitual por parte dos professores. No caso da N&N esta carência se torna ainda maior, por ser um tema pouco abordado nos cursos de formação acadêmico-profissional (BASSOTTO, 2011; LIMA; ALMEIDA, 2012), sendo, portanto, extremamente importante que o professor busque construir ou reconstruir conhecimentos a respeito deste assunto. Além disso, concordamos com Carvalho e Gil-Pérez (2011) quando afirmam que o professor precisa possuir algum conhecimento sobre desenvolvimentos científicos recentes e suas perspectivas, aprofundar os conhecimentos e adquirir outros novos.

Ainda referente à questão da escala, Vitória, também no 3º encontro do processo de 2016, apresenta certa dificuldade de compreensão do que vem a ser a nanociência, confundindo-a com o conceito de nanotecnologia. Vale destacar que as discussões no momento dos episódios anteriores e do episódio a seguir estavam concentradas nos aspectos conceituais da nanociência, de maneira que a nanotecnologia seria debatida mais adiante.

**Vitória Q:** Mas essa, quando a gente fala nanômetro, uma molécula que tá em nanômetro, isso não é nanotecnologia? Ou é?

**Professor de Química convidado:** Isso é uma coisa que a gente (fala interrompida)

**Vitória Q:** Porque assim, na verdade, na última aula a gente tava falando sobre a mudança de propriedade, quando uma molécula chega ao nanômetro, nessa unidade, quando há mudança na propriedade, muda alguma coisa, a gente, foi a prata?

**Pesquisador 1:** Foi a prata e o ouro.

**Vitória Q:** Aí sim é uma nanotecnologia? Isso é nanotecnologia?

**Professor de Química convidado:** Sim, que assim, uma resposta curta é sim. Porque aí você tem uma propriedade que só existe quando você tá nessa escala de 10 a 100 nanômetros, ou de 1 a 100. [...] Mas como você tem propriedades que só existem quando a substância tá nessa escala, aí você tá falando de nanociência.

**Vitória Q:** Que aí essas, por exemplo, o fulereno, já tá nessa escala, então não tem uma mudança.

**Professor de Química convidado:** É uma molécula de fulereno, então ela vai se comportar, se você pegar várias moléculas de fulereno você vai ter o sólido que é um lubrificante, por exemplo.

**Pesquisador 1:** É porque geralmente quando a gente fala fulereno, a gente tá pensando nas propriedades que a gente conhece, por exemplo, desse material. No caso a gente já sabe que a organização dele é nanométrica, mas por exemplo, você pode pegar grafite, a organização dele não necessariamente é nanométrica, você tem milhares de átomos de carbono ali.

**Professor de Química convidado:** É, as propriedades vêm do empilhamento, se você for ver a unidade mínima do grafite é um átomo de carbono.

**Vitória Q:** Isso que eu queria, quando muda essa propriedade nessa escala, aí sim é nanotecnologia. Quando não muda, quando ele é simplesmente um elemento, não tem o que falar.

**Professor de Química convidado:** Aí você tá estudando as propriedades daquela substância, você tá estudando uma quantidade pequena, uma quantidade grande. Se as propriedades são sempre as mesmas e você consegue passar de um lugar para o outro, você consegue traduzir o que você tem de uma escala pequena para uma escala grande, se não tem mudanças, você não precisa pensar se é ou não, pensar nisso é desnecessário.

Ainda neste episódio, percebemos uma confusão entre o conceito de substância e molécula na segunda fala de Vitória, o que pode reforçar, novamente, nossa hipótese de que a questão da compreensão da escala e da representação ainda não são bem compreendidas, e, mais emblemático ainda, por professores da área de Ciências Naturais. Neste sentido, Fernandez et. al. (2008), ao investigarem conhecimentos sobre Química de ingressantes nos cursos de graduação oferecidos pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQ-USP), percebeu que a maioria dos estudantes atribuía propriedades como condução de eletricidade, cor, maleabilidade, ponto de fusão e ebulição e densidade a um átomo de metal, ou seja, confundindo propriedades da substância com as propriedades atômicas.

Outra questão conceitual também levantada nos encontros com a presença dos convidados, versava a respeito da mudança nas interações e na reatividade de substâncias organizadas na escala nanométrica, exemplificada no episódio a seguir, transcrito do 4º encontro do processo de 2015:

**Professora de Química Convidada:** Então aqui, se a gente pegar uma partícula, um cluster, que é uma partícula de 63 microns, quer dizer, na escala nanométrica já não é tão pequena. 63 microns é o diâmetro de um fio de cabelo. Então se você pegar uma partícula de paládio com esse diâmetro da espessura de um fio de cabelo, aproximadamente, se a gente olhar quantos átomos tem no interior e quantos tem na superfície, quase que 100% tá no interior da partícula, muito pouco está na superfície, porque é grande, se a gente for pensar em número de átomos. Agora, se eu pegar uma partícula com 7 nanômetros, tem menos átomos no interior do que na superfície, então aqui 35% dos átomos estão na superfície e 65% estão no interior da partícula. Se eu pego uma partícula com 1,2 nanômetros, bem pequenininha, 76% dos átomos estão na superfície, quase todos estão na superfície. Qual é a indicação, o que isso causa?

Porque, quando a gente tá na superfície, qual é a diferença entre o átomo que tá dentro da partícula e o átomo que tá na superfície, vocês conseguem enxergar?

**Maria F:** Não sei se a atração por outra partícula que tá perto.

**Professora de Química Convidada:** É, tem essa questão, porque as que estão, se a gente pensar as que estão no meio, a que tá no meio, quais são os outros vizinhos?

**Maria F:** Ela atrai outras né.

**Professora de Química Convidada:** São os mesmos átomos. E as que estão na superfície, quem são os vizinhos dele? São as partículas né, depende do meio, se tiver em água são as moléculas de água; se a gente tiver ao ar livre então é a atmosfera. Então os vizinhos são diferentes, então a atração entre elas é diferente, as propriedades dessa camada são diferentes do interior. Então essa é uma outra razão pela qual as nanopartículas tem propriedades diferentes, porque os átomos da superfície não são iguais [não se comportam da mesma forma] ao do interior [...] Então por isso que a gente observa propriedades diferentes, porque os átomos da superfície têm outras propriedades.

Esse episódio evidencia o foco em aspectos como: mudanças em propriedades físico-químicas como reatividade, interação com a radiação eletromagnética e influência na cor, temperatura de fusão e ebulição, interações intermoleculares, que por si só já abrem um amplo espectro de discussões e de possíveis aplicações. Percebemos que Maria, que possui formação em Física, procurou dialogar e explicitar seu entendimento a respeito dos questionamentos colocados em um sentido interdisciplinar (articulando Física e Química), o que coaduna com o objetivo de revelar potencialidades dos processos formativos.

Apesar do foco nos conceitos acima, também tivemos momentos em que a discussão voltou-se para a mecânica quântica, onde foram apresentadas as principais ideias que auxiliaram na construção desta teoria, principalmente as contribuições de físicos e químicos que atuaram efetivamente neste campo no período compreendido entre o final do século XIX e a primeira metade do século XX. Assim, no encontro que contou com a participação de um professor da área de Física da UFJF, foram abordados conceitos de radiação de corpo negro, efeito fotoelétrico, dualidade onda-partícula, quantização de energia, orbitais atômicos e moleculares, estrutura eletrônica, dentre outros, mesmo que de forma breve.

Ainda neste encontro, porém, com um viés mais voltado para a nanotecnologia, ou seja, da aplicação de conhecimentos da nanociência para o desenvolvimento de tecnologia, o professor discutiu sobre dispositivos orgânicos emissores de luz (OLED's<sup>41</sup>), campo que atualmente vem desenvolvendo pesquisas. Este foi um dos momentos mais desafiadores em termos conceituais nos processos formativos, dado que boa parte dos conceitos apresentados

---

<sup>41</sup> O termo OLED é uma abreviatura para Organic Light Emitting Diode, (diodo orgânico que emite luz). É um dispositivo baseado em material orgânico semicondutor que tem a propriedade de emitir luz própria quando submetido a um campo elétrico (ALMEIDA et. al., 2013). É fabricado a partir da sobreposição de camadas compostas por moléculas orgânicas, com espessura por volta de 100 nanômetros, daí a ligação com a N&N. Atualmente são bastante utilizados na indústria de eletrônicos, principalmente em displays de celulares, computadores e televisores, devido à sua eficiência energética.

não fazia parte do cotidiano, nem da formação acadêmico-profissional dos professores participantes. O trecho abaixo, transcrito do 6º encontro do processo de 2015 exemplifica os desafios aos quais nos referimos:

**Professor de Física Convidado:** Então como que funciona, agora eu to falando do dispositivo, tem um vidro, porque pra emitir a luz tem que ter algo transparente, um vidro que é coberto de ITO, ITO é óxido de índio e estanho, isso é uma cerâmica basicamente, é algo duro e tem um condutor transparente [...] então o ITO vai ser um condutor transparente. Aí em cima começa, vocês reparam que agora estamos com moléculas, esse negócio aqui, o que ele faz, a gente, basicamente esse é o material, banda de condução e banda de valência, se de um lado eu sou capaz de levar um elétron aqui, do outro lado eu sou capaz de levar uma “falta” de elétron, um buraco [...]

Posteriormente, os professores, ao avaliarem os momentos de discussão conceitual relataram dificuldades quanto ao entendimento de conceitos referentes ao encontro em que o docente da área de Física estava presente:

**Aline B:** Eu não tinha esse conhecimento. Pra mim era um mundo totalmente abstrato, era algo assim, futurístico, era uma coisa, sei lá, poderia estar sendo discutida, mas era algo muito distante. Até quando o [Professor de Física convidado] veio discutir a questão dos oled's, eu fiquei um pouco perdida com os slides dele, até comentei.

Já prevíamos que os professores teriam dificuldades com estes conceitos, devido às suas especificidades e, justamente por isso, optamos por discutir as questões que não demandam formalismo matemático sobre N&N, fundamentadas nas propriedades dependentes do tamanho e da superfície nos encontros anteriores, de maneira que já tivessem uma experiência mais próxima de seus campos de conhecimento antes do referido encontro. Ainda assim, partimos do pressuposto defendido anteriormente, de que acreditamos na importância do estudo de conceitos de outras áreas (mesmo que com algumas especificidades que se distanciam do perfil de formação dos professores), apostando na abertura de novas perspectivas e possível estímulo a busca por novos conhecimentos pelos sujeitos, retomando novamente a ideia de acompanhamento do desenvolvimento científico apontada por Carvalho e Gil-Pérez (2011).

Também foram discutidas algumas aplicações nas Ciências Biológicas, especificamente no encontro com a presença da professora de Biologia convidada, como no trecho transcrito abaixo, referente ao 6º encontro do processo formativo de 2016, onde a referida docente apresenta algumas potencialidades na identificação e tratamento de doenças como o câncer, por exemplo:

**Professora de Biologia Convidada:** Aqui a gente tem uma nanopartícula, e aí você pode funcionalizar essa nanopartícula com vários grupos de interesse. Você pode ligar um anticorpo; se você liga um anticorpo na nanopartícula, essa nanopartícula por exemplo, pode ser usada pra detectar um antígeno, a presença de um vírus, de uma bactéria por exemplo. Você pode ligar um DNA e pode fazer terapia gênica, por exemplo, um gene saudável, um gene terapêutico pra um conjunto de células que tem aquele gene mutável, que causa uma doença por causa disso. Você pode ligar sondas fluorescentes que podem facilitar o diagnóstico por imagem; se você tem o antígeno, aí você liga uma sonda fluorescente ao antígeno pra detectar por exemplo uma célula cancerígena, essa nanopartícula vai se ligar à célula cancerígena, a célula cancerígena vai ter um antígeno que interage com o anticorpo, e aí ao mesmo tempo essa sonda vai ta emitindo um sinal e você detectou uma célula doente, por exemplo.

Em relação à liberação controlada de medicamentos em organismos humanos, visando o tratamento terapêutico, os professores tiveram a oportunidade de ter contato com abordagens mais específicas, aprofundando mais as ideias gerais sobre esta questão que alguns apresentavam no início dos processos formativos:

**Professora de Biologia Convidada:** Eu tenho começado a fazer pesquisa lá na universidade, que é a liberação controlada, dirigida, que é você pegar uma nanopartícula e você pode ligar nela uma molécula bioativa de interesse. O que acontece, os métodos, os remédios que a gente toma, eles tem uma faixa, pra ser atingida a faixa terapêutica dele com eficiência, normalmente a gente toma dose até acima do que a gente precisa, porque parte dessa droga é transformada e é excretada, eliminada. E cada um de nós tem o metabolismo próprio, as vezes aquele remédio faz efeito pra uma pessoa e pra outra não, porque uma vai excretar mais rápido ou não, então você tem os efeitos colaterais em praticamente todos os remédios, se for ler a bula tem os efeitos colaterais, porque sempre tem que elevar um pouquinho a dose pra que se tenha efeito. E se você nanoestrutura um remédio, um composto, você pode conseguir o efeito minimizando a dose, porque quando você nanoestrutura uma molécula você tá protegendo ela contra a degradação de enzimas corporais, então você pode conseguir aumentar a meia-vida do fármaco ou da molécula; se você funcionaliza a nanopartícula com o anticorpo você pode levar a droga pra célula específica. A gente toma remédio pra dor de cabeça, mas esse fármaco ta circulando no nosso corpo todo. Então você pode direcionar a droga pra que ela aja numa célula específica desde que ela esteja incorporada dentro de uma nanopartícula que reconheça um tipo de célula. Então a gente conseguiria uma dose, uma concentração de moléculas que a gente tem a faixa terapêutica sem ser tóxica e também usar uma dose que não vai fazer efeito. E aí você tem diversas estratégias. Aqui no nosso exemplo você tem uma nanopartícula que vai degradando com o tempo e aqui ta mostrando o medicamento sendo liberado dentro dela. [...]

**Rosa Q:** E no caso da nanociência e nanotecnologia [referência às nanopartículas], que vai agir num determinado tumor, como fazer pra ele ir lá naquele tumor sem prejudicar?

**Professora de Biologia Convidada:** [...] No caso que você perguntou das células cancerígenas, aqui a gente tem um tumor representado em verde; as células tumorais tem características diferentes de um tecido saudável. Num tecido saudável, as células estão muito bem justapostas, você tem os desmossomos, várias proteínas que deixam as células bem unidas, porque tá formando tecido, esse tecido é bem organizado, bem unido. Quando você tem um tumor, o espaço intercelular fica mais distante, então você tem passagens. E é por essas passagens, que as células estão distantes umas das outras que passam as nanopartículas. Então é isso que está mostrando aqui, tá vendo o espacinho. Então a nanopartícula vem na corrente sanguínea, no tecido saudável ela não entra, essa é uma das formas. A outra é você também revestir essa nanopartícula, funcionalizar ela com um anticorpo que detecte só antígenos de células cancerígenas. Então mesmo que ela tente interagir aqui ela não vai conseguir interagir com uma célula saudável. Mas aí quando ela chega numa região tumoral, o espaço entre as células tá maior e a nanopartícula entra no tumor. Então tem muitos medicamentos que não conseguem entrar no tumor, não tem essa facilidade. E aí a nanopartícula entra e consegue levar a droga pra dentro do tumor; além disso, essa nanopartícula pode estar revestida com um anticorpo que vai reconhecer a

célula cancerígena, liberando o fármaco só ali. E aí você evita efeitos colaterais nas células vizinhas, que são os problemas das drogas antitumorais. As drogas antitumorais nada mais são que drogas que levam a morte de uma célula humana, parando seu ciclo celular, desestabilizando os microtúbulos, todas as proteínas que compõem uma célula. Então se for uma célula saudável vai matar, se aquele medicamento for agir na célula saudável. Então essa imagem ilustra bem isso pra gente, os medicamentos tradicionais, aqui a gente tem o fármaco, as células cancerígenas eliminando toxina e aqui as células saudáveis. Então, um fármaco tradicional ele vai levar a morte tanto das células cancerígenas quanto em células saudáveis. Por que o cabelo do pessoal cai quando ta fazendo quimioterapia? Porque as drogas agem inibindo o ciclo celular, a replicação da célula. E aí você tem nos folículos pilosos células muito ativas, que se reproduzem muito rápido, por isso que o nosso cabelo cresce. Então são células sensíveis a uma droga que vai interromper o ciclo celular, e aí o cabelo cai. E aí, com o tratamento com nanotecnologia, você vai utilizar nanopartículas que vão chegar a essa parte tumoral mais facilmente e serem mais específicas. E aí você tem as células saudáveis preservadas. Então a gente tem muita pesquisa com isso.

**Rosa Q:** Mas aí nesse caso, teria a hipótese de por exemplo do cabelo não cair, com a nanotecnologia?  
**Professora de Biologia Convidada:** Sim, porque no caso você levaria seu medicamento, que tem seus efeitos colaterais drásticos no caso do câncer, pra um ponto específico. Além de levar medicamentos, tem também umas estratégias de você utilizar nanopartículas metálicas e quando você insere laser elas se aquecem, levando à destruição da célula.

Este trecho evidencia como a N&N também possui relação íntima com as Ciências Biológicas e da saúde, além de possibilitar acesso à informações acerca do mecanismo de ação e do potencial da N&N para o tratamento de doenças. Adicionalmente, este episódio revela que não é uma condição essencial recorrer à abordagem quântica para a compreensão de conceitos (prioritariamente da Biologia nesse caso) e aplicações da N&N, além de possibilitar ampla discussão a respeito de conceitos abordados no ensino de Ciências, tais como: célula, seus componentes e o processo de replicação, tecidos, interações antígeno-anticorpo, doenças, entre outros.

Adicionalmente, os professores tiveram a oportunidade de conhecer mais sobre os pontos negativos da N&N, uma vez que este tema é controverso e merece amplo debate na sociedade. Portanto, procuramos manter a coerência com os trabalhos discutidos no capítulo 2 (EKLI; SAHIN, 2010; NOVO, 2013), os quais sugerem que os professores tenham acesso aos aspectos positivos e negativos da N&N, para que possam construir uma visão crítica a respeito deste assunto e posteriormente contribuir para uma melhor formação dos seus estudantes, como no episódio a seguir, no qual a professora da área de Biologia expõe alguns riscos e explicita seu ponto de vista (enquanto pesquisadora na área) sobre o uso de produtos a base de nanopartículas:

**Professora de Biologia Convidada:** Então a gente tem que levar em conta os aspectos de segurança quando se quer trabalhar com nanotecnologia. Como eu tava falando [...] a via mais importante de exposição é a respiratória, por causa dos póis, mas também a gente tem a dérmica, a oral. Eu não sei se vocês viram isso em alguma palestra, mas eles tão desenvolvendo embalagens inteligentes pra conservar

os alimentos, já tem quantidades de nanopartículas nesses alimentos, como que vai ser isso ao longo do tempo, se vai gerar algum problema, então a gente tem que estudar isso. E também a liberação no ambiente, se as nanopartículas vão afetar a cadeia alimentar. Então aqui tem dados de uns estudos que eu fiz em fibroblastos envolvendo bovino, aqui é celulose e aqui é nanotubos de carbono. Quando comparado o controle, as células expostas a grande quantidade de nanomaterial tiveram alteração de morfologia, você via que a célula, porque as nanopartículas, principalmente nanotubos, eles passam pela membrana com muita facilidade, então “entope” a célula, ela entra em colapso. Então a gente fez uma avaliação de debilidade celular comparando nanotubo de celulose a nanotubos de carbono, porque eu fiz estudo associado, porque os dois materiais tem a mesma forma. Então você tem, a toxicidade depende da concentração, ela é forma-dependente; igual o ouro, nanopartículas de ouro, muito usadas na cosmética e na medicina, é mais tóxica a esférica, quando comparada à sua forma de bastão. Então as pessoas que estão usando ouro na cosmética, estão mudando pra nanopartícula na forma de bastão, porque são os efeitos menos tóxicos.

**Andréia B:** Nos cosméticos, desde quando se faz essa estrutura redondinha do ouro?

**Professora de Biologia Convidada:** Desde quando eu não sei, mas já se produzia muito, inclusive o Ladeira [professor Luiz Orlando Ladeira, da UFMG], eu fui num workshop desses o ano passado, ele abriu uma empresa de cosmético, com nanopartícula de ouro; aí ele me deu um creme de rosto, um sabonete e um hidratante. Legal, tá lá na minha prateleira. Assim, principalmente por estudar isso, eu ainda não me sinto segura pra usar, ainda mais que eu sei que é esférica.

Este episódio sutilmente nos leva a refletir sobre o aspecto controverso da área: diversos pesquisadores defendem o desenvolvimento de pesquisas em N&N sem necessariamente se preocupar com as questões de segurança (o caso do pesquisador citado na fala da professora) enquanto há a corrente que aborda o assunto com mais cautela, justamente por considerar a questão dos possíveis riscos associados a exposição às nanopartículas, principalmente no que diz respeito à saúde humana e ao meio ambiente (a qual a referida pesquisadora faz parte).

Tendo em vista a discussão levantada acima a respeito de nanopartículas de ouro, recentemente, Ferreira et. al. (2017) publicaram um trabalho descrevendo uma proposta de aula experimental envolvendo a síntese de nanopartículas para alunos de um curso de pós-graduação em biotecnologia, apresentando diversos conceitos envolvidos com a temática, que pode ser abordada de forma interdisciplinar. Segundo os autores:

Além de envolver conceitos de química (como teorias de ligação metálica, estrutura atômica, reações de oxidação-redução e espectroscopia), a prática experimental em nanotecnologia utilizando AuNPs como biosensores envolve também conceitos bioquímicos como interações antígeno-anticorpos e conformação de moléculas. Este caráter interdisciplinar agrega conhecimento aos alunos e valor aos cursos, já que a nanotecnologia é uma nova área que vem ganhando espaço no Brasil e no mundo. (FERREIRA et. al., 2017, p. 595, grifos nossos)

Destacamos que não tivemos condições de desenvolver experimentos com os professores nos processos de formação, visto que ainda encontramos poucas referências e materiais voltados para o desenvolvimento de atividades didáticas no campo da experimentação em

N&N. Por outro lado, considerando que na UFJF existem alguns laboratórios de pesquisa nesta área, coordenados pelos respectivos pesquisadores convidados para nossos encontros, reservamos um dia para visitá-los, de maneira que os professores tivessem contato com a pesquisa em N&N do ponto de vista prático, após terminar os encontros de discussão teórica. Dessa forma, visitamos laboratórios de Física e Química com pesquisas nesta área. Os professores tiveram a oportunidade de observar métodos de preparação de nanopartículas de ouro e de prata, síntese de nanotubos de carbono, métodos de caracterização de nanopartículas por espectroscopia molecular, bem como a fabricação de OLED's, além de aspectos organizacionais dos espaços, conforme no episódio abaixo:

**Rosa Q:** Até os laboratórios que a gente visitou lá, principalmente da Física e da Química, assim, aquele aluno da Física [que apresentou um dos laboratórios].

**Pesquisador 1:** Que a gente viu até que eles chamam da parte suja lá.

**Rosa Q:** Exatamente. Eles tratavam na maior naturalidade.

**Pesquisador 1:** Criando o grafeno ali, o jaleco todo sujo. E aí no outro laboratório já tinha uma diferença, mas mesmo assim, eles tavam falando que tão querendo padronizar esse laboratório, estabelecer algumas regras pra não, vamo dizer, poluir o ambiente. Porque é o que ele falou, quando a gente ta trabalhando com nanopartícula, qualquer poeirinha que tiver aqui é uma sujeira, comparando. Então do jeito que o laboratório é, a gente entra e sai, a porta fica aberta e tal. Ele falou “a gente trabalha aqui, mas o grau de pureza é praticamente zero”

Outro ponto relatado por Pedro foi a oportunidade de conhecer equipamentos e um pouco da dimensão experimental ligada à N&N, pensando em ampliar os conhecimentos para posteriormente criar estratégias de abordagens para os estudantes da Educação Básica:

**Pedro Q:** O laboratório eu achei interessante porque tinha aparelho que eu nem sabia que existia, então eu não sabia como funcionava. Porque eu to acostumado com laboratório comum; lá você tem umas aparelhagens pequenas, uns tubos grandes pra fazer em larga escala [...] você tem quase que uma capela com nitrogênio toda ali isolada só pra você mexer com átomos. Então eu achei bem proveitoso. No caso enriquece bem, porque quando a gente vai falar de nanotecnologia pro aluno, a gente já tem aquela visão mais aplicada da coisa [...]

Sandra chamou a atenção para a oportunidade de ter conhecido um pouco melhor sobre o princípio de funcionamento dos microscópios eletrônicos, muito utilizados em N&N:

**Sandra B:** [...] eu não tenho muita afinidade com Física, apesar de usar o microscópio [eletrônico] o tempo inteiro, a gente até quando via palestra assim, eu tinha um professor que era apaixonado por microscopia, desde o funcionamento, ele dava palestra e você entendia tudo, depois ia esquecendo um pouco... mas assim, a gente vê o quanto que a gente não sabe, a gente usa o equipamento e não tem a menor ideia.



Em uma breve avaliação de Rosa a respeito da forma como os encontros estavam sendo conduzidos, houve menção sobre a importância das discussões baseadas em artigos e da presença de especialistas ao longo dos encontros. Em nossa visão, o relato abaixo traz indícios de evolução no que diz respeito à construção de conhecimentos, pelo menos por parte de Rosa:

**Pesquisador 1:** Teve muita coisa que ele mostrou lá pra gente que a gente tinha lido no texto anterior, e eu acho que isso ajudou um pouco também.

**Rosa Q:** É verdade.

**Pesquisador 1:** Quando ele mostrou aquela máquina que vai colocando metano com nitrogênio, pra poder aquecer e começar a fazer o crescimento do grafeno, a gente tinha lido isso.

**Rosa Q:** É aquilo que eu falei, à medida que a gente vai lendo sobre o assunto, os termos vão ficando mais claros, a gente começa a se sentir seguro no assunto. [...] É bacana isso, a gente se sentir seguro no assunto.

Finalizando as discussões a respeito dos saberes disciplinares, a partir das análises dos episódios e do acompanhamento dos professores ao longo dos processos formativos, acreditamos que a estratégia de contar com especialistas de diferentes áreas, a leitura de artigos científicos e a visita aos laboratórios auxiliou os professores a mobilizarem saberes disciplinares, revelando mais uma contribuição dos processos formativos para a construção/reconstrução de conhecimentos a respeito da N&N, o que consideramos um aspecto importante para o ensino desse assunto na Educação Básica, sugerindo o alcance dos objetivos estabelecidos anteriormente, principalmente os ligados à avaliação do processo de apropriação de conhecimentos sobre N&N e da investigação da mobilização saberes por parte dos professores, neste caso, os disciplinares, predominantemente. Adicionalmente, apesar de serem relatadas dificuldades de compreensão de alguns conceitos (principalmente a respeito da mecânica quântica), tivemos relatos de que o contato com diversas áreas e conceitos contribuiu para a abertura de novas visões para os professores, o que corrobora nossa defesa da importância de que o professor seja estimulado a construir conhecimentos de várias áreas, de maneira a ampliar seus saberes disciplinares, conforme destacaram Sandra e Rosa em momentos distintos:

**Sandra B:** Então assim, eu consegui abrir o leque, essa parte de estrutura e propriedade a gente nem falava, por ser bióloga, eu não parei pra atinar pra isso, você reduziu a escala daí muda a propriedade, então isso que já é conhecido pra uma parte da matéria não vale nessa escala, eu nunca tinha parado pra pensar. Então eu achei interessante, pra mim foi uma novidade [...] você usa aquelas regras básicas pra matéria e acha que todo o universo vai funcionar assim.

**Rosa Q:** A gente vê, igual eu comentei com você, a Química e a Física andam muito juntas, mas eu não tinha visto ainda a abordagem da Biologia. A Abordagem da Biologia com a professora convidada abriu ainda mais a maneira de ver a aplicação da nanociência e da nanotecnologia.

Portanto, acreditamos no potencial dos processos formativos no que diz respeito à oportunidade de oferecer estudos sobre diversos conhecimentos relacionados à N&N, de maneira que os diversos episódios aqui apresentados e discutidos revelam indícios de mobilização de saberes disciplinares por parte dos professores. Dessa forma, ao retomar a ideia de ambiente interdisciplinar de formação, acreditamos que foi possível contribuir para que os professores ampliassem seus conhecimentos juntamente com o estabelecimento de novas conexões entre os novos conhecimentos.

### **5.3.2 Os saberes curricular e da formação profissional**

Optamos por discutir as duas modalidades de saberes pelo fato de termos desenvolvido ações de formação que, em nosso ponto de vista, contemplavam ambas de maneira integrada, sendo que não delimitamos momentos para a discussão de questões curriculares em específico, e também porque entendemos que os saberes curricular e da formação profissional estão intimamente relacionados, pois se ao pensar nos objetivos no ensino, organização do ambiente e currículo escolares, bem como no planejamento e desenvolvimento de ações por parte do professor, também podemos levar em consideração questões de ordem didático-pedagógica (seleção de estratégias de ensino, por exemplo), compreendidas no espectro dos saberes da formação profissional.

Sendo assim, no primeiro momento apresentaremos e discutiremos dados mais ligados ao debate sobre organização curricular da escola e do ensino de Ciências, bem como possíveis conexões entre a N&N e o currículo praticado pelos professores; na sequência - articulada às discussões da primeira parte -, apresentaremos diversas ações as quais entendemos terem contribuído para maior mobilização dos saberes da formação profissional, com foco em elementos que direcionam a discussão para o ensino de N&N.

Procuramos desenvolver diversas ações que, em nossa visão, potencializariam a mobilização de saberes curriculares e da formação profissional, visando articulá-los à interdisciplinaridade e o ensino de conceitos ligados à N&N. Apresentamos no quadro 7 as ações desenvolvidas ao longo dos processos formativos.

Quadro 7: Tópicos e ações desenvolvidas que remetem aos saberes curricular e da formação profissional.

Problematização sobre porque se ensinar Ciências e porque para todos, baseada no texto de Millar (2003)
Organização escolar (orientações curriculares, disciplinas) e abordagem interdisciplinar (práticas docentes, potencialidades e desafios).
Natureza do conhecimento científico
Relações entre N&N com conceitos da Educação Básica (transposição didática)
Discussão sobre o papel da mídia na divulgação da N&N
Recursos didáticos para o ensino de Ciências (experimentação, jogos didáticos)
Análise de propagandas envolvendo N&N
Análise do tema N&N em livros didáticos
Estratégias para o ensino de Ciências e para a construção de conhecimento (estudo de caso, aprendizagem baseada em problemas)
Elaboração de propostas de ensino

Fonte: ELABORADO PELOS AUTORES.

Destacamos que as ações não foram necessariamente desenvolvidas na ordem apresentada, de maneira que, ao tentar valorizar a autonomia e participação dos professores ao longo dos encontros, diversas questões foram sendo abordadas e retomadas na medida em que as demandas surgiam; portanto, alguns pontos foram mais explorados do que outros.

Nos momentos em que discutimos sobre questões pedagógicas e específicas ao ensino de Ciências, percebemos maior envolvimento dos professores do que nos momentos anteriores (de discussão específica sobre conceitos de N&N), tecendo críticas fundamentadas e também propondo mudanças na prática dos professores e da escola no cenário atual. Em ambos os grupos de professores, contamos com professores engajados, que participaram ativamente das discussões e, mesmo assumindo todas as dificuldades e a desvalorização da profissão, mostravam compromisso com suas responsabilidades enquanto formadores.

Entendemos que a discussão sobre questões sobre organização curricular deveria estar presente nos primeiros encontros, de maneira que os professores pudessem explicitar suas visões, abrindo espaço para novas reflexões ao longo dos encontros posteriores. Assim, propomos a leitura do texto “Um currículo de Ciências voltado para a compreensão por todos”<sup>42</sup>, como motivação inicial para refletirmos a respeito das justificativas para o ensino de

<sup>42</sup> MILLAR, R. Um currículo de Ciências voltado para a compreensão por todos. **Ensaio**, v. 5, n. 2, p. 73-91, 2003.

Ciências e de como desenvolver um currículo que busque contribuir para a formação de uma cultura científica pela população, sem aprofundar em questões muito avançadas na Ciência, uma vez que a maioria dos estudantes não irá seguir nas carreiras científicas.

Uma primeira questão apontada por Vitória foi a dificuldade de se pensar um currículo que atenda as diversidades culturais. Em sua fala, encontramos indícios de que a mesma considera que a aprendizagem possui uma relação de dependência ao contexto vivenciado pelo aluno:

**Pesquisador 1:** Ele fala da insatisfação no ensino de Ciências, tanto por parte dos alunos como por parte dos professores, essa questão de aprendizagem. E aí, ele coloca um dado aqui, “apenas 35% dos estudantes de 15 anos são capazes de aplicar o conhecimento científico em situações problemáticas simples”, que é aquela coisa do contexto que a gente discute muito, do ensino descontextualizado. Então você pega alunos com 15 anos de idade, isso no Brasil também né.

**Vitória Q:** Mas aí a gente vê o contexto, qual o contexto. Por exemplo, a gente vê no ENEM, quais contextos tem ali? É o que ele vive? Porque a gente tem que pensar cada, Minas Gerais, por exemplo, ou Juiz de Fora, é um contexto, Belo Horizonte é outro contexto. Então as vezes o que a criança vive aqui, o contexto dela, que as vezes a gente fala assim “a criança não sabe interpretar”. Realmente muitas crianças não sabem interpretar, mas elas não vivem aquilo, muita coisa que tá ali não é vivida.

De fato, a importância do contexto vem sendo amplamente discutida no âmbito da comunidade educacional, tanto do ponto de vista acadêmico, da comunidade escolar e do legislativo, aparecendo principalmente sob o termo contextualização (BRASIL, 1998; 2006; 2012; 2013; LOPES, 2002; KATO; KAWASAKI, 2011; WARTHA et. al., 2013). De acordo com Wartha et. al. (2013), os termos cotidiano e contextualização podem assumir diversas interpretações, dada a ampla difusão destes ao longo dos anos na comunidade educacional. Entretanto, estes autores, assim como Lopes (2002) alertam para o fato de que, em muitos casos, a compreensão dos termos ocorre de forma equivocada, onde a ideia de contextualizar está associada à de exemplificar, ou seja, ensinar conteúdos científicos por meio de exemplos vivenciados no dia-a-dia dos alunos. Neste sentido, Lopes (2002) defende uma compreensão mais ampla e crítica do termo contextualização, levando em consideração aspectos que extrapolam os conceitos científicos:

De forma mais tênue, a ideia de contextualização também aparece associada à valorização do cotidiano: os saberes escolares devem ter relação intrínseca com questões concretas da vida dos alunos. Falta um sentido mais político ao conceito de cotidiano. Seu entendimento, entretanto, não é restrito como em algumas perspectivas construtivistas que analisam os saberes prévios dissociados de uma interpretação mais ampla do conhecimento escolar. Dessa forma, há uma aproximação da perspectiva crítica de currículo. Salienta-se, por exemplo, como a contextualização deve estar associada ao processo produtivo do conhecimento escolar, por intermédio da transposição didática e

da visão de que esse conhecimento não deve ter por referência apenas o conhecimento científico. (LOPES, 2002, p. 392)

Ainda em relação aos aspectos curriculares, em outro episódio podemos perceber a explicitação das ideias das professoras a respeito de um currículo que atenda a todos os alunos. Percebemos também, neste mesmo episódio, a marca dos argumentos de utilidade (nas falas de Vitória e Sandra) e cultural, bem como um sentido mais filosófico (na fala de Rosa), associado a uma formação mais geral:

**Rosa Q:** Tem uma passagem no texto que fala que o conhecimento científico é pra minoria, mas passar isso tem que ser para a maioria.

**Pesquisador 1:** uma ideia mais geral sobre a Ciência.

**Rosa Q:** Exatamente

**Sandra B:** Tem uma parte que ele fala que nem todo mundo, pelo primeiro contato com a Ciência, com a carreira científica na escola, alguns nem pra faculdade vão. Até que ponto, que as vezes o menino que ir pra outra área, mas vai ser massacrado ali com aquele conteúdo.

**Vitória Q:** [...] Tem um menino que toda vez falava comigo “professora eu não sei pra que eu tenho que estudar isso, eu não vou fazer nada com isso”. Aí eu virei e falei “hoje você pode até nem fazer muita coisa com a Química, mas um dia você pode ter um serviço”. Aí hoje ele trabalha na farmácia. Então ele vê medicamentos o tempo todo e ele tem que saber, por exemplo, o genérico, qual é a fórmula. [...] no Ensino Médio a gente tem que ter o conhecimento de tudo, mesmo que não vai fazer universidade, ter esse conhecimento científico.

**Sandra B:** Agora o que dentro de química ele tem que saber, que é importante. Porque em matemática eu estudava matriz e não entendia nada, porque eu tinha que aprender matriz inversa, não sei o que. Na faculdade, no mestrado eu precisei utilizar análise multivariada, estatística pra tratar meus dados, eu vi pra que serve matriz. Mas gente, pra que eu aprendi aquilo lá atrás, pra eu ver a aplicação dela só na faculdade quando eu fazia Biologia e mesmo assim tem um programa que vai rodar e vai calcular. Será que no Ensino Médio eu tinha que saber matriz?

**Rosa Q:** mas aí a gente tem que olhar, porque a gente tem uma formação muito específica. Os filósofos antigamente aprendiam tudo, então assim, uma hora vai ser aplicado.

**Sandra B:** Mas eram poucos conhecimentos né. Sabia-se tudo porque sabia-se pouco de cada coisa. Hoje em dia tem tanta informação.

**Rosa Q:** [...] Mas a matriz foi importante pra você pra você prestar o concurso, você precisou, fazia parte.

**Pesquisador 1:** [...] Desses 5 argumentos aqui o mais forte é o da utilidade, e muitas vezes a gente cai na armadilha de ter utilidade pra tudo. E aí, é a questão, tem coisa que não tem utilidade agora, ou nem depois a gente sabe se vai ter.

Destacamos que as divergências de opiniões, conforme apresentado neste episódio e em outros, apresentam duas grandes contribuições para a formação dos envolvidos: a primeira, relacionada ao contato com outros pontos de vista, potencializa a abertura das próprias visões, bem como alimenta o debate e o desenvolvimento da argumentação. Já a segunda contribuição, diz respeito à condução das reflexões pelos próprios participantes, o que, ao nosso ver, possibilita maior autonomia dos mesmos no processo de formação; adicionalmente, a explicitação das próprias ideias em uma discussão coletiva pode indicar que os mesmos se

sentiam valorizados e também confiavam no grupo enquanto espaço de compartilhamento e reconstrução de conhecimentos.

Não é nosso intuito esgotar a discussão sobre as questões curriculares (assim como todas as outras questões analisadas), de maneira a apontar quais as visões mais desenvolvidas, ou até mesmo delimitar conceitos e concepções que deveriam ser alcançados pelos professores, mas sim, explicitar momentos que potencialmente contribuíram para a formação dos envolvidos no aspecto analisado, uma vez que não buscamos simplesmente transmitir conhecimentos aos mesmos e também porque a subjetividade é uma marca que acompanha a formação do professor (TARDIF, 2014), o que impossibilita um “controle” do que os mesmos estavam construindo ou reconstruindo ao longo dos encontros.

Devido à incipiência da N&N no âmbito educacional, encontramos poucas referências na literatura a respeito de materiais e estratégias de ensino sobre tal assunto (JESUS; HIGA, 2014; SILVA; LOPES, 2016), o que possibilita vislumbrá-lo como um campo que pode ser mais explorado no âmbito do ensino de Ciências, de maneira que os dois processos formativos investigados podem ser caracterizados como iniciativas para essa ampliação. Adicionalmente, envolve a mobilização e articulação de vários conceitos - principalmente - das Ciências Naturais, o que, se pensado na Educação Básica, exige um repensar do currículo praticado, no sentido de abordagens interdisciplinares. Devido a essa característica, percebemos dificuldades pelos professores em planejar ações envolvendo o ensino de N&N, como apontado por Silvia:

**Silvia Q:** Eu acho que tem uma série de conceitos que pra juntar isso, em que momento eu ia colocar isso? Talvez numa turma de terceiro ano, que já tem um nível de conhecimento um pouco melhor.

**Pesquisador 1:** Você tá com dificuldades, mas já tá pensando em um certo caminho, se eu quiser fazer assim eu dependo disso, disso, disso, eu preciso desse conceito, eu preciso do outro conceito. Então é bom que você já tem isso, uma certa direção. A questão [é] as vezes você tá preocupada do aluno não aprender.

**Silvia Q:** Também. Mas eu acho que são uma série de conceitos que você acaba tendo que falar, que fica em momentos assim, se eu fosse falar pro terceiro ano eu teria que voltar na parte de modelos atômicos. Eu não tive condições de passar por essa parte quântica com os meninos do primeiro ano.

**Pesquisador 1:** Mas a ideia é justamente essa mesmo, a gente tá percebendo que é um tema que permeia tudo e também você precisa de vários conceitos. Se você for abordar isso no primeiro ano, você vai ter que ter uma abordagem; se você abordar no terceiro, já pode ser uma coisa mais aprofundada.

**Silvia Q:** Vai ser muito mais superficial no primeiro ano. [...] Por isso eu não coloquei no papel ainda, eu não consegui escrever.

**Pesquisador 1:** Isso é interessante, porque você já tá refletindo.

**Silvia Q:** Eu só não tenho uma organização.

**Pesquisador 1:** Só de estar refletindo sobre isso já é um indicativo de que você já tá pensando no próprio currículo, em que momento isso aí entra, do que eu preciso. É o próprio planejamento.

Apesar desta dificuldade, procuramos fomentar e valorizar o esforço dos professores em vislumbrar abordagens para o ensino de N&N, considerando-os como produtores de conhecimento escolar e possíveis difusores da N&N, sem perder o foco na questão da interdisciplinaridade. Há que se destacar ainda que, tais discussões foram feitas logo na sequência dos encontros de discussão sobre conceitos específicos em N&N, ou seja, possivelmente os professores estavam vivenciando seu próprio processo de aprendizagem do assunto e, possivelmente, ainda consolidando alguns conhecimentos.

As próximas discussões se propõem a analisar ações nas quais procuramos fomentar a mobilização de saberes da formação profissional, mas que se articulam ainda com a questão curricular, como defendido no início deste tópico. Retomando a defesa da superação da racionalidade técnica, entendemos ser de extrema importância oferecer espaços para análise e reflexão sobre como o assunto - neste caso a N&N - é veiculado tanto em materiais didáticos, como na sociedade de maneira geral, para que o professor construa sua visão sobre o assunto e possa desenvolver abordagens mais bem fundamentadas, distanciando-se da simples reprodução de conceitos divulgados nos mais diversos veículos de comunicação.

Uma atividade realizada visando mobilizar saberes da formação profissional foi a análise de livros didáticos, visando identificar como a N&N é abordada nestes materiais. Foram selecionadas as coleções de Biologia, Física e Química aprovadas no Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) do Ensino Médio vigente (2015), bem como livros de edições anteriores do PNLD. Tal atividade foi realizada tendo como referência um texto que discute a importância da avaliação de livros didáticos pelo professor<sup>43</sup>. Quanto à essa dinâmica, Aline relatou ter sido o primeiro contato com os critérios apontados no texto, de maneira a refletir sobre a forma como avaliava tais materiais até então:

**Aline B:** Aquela parte que fala, a primeira coisa é como o professor faz a seleção do livro. Eu achei muito interessante, porque eu ajo dessa forma, questão de ver o conteúdo, principalmente relacionado a exercícios. Então assim, foi uma outra visão. Eu não imaginava tantas opções pra escolha de um livro didático, era simplesmente pegar. Agora a gente tá analisando a questão das nomenclaturas, de identificar alguma coisa de leitura. Eu sempre procuro analisar o livro dessa forma e do jeito que foi colocado aqui no texto, isso não é tão interessante. É interessante, mas não seria uma alternativa, vamo dizer assim, a primeira vista. E a questão que vem depois, a poluição visual, os exemplos. Pra mim foi novidade esse texto, eu não imaginava. (grifos nossos)

---

<sup>43</sup> LOGUERCIO, R. Q.; DEL PINO, J. C. Livros didáticos: mais do que uma simples escolha, uma decisão que pode orientar os trabalhos em sala de aula. Disponível em: [http://www.iq.ufrgs.br/aeq/producao/delpino/analise\\_livros.pdf](http://www.iq.ufrgs.br/aeq/producao/delpino/analise_livros.pdf) Este texto sugere a análise de livros a partir de fatores como: poluição visual, currículo oculto (ideias que aparecem de forma implícita), obstáculos epistemológicos (verbais, animistas, realistas, substancialistas).

De fato, Loguercio et. al. (2001) perceberam, quanto à avaliação de livros didáticos, que boa parte dos professores ainda realizava a avaliação baseado em critérios mais identificados com o ensino tradicional, com ênfase em um ensino propedêutico, desconsiderando as teorias de ensino-aprendizagem contemporâneas. Segundo os mesmos

[...] a valorização excessiva do conteúdo e do conhecimento químico é uma questão preocupante. Dado que os principais interesses dos professores são verificar se os livros possuem bastantes exercícios para o vestibular e alguma alusão ao cotidiano dos alunos, o mínimo que se pode inferir é que o conhecimento químico presente nesses livros é tido como certo, definitivo e inquestionável. Cabe perguntar, então, onde estão sendo aplicadas as teorias educacionais baseadas nas obras de Piaget, Ausubel, Vygotsky, Freire, entre outros? (LOGUERCIO et. al., 2001, p. 561)

Portanto, faz-se necessário o desenvolvimento de ações ao longo da formação do professor que contribuam para que desenvolvam critérios que o permitam avaliar e escolher de maneira crítica os livros didáticos, uma vez que este é um material muito utilizado ao longo do exercício da docência, o qual pode ajudar a orientar os trabalhos feitos pelos docentes e alunos. A fala de Aline revela os limites apontados por Loguercio et. al. (2001) e parece indicar que o referencial utilizado para a discussão trouxe novas perspectivas para futuras ações relacionadas a análise de livros por ela. Assim, consideramos que tal atividade se revelou como uma importante ação de mobilização de saberes da formação profissional pelos docentes, tomando a fala de Aline como exemplo.

Adicionalmente, as professoras conseguiram identificar inúmeras diferenças entre os livros mais recentes (grande parte produzido por pesquisadores da área de ensino de Ciências) e os livros mais antigos (a maioria produzida por autores que não estavam inseridos no contexto da pesquisa acadêmica sobre o ensino da referida disciplina), de maneira a perceber as indicações e sugestões de abordagens contemporâneas. Entretanto, no que diz respeito à N&N, encontraram poucas referências ao tema nos materiais analisados e a maioria aparecia em textos no final do capítulo, como “curiosidades”.

**Silvia Q:** Aí eu separei justamente esse capítulo, ele vem com um texto sobre nanotecnologia no final do capítulo, então ele já abrange essa parte; não consegui identificar nenhuma analogia que ele citou como obstáculo, tem bastante figura, mas eu não achei nada de mais.

**Pesquisador 1:** E esse capítulo aborda como trazer novos conceitos?

**Silvia Q:** Novos, são conceitos que eu não conhecia em livros de Ensino Médio, ele colocou aqui da dualidade onda-partícula, coisas que eu não conhecia ainda, mentira tem livro que fala sim, cita, mas eu não li nenhum trabalho sobre isso em livro de Ensino Médio não. Então isso foi diferente.



Esta observação de Silvia diz respeito a um dos volumes de uma coleção de Química aprovada no PNLN de 2015. Silva e Lopes (2016) e Camara e Prochnow (2016) avaliaram os livros didáticos de Química deste mesmo PNLN e perceberam que o tema N&N pouco aparece nestes materiais, se destacando exatamente no volume indicado por Silvia. De acordo com Camara e Prochnow (2016, p. 6-7):

As análises realizadas indicaram a ausência de abordagem N&N na maioria das obras, visto que, apenas uma das quatro coleções avaliadas trata o assunto, totalizando quatro páginas de um livro composto por trezentas e vinte páginas. A relevância do assunto ainda não foi considerada na composição dos livros didáticos escolares, o que é importante que aconteça, para que os conhecimentos relacionados não sejam deixados de lado pelo ensino tradicional e pouco divulgados pela mídia. Os livros de Química são uma ótima opção para que o ensino seja feito de forma contextualizada, em que a inserção de assuntos atuais, especialmente da evolução tecnológica, são muito pertinentes e podem ser feitas relações entre desenvolvimento tecnológico e as modificações entre as interações pessoais e modo de vida atual. (grifos nossos)

Portanto, este resultado corrobora a importância dos processos de formação por nós desenvolvidos, uma vez que os professores que participaram dos encontros tiveram a oportunidade de discutir e possivelmente construir conhecimento escolar a respeito da N&N, a partir da análise da presença deste assunto em livros didáticos.

Ao discutirmos sobre o papel da mídia na divulgação do tema N&N, e em geral, sobre a Ciência, os professores identificaram elementos que contribuem para a manutenção de uma visão limitada de Ciência e do cientista, tão criticada na literatura (GIL-PÉREZ et. al., 2001; KOSMINSKY; GIORDAN, 2002), na qual o cientista é visto como uma pessoa à parte da realidade, sempre de jaleco, desumanizado e a Ciência é concebida como aproblemática e ahistórica, entre outras limitações. Em suma, a Ciência é vista pela população geral como a “salvação para os problemas da humanidade” e não se questiona o que é “validado ou testado cientificamente”.

Apesar de considerarmos a importância do papel da mídia, entendemos que muitas vezes tal instância acaba por difundir ideias equivocadas e direcionadas para apenas um aspecto envolvendo o tema em pauta - o positivo ou o negativo -, que, muitas vezes, depende do jogo de interesses econômicos e políticos, e em menor medida das contribuições concretas para a população. Nesse sentido, trabalhos como o de Amorim (2008), Invernizzi (2008) e Novo (2013) apontam que poucos materiais divulgados pela mídia fazem menção aos efeitos negativos da N&N para o ser humano e para o meio ambiente, dando amplo destaque aos

aspectos positivos, o que pode levar a população a construir uma visão equivocada a respeito do assunto. Portanto, reforçamos, novamente, a importância do professor e da escola no que diz respeito à formação crítica dos estudantes, o que passa pela apresentação e debate de aspectos positivos e negativos de um tema socialmente relevante como a N&N.

Ainda sobre a visão de Ciência e de cientista veiculada na mídia, Novo (2013), após analisar a veiculação de informações sobre N&N em duas revistas de ampla circulação nacional, concluiu que “As revistas preocupam-se em trazer sempre a voz do cientista como forma de dar maior confiabilidade as notícias [...]” (p. 51), fato que desencadeou algumas atividades nos nossos encontros, sendo que uma delas foi a análise de algumas propagandas disponíveis na internet sobre N&N, que remetem aos pontos positivos advindos com o desenvolvimento desta área e o papel do cientista como legitimador do discurso. Nesse sentido, um episódio marca uma crítica tecida pelas professoras ao estereótipo de Ciência apresentado em um comercial<sup>44</sup> de um produto alimentício:

**Sandra B:** Agora aquela parte de pegar milhares de litros de água e jogar óleo, você vai ter realmente partículas de diâmetro nanométrico?

**Pesquisador 1:** Olha, eu tenho minhas dúvidas..

**Rosa Q:** Isso aí é outra propaganda enganosa

**Andréia B:** Depende da sua energia (risos)

**Pesquisador 1:** É, mas isso aí eu nunca vi nada parecido. O que ele ta falando ali é como se fosse um método de preparação de nanopartículas, e do jeito que ele ta falando ali eu não, porque a gente estudou que para preparar nanopartículas você precisa estabilizar elas, e quando você ta agitando você ta fazendo o contrário. Para estabilizar você precisa colocar algum agente ali, você promove o crescimento e ele estabiliza num certo tamanho [...]

**Andréia B:** Mas o que é a pessoa de jaleco, falando difícil né...

**Sandra B:** Não, e ele tem postura!

**Rosa Q:** De gravata, uma pessoa assim, mais experiente, segura no que ta falando.

**Sandra B:** Um homem de família, casado... (risos) Ele dá esse suplemento pra família dele.

**Andréia B:** Mas será que se ele fosse de uma USP ele taria ali falando disso?

**Rosa Q:** Ah, aí...

Este episódio também sugere que as professoras, principalmente a partir do questionamento de Sandra, construíram e mobilizaram conhecimentos sobre N&N, pois anteriormente havíamos estudado que o preparo de nanopartículas envolve ajuste a controle das condições termodinâmicas, uma vez que em termos energéticos a tendência natural é o agrupamento das partículas em estruturas maiores (bulk); já na referida propaganda descreve-se um método de preparo de nanopartículas pela simples agitação de uma mistura entre água e óleo. Portanto, no trecho transcrito acima, percebemos uma análise crítica dos professores

<sup>44</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=j6t0YTQVeFA> – acessado em 15/01/2018.

frente ao papel da Ciência para a sociedade, bem como a importância do papel de mediação do professor frente aos materiais divulgados, que vem ganhando espaço no cotidiano dos alunos e muitas vezes apresentam informações equivocadas a respeito de determinado assunto, reforçando a importância da formação reflexiva do professor, e, em nosso ponto de vista, revelando mais uma característica importante dos espaços formativos no que diz respeito à formação para atuação interdisciplinar, uma vez que, em conjunto com a atividade de análise de livros didáticos - envolvendo não somente a disciplina em que atua -, contribuiu para ampliação do olhar dos participantes sobre N&N e, especificamente, o ensino de N&N.

Outra contribuição a partir das ações desenvolvidas diz respeito à aproximação dos professores com as indicações da literatura da área de ensino de Ciências quanto às possíveis estratégias de ensino, considerando que discutimos principalmente sobre experimentação (FRANCISCO JUNIOR, 2008), jogos didáticos (CUNHA, 2012), aprendizagem baseada em problemas (LOPES et. al., 2011) e caso simulado (FLÔR, 2007). Percebemos que houve um bom envolvimento dos professores com os textos propostos, culminando com discussões na perspectiva crítica nos encontros. Procuramos criar condições para que os professores estabelecessem ligações entre os referenciais apresentados e as ações desenvolvidas ao longo de seu exercício profissional, visando uma reflexão crítica e fundamentada de suas ações e possivelmente construindo novos saberes da formação profissional, como na seguinte reflexão de Aline:

**Aline B:** O que me chamou atenção, quando a gente for discutir [esta fala emergiu antes da discussão sobre o texto, logo no início do encontro] o texto sobre caso simulado, é que como as informações depois, ela [autora do texto] falou até no final do texto, como eles começaram a enxergar o problema da poluição muito mais próximo a eles. Então assim, foi isso que me chamou mais a atenção, não só a questão, eu tinha feito um trabalho parecido com os meninos, mas assim, de como foi abordado o tema, de uma forma totalmente diferente. Eu acho que a recepção dos alunos deve ter sido muito mais fácil, porque se eu tivesse chegado e apresentado o material, enfim, e o entendimento e a postura deles. E eu já pensei lá na frente, se eu não me engano ela fala isso também na conclusão do texto, da formação desse indivíduo como cidadão e não somente passar o conteúdo ali, pronto e acabou. É um outro conhecimento que ele adquire que ele nunca mais vai esquecer. Então isso me chamou muito a atenção, eu achei diferente, eu falei “meu Deus, não é que eu faço isso em sala de aula”, eu até te falei antes de começar aqui, “então isso é o caso simulado?” Eu não sabia. [...] eu achei interessante, eu pessoa, as vezes eu começo a viajar, eu falei “como é que pode estar pensando desse jeito, então eu tô pensando do mesmo jeito”. Eu fiquei assim, eu descobri o Brasil gente! Na hora que eu vi eu falei “gente, que legal”, aí na hora que ele respondeu pra mim que tava certinho. Eu acho que é uma contribuição muito válida, porque a nossa função não é só essa, chegar passa matéria no quadro [...] (grifos nossos)

Finalmente, buscando levantar os conhecimentos consolidados ao longo dos processos formativos e também valorizar o processo de transposição didática, de maneira que os professores construíssem conhecimento escolar a respeito da N&N, pedimos que eles

elaborassem e apresentassem propostas de ensino. Percebemos que a questão da escala e sua influência sobre a possível emergência de novas propriedades apareceu na maioria das propostas, como no caso de Maria:

**Maria F:** Inicialmente eu não começaria falando conceito, eu começaria falando do experimental, perguntando pra eles qual seria o ponto de vista deles.

**Pesquisador 2:** Mas o experimento seria eles verem aqueles diferentes colóides?

**Maria F:** Isso.

**Pesquisador 2:** mas você acha que eles teriam condições de interpretar aquelas diferenças, entender que as diferenças de cor estão associadas ao tamanho de partícula?

**Maria F:** Eu acho que não sem explicar a escala. Eu poderia até abordar no primeiro ano 2 vezes esse assunto, falando da escala e no segundo momento falando da energia [...] produção de energia.

**Pesquisador 2:** Mas por exemplo, eu fico pensando que a compreensão sobre, o que diferencia ali é o tamanho da nanopartícula que forma aquele colóide, mas por outro lado o que justifica as diferenças de cor são as propriedades eletrônicas, da interação daquele material com a luz, e aí já exige uma construção, uma conceituação maior. Quer dizer, será que daria pra pensar num outro experimento, numa outra atividade que ainda não envolvesse essa questão da interação energia-matéria, mas que junto com a ideia da escala, que eu acho que é central, como você bem colocou, poderia permitir, ou criar condições pro aluno compreender aquilo num primeiro momento?

**Aline B:** Eu fico imaginando assim, como a gente poderia montar o experimento, algo mais prático abordando este conceito. Eu fico pensando assim, como que o aluno vai pegar esse conhecimento.

Reiteramos que as propostas foram construídas no decorrer dos encontros finais da segunda turma (2016) do processo de formação continuada tendo a N&N como tema central, sendo que ao longo de vários encontros os participantes tiveram contato com diversas perspectivas da N&N, por meio de discussões com professores pesquisadores das áreas de Ciências Biológicas, Física e Química, visitas a laboratórios de pesquisa, debates sobre potencialidades e controvérsias da N&N, como a mídia vem divulgando a N&N e, não menos importante, discussões específicas sobre o Ensino de Ciências, com foco na interdisciplinaridade e na reflexão sobre possibilidades para abordagem do tema em questão na Educação Básica.

Discutimos a seguir as propostas apresentadas por três professoras – Vitória, Sandra e Rosa - e procuramos evidenciar os aspectos que possuem relação com as categorias construídas à partir dos saberes docentes descritos por Tardif (2014).

**Vitória Q:** Então assim, como os nanotubos de carbono são uma forma alotrópica do carbono, eu achei que é um tema simples, que a gente pode, não falar profundamente, mas a gente pode dar o conhecimento aos alunos sobre o que é [...].

É interessante destacar o movimento feito por Vitória - professora de Química -, no sentido de apontar conceitos e relações que ela mesma construiu, uma vez que ao longo do

curso não foi discutida a questão da alotropia, o que sugere que ela estabeleceu relações de forma construtiva, a partir de suas observações ao longo do processo de formação continuada, além da mobilização de conhecimentos profissionais diversos para a abordagem da N&N na indicação de uma possível abordagem para o tema. Adicionalmente, percebemos indícios de que a professora mobiliza o Saber Curricular, uma vez que a mesma já identifica em que momento poderia inserir a discussão sobre N&N. Essa afirmação é corroborada quando Vitória especifica o ponto de partida de sua proposta, caminhando em direção à associação com a N&N:

**Vitória Q:** Então eu coloquei aí o que é alotropia [...] Aí eu coloquei ali as formas alotrópicas do carbono. Então a primeira forma ali é do diamante, a segunda do grafite e as folhas de grafeno, o outro é a lonsdaleíta, que é parecida com a forma do diamante [...] o buckminsterfulereno. Aí eu até achei interessante colocar essa figura, que eu não sabia que existiam outras formas do carbono, além do C60, C540, C70 e tem outros mais, que as vezes a gente não fala; pra falar verdade eu não sabia que tem outras formas do carbono [...] o carbono amorfo e o nanotubo de carbono. Então, a primeira forma que a gente vai falar é sobre o grafite, que é usado na lapiseira e no lápis, ele é sólido e maciço e ele é um bom condutor de calor e eletricidade. Aí eu coloquei ali o grafite em si e sua forma. O diamante, que é usado em jóias e até pra cortar blocos de granito; transparente, duro, bom isolante elétrico e térmico. Então é interessante pros alunos, que hoje quase não se fala de alotropia, pelo menos que os meus colegas falam “ah, as vezes a gente pula essa parte”. Falar também que são formados por carbono, mas tem propriedades diferentes. [...] E dentro da alotropia a gente pode falar sobre nanotecnologia. (grifos nossos)

Percebemos também, na proposta de Vitória, a presença do Saber Disciplinar, uma vez que em vários trechos ela apresenta conceitos sobre N&N, com foco na relação escala-propriedade, por exemplo, ao abordar a questão do surgimento de novas propriedades (como a reatividade) de um material organizado na escala nanométrica. De fato, estes conhecimentos, provavelmente, foram construídos ao longo do processo de formação continuada, uma vez que não foram evidenciados em um questionário aplicado no início do curso para levantamento das ideias dos professores a respeito da N&N.

**Vitória Q:** Os materiais na escala nanométrica muitas vezes apresentam comportamentos diferentes, que é o que a gente já tinha visto aqui [em encontro anterior no qual foram apresentados e discutidos fundamentos da N&N], os efeitos quânticos tornam-se mais pronunciados e apresentam outros padrões de reatividade. Então assim, o que acontece no macro, acontece diferente na escala nanométrica. Aí eu coloquei o exemplo do alumínio, que na forma de nanopartículas entra em combustão quando em contato com o oxigênio, o que levou ao desenvolvimento da MOAB [Massive Ordnance Air Blast], a maior bomba não-nuclear já construída, empregada largamente pelas tropas estadunidenses na guerra do Afeganistão [...] Outra forma alotrópica do carbono são os nanotubos, que são folhas de grafeno enroladas de forma cilíndrica com diâmetro em nanômetros [...] Em geral, os nanotubos apresentam alta resistência mecânica, alta flexibilidade e [diferentes] características elétricas e térmicas.

Não localizamos evidências explícitas relacionadas aos Saberes da Formação Profissional; em relação ao Saber da Experiência, este parece se manifestar na percepção da

possibilidade de relacionar a N&N com a alotropia, conceito bem delimitado no currículo de Química do Ensino Médio. Conforme já mencionado, a N&N ainda é pouco abordada nos currículos da Educação Básica e nas licenciaturas da área de Ciências Naturais. De fato, boa parte dos professores não teve a oportunidade, seja durante a formação acadêmico-profissional, seja durante o exercício profissional, de construir saberes sobre concepções prévias dos estudantes sobre N&N, dificuldades de aprendizagem sobre N&N, bem como estratégias de ensino sobre o referido conteúdo (Saberes da Formação Profissional). Por fim, percebemos que a proposta parece apresentar um nível conceitual pouco aprofundado, mais voltado para apresentação de aplicações da N&N. Porém, vale destacar que Vitória relata ter construído uma proposta para ser desenvolvida com estudantes do 1º ano do Ensino Médio, em uma perspectiva mais introdutória, o que pode justificar pouco aprofundamento conceitual.

Por sua vez, Rosa - professora de Química - também destaca a abordagem da escala para fundamentar a discussão sobre N&N, trazendo à tona uma leitura crítica a partir de sua formação e sobre as dificuldades de compreensão de escalas pelo público geral:

**Rosa Q:** Eu fiquei pensando no que eu poderia falar pros alunos, como eu poderia abordar esse assunto da nanociência. Aí eu pensei, poxa, no meu curso eu não sabia nada sobre essa natureza. Então, quando a gente começa a falar sobre, as pessoas tem muita dificuldade de compreender a dimensão nano, então o meu foco foi esse. Falar sobre a dimensão, como compreender esse tamanho tão pequeno. Quando a gente fala que um nanômetro é a bilionésima parte, o que significa isso, a espessura de um cabelo tem de 50 mil a 100 mil nanômetros. Então eu foquei na dimensão.

Percebemos claramente uma intencionalidade pedagógica neste trecho, marcada pelas constatações observadas ao longo do exercício profissional e pelo reconhecimento da ausência de discussões envolvendo a N&N durante a formação acadêmico-profissional, reforçando o quadro apresentado por outros trabalhos (LIMA; ALMEIDA, 2012; SILVA; LOPES, 2017). Vale ressaltar que Vitória e Rosa se graduaram no início da década de 2000 e Sandra concluiu a graduação no final da mesma década e ambas relataram em vários momentos do processo formativo que não tiveram contato com a N&N ao longo da formação acadêmico-profissional. Além disso, podemos observar indícios de mobilização do Saber Curricular e do Disciplinar, uma vez que ela já associa a N&N à questão da escala, que é um conceito que perpassa boa parte do ensino de Ciências e Matemática, a partir dos anos finais do Ensino Fundamental até o final do Ensino Médio. Quanto à relação da N&N e a disciplina Química, ela continua explicitando que poderia abordar nos três anos do Ensino Médio, porém, traz um exemplo específico, relacionado ao ensino de Soluções:

**Rosa Q:** E esse assunto dimensão eu posso, eu pensei em aplicar para o primeiro ano, pro segundo ano e pro terceiro ano, qualquer série do Ensino Médio. [...] Aí eu coloquei ali, classificação das soluções, como que a gente sabe que a gente tá dentro da nanociência e quando não está? Soluções verdadeiras, o diâmetro das partículas é inferior a 0,001 micron, são homogêneas ao microscópio, um sistema monofásico. [...] Pseudosoluções, são soluções não verdadeiras, são aquelas onde o diâmetro das partículas tá compreendido de 0,001 micron a 0,1. Então elas são heterogêneas ao microscópio, as dispersões delas são coloidais [...]

Verificamos também evidências de mobilização do Saber Disciplinar, no trecho abaixo:

**Rosa Q:** Então as substâncias estáveis podem se tornar reativas. Na solução verdadeira, eles podem ser estáveis, na solução de nanopartículas torna-se reativo [...] podem mudar de cor, e aí o caso do ouro, que a gente tinha até comentado, a gente visualiza a cor amarela; aí quando você vai diminuindo o tamanho [da nanopartícula associada] dele gera uma escala de cores, que pode ser laranja, vermelho, azul, até tornar invisível [esta fala foi baseada em observações de soluções de nanopartículas de ouro realizada em um laboratório de pesquisa durante o curso] [...] materiais isolantes podem torna-se condutores. O próprio grafeno, o óxido de grafeno é isolante e o grafeno é condutor [...] as propriedades da matéria dependem não só da sua composição e estrutura, como também do seu formato e tamanho. Aí eu coloquei ali pra visualizar, essa nanopartícula de prata, aí no caso é o formato. Então a gente tem ali, todos são prata, a primeira forma é triangular, então aquela forma triangular ali da prata tem a cor azul; quando você chega na forma triangular mas com os vértices cortados, aí já vai mais pro violeta e quando tem a forma esférica já fica no verde [...]

Assim como na proposta de Vitória, a proposta de Rosa sugere íntima relação com os Saberes Disciplinares e Curriculares, uma vez que na própria fala esta professora destaca questões conceituais e o contexto de abordagem da N&N; entretanto, Rosa defende que a questão da escala pode ser abordada nos três anos do Ensino Médio, mas opta por aprofundar esta discussão no âmbito do ensino de Soluções, comumente abordado no 2º ano, dando ênfase à influência do tamanho e forma das nanopartículas na cor observada de determinada solução. No tocante ao Saber da Experiência (que delimitamos que não seria analisado na mesma proporção que os demais saberes nesse trabalho), acreditamos que este se manifesta de forma tímida, a partir das constatações destacadas por Rosa, sobre a dificuldade de compreensão da escala; entretanto entendemos que a experiência de Rosa não foi construída a partir do ensino de N&N, mas das relações que a escala possui com outros assuntos da Química. Também não observamos indícios de Saberes da Formação Profissional na proposta de Rosa, reforçando as constatações na proposta de Vitória e sugerindo que estes dois saberes podem se caracterizar como desafios para o desenvolvimento de práticas inovadoras.

Por fim, Sandra, formada em Ciências Biológicas e que atuava lecionando a disciplina Ciências, propôs uma abordagem voltada para o 9º ano, a partir de conceitos mais identificados com a Química (estrutura da matéria e propriedades dos materiais), além de procurar inserir artigos no qual são defendidos diferentes pontos de vista sobre a N&N e suas relações com a

sociedade de maneira geral. Novamente, percebe-se claramente a mobilização do Saber Curricular, conforme apresentado abaixo

**Sandra B:** Então, eu pensei em inserir esse tema aí [N&N], depois que os alunos já entenderam o que é matéria, já viram propriedades dos materiais, que a gente já falou dos estados físicos e começa a falar do átomo, que eu pensei em inserir esse tema. Esse aqui é o livro que a escola trabalha e eu gostei, e ele traz uma imagem que eu gostei logo no início, que é essa figura [trata-se de uma analogia a um processo de fabricação, mostrando possíveis etapas de produção, de maneira que cada etapa pode gerar produtos diferentes, devido a distintos procedimentos] aí, dando essa ideia que a partir de um mesmo material a gente pode fazer diferentes objetos [por exemplo, a partir da madeira pode-se construir mesas, cadeiras, portões, enfim, objetos com finalidades distintas], através de processos físicos ou químicos. E esse desenho [acima descrito] é interessante porque entra lá aquelas bolinhas cinzas naquela máquina e saem coisas diferentes; então pra trabalhar essa de como a gente pode transformar os materiais [...] no caso das ligas metálicas dá pra discutir essa questão, dependendo de uma coisa que eu quero fazer, eu tenho que misturar o cobre com o zinco pra fazer latão [...]

É interessante observar toda a caracterização inicial que Sandra constrói, evidenciando forte articulação com a organização curricular, bem como o contexto em que o tema poderia ser abordado, evidenciando a mobilização do Saber Curricular e indícios dos Saberes da Formação Profissional, uma vez que ela descreve com detalhes como a proposta se articula com a aprendizagem dos estudantes, utilizando estratégias como o uso de analogias e de material didático de forma planejada. Percebemos, em outro trecho, um movimento em que a professora procura trabalhar com conceitos mais ligados ao mundo concreto (propriedades dos materiais) buscando articulá-los com explicações baseadas em modelos científicos (composição dos materiais), buscando estabelecer relações entre estrutura e propriedade, dando foco na organização (os materiais são organizados por átomos e a forma como os átomos se organizam pode dar origem a materiais com propriedades diferentes). Somente após este movimento é que a Sandra sugere a inserção de conceitos relacionados à N&N:

**Sandra B:** Aí tem a história do átomo, a dimensão e aqui, uma coisa que eu queria destacar na hora de falar a composição da matéria, os átomos, as moléculas, que um mesmo átomo, o carbono, da forma como ele se organiza, ele pode formar 2 coisas diferentes. [...] Beleza, se eu tenho um carbono e a diferença do carbono, [em termos estrutura] do diamante pro grafite é a forma como eles estão organizados, eu conseguiria fabricar as coisas que eu quisesse se eu conseguisse manipular esses átomos? [...] E aí entra a questão da nanotecnologia, que sim, hoje a gente conseguiria organizar átomo a átomo, pegar o que já tem na natureza, então a gente consegue manipular em laboratório [...]. E aí eu entraria explicando a nanotecnologia, o conceito, com o que ela trabalha, o que é uma escala nanométrica, dar essa noção de dimensão pros meninos, que a gente tá mexendo com um átomo, uma coisa bem minúscula. E aí falar, como o homem descobriu que era possível, como a gente pode mexer com o átomo [...]



Outro aspecto diz respeito às questões levantadas pela professora ao longo da abordagem da N&N: a relação entre escala e as propriedades, a discussão sobre a manipulação dos átomos e a possibilidade de criação de substâncias com propriedades desejáveis, revelando indícios de mobilização do Saber Disciplinar. Vale destacar que essa abordagem foi bastante discutida no processo formativo e nenhum dos participantes havia explicitado concepções ligadas a tal abordagem nos primeiros encontros, o que nos indica que o processo de formação possivelmente contribuiu para a construção de tais saberes.

Também observamos que Sandra recorre à algumas aplicações da N&N. Mas, diferentemente das outras professoras procura trazer os possíveis aspectos negativos, revelando a busca pela formação crítica dos estudantes.

**Sandra B:** E aí eu pensei em usar aquele vídeo<sup>45</sup> que você passou uma vez pra gente, que mostra aquele tênis que não molha, pra dar uma ideia, existe alguma coisa assim, um tênis que não molha. E falar, quando a gente consegue manipular o átomo a gente constrói coisas novas com características que as vezes não existem, mas a gente consegue inventar uma coisa que a gente queria, por exemplo, um tênis que não suja [...] E aí, depois de todas essas promessas, tudo isso é só coisa boa, não vai gerar nenhum problema? E aí pensar em explorar os artigos “Quanto menor, melhor<sup>46</sup>”, superinteressante de 1997. “A primeira consequência da nanotecnologia, é que não haverá poluição do ambiente, que todo lixo industrial será reciclado”. Aí eu pensei em fazer essa discussão com os meninos, mas aí pra onde vão os materiais que eles usarem, os rejeitos. [...] Aí questionar com os alunos que essa posição de neutralidade é falta de informação as vezes; você não tem opinião formada de algo que você não ouviu falar, que você não conhece [...] discutir essa questão com os alunos, da formação de opinião, do posicionamento deles [...] E no ano de 2011 saiu essa reportagem <sup>47</sup> do problema que os nanotubos poderiam intoxicar as células, a forma como a célula tenta incluir ele ali, o ângulo que ele forma acaba sendo tóxico, podendo matar a célula, então tem que ver a interação com o corpo humano, não é só injetar as coisas dentro da pessoa que vai dar tudo certo.

O trecho acima diferencia a proposta de Sandra das demais, uma vez que ela propõe a abordagem de controvérsias ligadas à N&N, o que possui grande potencial para a formação de cidadãos com posicionamento crítico a respeito de determinado assunto. Além disso, de maneira geral, Sandra apresenta mais detalhes sobre maneiras de abordagem e materiais a serem utilizados, como por exemplo, textos de divulgação científica, indicando mobilização dos Saberes da Formação Profissional, no sentido de organizar ações para maior participação dos

---

<sup>45</sup> [https://www.youtube.com/watch?v=myr\\_nMOFOiw&t=26s](https://www.youtube.com/watch?v=myr_nMOFOiw&t=26s) – matéria produzida pela TV Cultura, abordando N&N. Acessado em 29/10/2018.

<sup>46</sup> <https://super.abril.com.br/tecnologia/quanto-menor-melhor/> - acessado em 29/10/2018.

<sup>47</sup> <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2011/09/cientistas-revelam-em-estudo-como-nanotubos-podem-intoxicar-celulas.html> - acessado em 29/10/2018. Esta reportagem diz respeito a um estudo realizado no qual as células reconhecem os nanotubos como sendo esferas, devido ao plano de interação, mas acabam sendo intoxicadas ao fagocitarem os nanotubos, que apresentam estrutura muito maior do que uma esfera, o que desencadeia um processo de inflamação para proteger a área afetada.

estudantes e com foco na formação crítica dos mesmos. Por fim, não observamos indícios de mobilização do Saber da Experiência na proposta de Sandra.

De maneira geral, nas propostas destacam-se as questões conceituais (a qual relacionamos com o Saber Disciplinar) e a definição do contexto de abordagem da N&N, bem como relações diretas com o currículo de Química/Ciências (ligadas ao Saber Curricular). Os Saberes da Formação Profissional parecem tangenciar as propostas de Rosa e Sandra, esta última de forma mais evidente; o Saber da Experiência se manifesta timidamente, possivelmente pelo fato de as professoras não terem vivenciado experiências com a N&N ao longo de sua trajetória de formação acadêmico-profissional e no exercício profissional.

Em relação à forte presença do Saber Disciplinar nas propostas, sugerimos que este quadro pode ser explicado pela concepção de que para ser um bom professor basta ter um bom conhecimento da matéria a ser ensinada (MALDANER, 2006; CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011; TARDIF, 2014), o que faz sentido se considerarmos o período de formação acadêmico-profissional de Vitória e Rosa, onde os conteúdos disciplinares eram mais evidenciados e valorizados nos currículos de formação de professores, em detrimento da formação pedagógica.

No que diz respeito ao Saber Curricular, uma hipótese está relacionada à influência da experiência adquirida pelas professoras ao longo do exercício profissional no que diz respeito à organização de conteúdos em torno da disciplina em que atuam. Dessa forma, mesmo sem terem desenvolvido qualquer ação envolvendo o ensino de N&N, elas conseguem relacionar conceitos básicos (construídos ao longo do curso de formação continuada) com conteúdos abordados nas disciplinas que lecionam.

Quanto aos saberes mobilizados nas propostas, os Saberes da Formação Profissional envolvem discussões sobre concepções educacionais, à visão de Ciência, organização de atividades, processos de avaliação, questões mais ligadas ao campo Pedagógico. De fato, mesmo passando pela formação em Licenciatura, conforme já mencionado, Vitória e Rosa se graduaram no início da década de 2000, período em que as licenciaturas ainda eram fortemente marcadas pelo modelo da racionalidade técnica, organizados no formato “3 + 1”, ou seja, com ênfase na formação disciplinar em detrimento da formação pedagógica, fato este que pode contribuir para a manifestação superficial do referido saber. Sandra se formou no final de década de 2000, e de acordo com suas falas ao longo do processo formativo, teve maior contato com um currículo de formação acadêmico-profissional mais abrangente no que diz respeito às questões pedagógicas (disciplinas como metodologia de ensino, práticas de ensino, estágio curricular em uma perspectiva mais participativa), o que pode explicar maior mobilização

destes saberes em sua proposta. Entretanto, entendemos que os Saberes da Formação Pedagógica também envolvem ações específicas, que no caso da N&N estão relacionadas a: saber quais as dificuldades de aprendizagem por parte dos estudantes, quais concepções os alunos apresentam sobre o assunto, como planejar, desenvolver e avaliar atividades em torno deste assunto, o que demanda tempo e experiência.

Em relação ao Saber da Experiência, vale a pena destacar que não foi observado para a abordagem de N&N, uma vez que as professoras não tiveram a oportunidade de discutir a respeito deste assunto durante a formação acadêmico-profissional, tampouco desenvolveram práticas de ensino sobre N&N; entretanto, acreditamos que todas as propostas podem ser influenciadas por experiências outras construídas ao longo do exercício profissional, como no caso de Rosa, que aponta dificuldades de compreensão de escala por parte dos estudantes, muito provavelmente a partir de sua experiência em sala de aula, ou seja, poderíamos chamar de um saber da experiência com caráter auxiliar, desenvolvido para outros contextos, mas que pode ser adaptado e mobilizado para a abordagem da N&N.

Outra possibilidade que acreditamos ser dotada de potencial para contribuir para o processo de inovação, mas que exploraremos de forma tímida neste trabalho diz respeito à transposição didática. O processo de transposição didática é marcado pela necessidade de ajustes no sentido de simplificações, idealizações e abstrações, uma vez que não se ensina o conhecimento produzido no âmago da pesquisa científica (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005). Nas três propostas aqui analisadas percebemos a preocupação das professoras em estabelecer relações de conceitos de N&N com conceitos das Ciências Naturais abordados tanto em nível Médio (Química) como Fundamental (Ciências), ou seja, uma tentativa de transposição do conhecimento científico para o conhecimento escolar. Por exemplo, Sandra, ao recorrer ao conceito de átomos e da manipulação destes, lança mão de idealizações e abstrações; ainda em relação à manipulação e montagem de estruturas a partir da junção entre átomos, propõe uma adaptação de todo o processo envolvido no funcionamento de um microscópio de força atômica, o que pode ser criticado pelos especialistas neste campo. Porém, nas palavras de Brockington e Pietrocola (2005, p. 391)

As simplificações existem no processo de Transposição Didática. Isso é, muitas vezes é necessário limitar a profundidade conceitual e as linguagens empregadas em algumas situações. Um dos motivos que justificam essa simplificação é decorrente, entre outras, da disponibilidade de tempo (carga horária), dos objetivos do curso, da maturidade dos estudantes etc. As escolhas e adaptações são inevitáveis quando se deve fazer caber três ou quatro séculos de Física em duas ou três aulas semanais ao longo de três anos.

Ainda em relação à simplificação, é preciso ter em mente que não é papel da Educação Básica formar especialistas em Ciências, mas sim oferecer condições para que todos os estudantes compreendam minimamente questões científicas e saibam relacioná-las aos diversos contextos que vivenciam ao longo de sua vida; portanto, um tratamento com formalismos excessivos e conceitos muito avançados não são adequados para o currículo de Ciências (MILLAR, 2003).

À guisa de fechamento desta seção, entendemos que as ações desenvolvidas ao longo dos encontros e aqui discutidas possibilitaram a mobilização de diversos saberes ligados à formação profissional dos professores, tais como: discussão sobre o ensino de N&N e elaboração de propostas para a abordagem do tema; análise sobre livros didáticos; debates envolvendo aspectos da natureza da Ciência e da divulgação científica e também o contato com diversos materiais e estratégias didáticas para o ensino de Ciências.

Retomando novamente a ideia de ambiente interdisciplinar de formação, buscamos refletir sobre questões envolvendo interdisciplinaridade de maneira geral ao longo dos encontros. Entretanto, propusemos reflexões específicas em alguns momentos, buscando articular todos os aspectos da formação anteriormente apresentados nesta tese, as quais apresentaremos na sequência.

#### 5.4 ARTICULAÇÃO ENTRE FORMAÇÃO E ATUAÇÃO: AS DISCUSSÕES SOBRE INTERDISCIPLINARIDADE NOS PROCESSOS FORMATIVOS

Esta investigação centra-se na concepção de que o desenvolvimento de abordagens interdisciplinares nas escolas pode e deve ser fomentado por meio de ações formativas, tanto ao longo da formação acadêmico-profissional como na formação continuada, que podem estar ligadas à vivências em ambientes interdisciplinares de formação, sendo que este trabalho busca analisar um desses ambientes e elucidar suas contribuições e limitações para a formação interdisciplinar de professores. Acreditamos que os processos formativos aqui analisados se alinham às indicações das atuais Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação de professores, as quais indicam que

O (A) egresso (a) da formação inicial e continuada deverá possuir um repertório de informações e habilidades composto pela pluralidade de conhecimentos teóricos e práticos, resultado do projeto pedagógico e do percurso formativo vivenciado cuja consolidação virá do seu exercício profissional, fundamentado em princípios de interdisciplinaridade,

contextualização, democratização, pertinência e relevância social, ética e sensibilidade afetiva e estética [...] (BRASIL, 2015. p. 7, grifos nossos)

Entretanto, acreditamos que a criação de condições para a mobilização de saberes diversos conforme indicado nas Diretrizes deve estar integrada com reflexões específicas a respeito da interdisciplinaridade. Dessa forma, procuramos fomentar reflexões sobre interdisciplinaridade nos diversos momentos ao longo dos encontros. Nas discussões envolvendo conceitos específicos sobre N&N, os pesquisadores convidados também suscitavam tais reflexões, apontando que a N&N envolve a articulação de conhecimentos de várias áreas, como observado no seguinte trecho:

**Professor de Física Convidado:** Eu vou tentar navegar bastante entre Física e Química, fazendo pontes entre as duas [...] o que eu gostaria de mostrar é esse bate-bola que existe sempre em Física e Química [...]

Buscamos também, a partir das ideias de Lenoir (2013), levantar discussões a respeito das modalidades de interdisciplinaridade, principalmente sobre a perspectiva escolar, que está diretamente ligada ao ambiente de atuação dos professores. Assim, procuramos discutir sobre questões conceituais e epistemológicas a respeito da interdisciplinaridade, buscando situá-la nos campos científico e escolar, dando ênfase ao último, com o intuito de criar condições para a construção de conhecimentos sobre interdisciplinaridade. O episódio a seguir retrata uma discussão a partir da leitura de um texto adaptado de Silva (2014), no qual faz um paralelo entre interdisciplinaridade no campo científico e no campo escolar, onde uma professora associa as questões abordadas no texto com sua vivência durante a formação acadêmico-profissional:

**Rosa Q:** Uma abordagem que eu achei muito interessante no texto, que comparou a medicina ao corpo humano, eu achei essa passagem muito criativa, que o lado científico anda, mas de forma ainda muito individual. Aí eu fiquei pensando assim, pro lado das próprias disciplinas na universidade, eles criam, tem a físico-química, é a física junto com a química, aí criou-se uma disciplina; aí tem a química inorgânica, a química orgânica.

**Vitória Q:** O pessoal foi diversificando.

**Rosa Q:** Então, mas isso continua, membros, que deu a questão lá do corpo humano, que você não estuda, um médico não tem a totalidade do corpo humano, ele estuda partes, e aí cada um tem sua especialidade. E também tem a fala lá que tem o argumento científico e o argumento educacional. Aí o argumento científico fala assim que apesar de ambos caminharem juntos, o científico tem um público diferenciado

**Pesquisador 1:** Objetivos, finalidades, campos de atuação diferentes.

**Rosa Q:** Exatamente.

Procuramos desenvolver também a ideia de interdisciplinaridade no campo escolar na perspectiva de Lenoir (1998), definindo o conhecimento escolar como objeto central, os sujeitos e suas relações com o conhecimento no processo de aprendizagem, enfim, buscando contribuir para a distinção entre conhecimento científico e conhecimento escolar, de maneira que os professores tivessem oportunidade de refletir sobre as especificidades do campo em que atuam - a escola -, que possui objetivos sociais distintos das instâncias de produção de conhecimento acadêmico.

Ainda em relação à perspectiva da interdisciplinaridade escolar e à busca pela aproximação entre teoria e prática, também fomentamos reflexões a respeito de dificuldades para o desenvolvimento de práticas interdisciplinares na escola a partir da literatura (AUGUSTO; CALDEIRA, 2007) e das vivências dos professores, sendo que os principais entraves que surgiram nas discussões estavam relacionados à falta de formação dos professores, a organização disciplinar da escola, a falta de tempo e de apoio de outros professores e da própria instituição, como no relato de Silvia:

**Silvia Q:** Eu gostei muito desse texto<sup>48</sup>, eu vou falar desse texto rapidinho, eu gostei muito desse texto; eu senti que ele colocou bastante das aflições que a gente sente na escola, porque é muito difícil fazer essa integração de conteúdos. Eu até revi algumas coisas na medida que o curso foi passando e do que a gente foi discutindo, com algumas ideias que eu tinha do que seria. Eu acho que pra aplicar lá na escola, se for pra eu levar, pra eu ter uma interação com o professor de Física, que é um e o de Biologia que é outro, seria bem difícil pra mim, eu acho; porque a professora de Física da manhã não tá querendo fazer muita coisa [...] ela não tá muito aberta a fazer qualquer tipo de projeto, apesar dela ter me proposto agora pra esse bimestre um, mas quando eu efetivamente procurei ela, ela não me deu resposta. Então eu acho que eu sozinha vai ser mais difícil. Mas eu tô gostando de ler, de conhecer um assunto novo [...] Eu sentei um dia lá com a professora de Português e de Inglês, discuti que você tinha pedido uma proposta, uma ideia, e aí foi quem tava na hora, sentou eu, a professora de Português e a de Inglês e a gente começou a discutir, elas acharam interessante [...] Eu acho que elas tão me dando um certo apoio quanto a isso, mas que eu não tenho do professor de Biologia que nunca tá na escola, porque realmente os dias que ele vai são os dias que eu não tô, então eu nunca encontro com ele, e a de Física que eu encontro, mas ela não tá muito assim.

É interessante notar que, enquanto participava do processo de formação, Silvia procurava desenvolver práticas interdisciplinares na escola e trouxe seus anseios e dificuldades para a discussão no grupo, o que pode ter contribuído para o desencadear de outras reflexões por ela e pelos demais participantes. Outra questão marcada na fala de Silvia diz respeito às reflexões

---

<sup>48</sup> AUGUSTO, T. G. S.; CALDEIRA, A. M. A. Dificuldades para a implantação de práticas interdisciplinares em escolas estaduais, apontadas por professores da área de Ciências Naturais. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 12, n. 1, p. 139-154, 2007.

sobre a própria prática frente à referenciais teóricos e de como este processo de aproximação entre teoria e prática pode contribuir para o desenvolvimento profissional docente.

No que concerne à formação de cada sujeito, procuramos fomentar reflexões sobre a própria trajetória de formação, principalmente no período de formação acadêmico-profissional, o qual acreditamos contribuir fortemente para a construção da identidade profissional e para a atuação profissional. Sandra, ao refletir sobre a interdisciplinaridade ao longo de sua formação acadêmico-profissional, teceu as seguintes críticas:

**Sandra B:** Mas é engraçado que, igual assim, eu tive contato com a interdisciplinaridade nas disciplinas da faculdade de Educação, discutindo mais isso em Biologia, mas na nossa graduação, a gente não tem nas nossas disciplinas de graduação em Biologia um método interdisciplinar dos professores, é muito raro um professor linkar uma coisa com a outra, lá você vê genética molecular, aí dois períodos a frente, olha, teorias evolutivas, e assim, você fica como se tivesse naquela escola antiga, depois que você vai sentar de fato e estudar mesmo e aprender a linkar. Quando eu fui fazer mestrado que eu fui, cara, nossa, linkar uma coisa com a outra. Durante a minha graduação eu não aprendi isso, eu não tive essa necessidade porque eu fui tendo as disciplinas bem isoladas. O ensino lá em cima [universidade] pra gente ainda é isolado, embora você vai pra faculdade de Educação, tem que ensinar de uma forma interdisciplinar, quando você é aluno de graduação você não aprende um método interdisciplinar. Chega a ser meio incoerente, mas ainda é assim. (grifos nossos)

É provável que a maior parte dos professores em exercício tenha se graduado neste modelo de organização por disciplinas, com poucas relações entre os diversos conhecimentos dos respectivos cursos e até com demais áreas do conhecimento, pois como sugerimos anteriormente, vivemos em um paradigma de crítica à concepção disciplinar e trilhando novos caminhos em direção a uma visão mais integrada em relação à construção de conhecimento e da própria formação humana. No que diz respeito à formação de professores, são recentes as orientações para a perspectiva de formação interdisciplinar (BRASIL, 2015).

A respeito da lógica disciplinar e ainda fortemente marcada pelo tecnicismo, observada nos cursos de formação em diversos países, Tardif (2014, p. 241-242) tece diversas críticas:

[...] a formação para o ensino ainda é enormemente organizada em torno das lógicas disciplinares. Ela funciona por especialização e fragmentação, oferecendo aos alunos disciplinas de 40 a 50 horas. Essas disciplinas (psicologia, filosofia, didática, etc.) não têm relação entre elas, mas constituem unidades autônomas fechadas sobre si mesmas e de curta duração e, portanto, de pouco impacto sobre os alunos. Essa formação também é concedida segundo um modelo aplicacionista do conhecimento: os alunos passam um certo número de anos “assistindo aulas” baseadas em disciplinas e constituídas, a maioria das vezes, de conhecimentos disciplinares de natureza declarativa; depois ou durante essas aulas, eles vão estagiar para “aplicar” esses conhecimentos; finalmente, quando a formação termina, eles começam a trabalhar sozinhos, aprendendo seu ofício na prática [...]

Com isso, queremos dizer que a lógica disciplinar, apesar de suas contribuições para a formação profissional dos docentes, deve dialogar com a lógica interdisciplinar, no sentido da coletividade e da produção de conhecimentos mais articulados entre si e que o possibilitem ser crítico de sua própria prática, guiando suas ações nas perspectivas disciplinar e interdisciplinar de acordo com os objetivos a serem alcançados ao longo de seu exercício profissional.

Por fim, acreditamos que os debates suscitados, do ponto de vista da interdisciplinaridade, envolvendo o olhar sobre a própria formação e sobre a prática<sup>49</sup>, se configuram como estratégias potencialmente favoráveis à caracterização de um ambiente interdisciplinar de formação e se configura como um fator potencial para que o professor possa futuramente atuar de maneira interdisciplinar, desde que seja estimulado a refletir sobre os limites e contribuições de abordagens interdisciplinares, bem como procure desenvolver-se profissionalmente nessa perspectiva.

A título de fechamento deste capítulo, sem a intenção de sermos prescritivos, acreditamos que os professores participantes dos processos de formação tiveram a oportunidade de vivenciar diversos momentos que potencializaram a mobilização de diversos saberes, os quais acreditamos terem contribuído para desencadear um processo de reflexão sobre a interdisciplinaridade, tanto na perspectiva de sua formação, como na possibilidade do desenvolvimento de práticas docentes interdisciplinares.

Sendo assim, verificamos que os processos de formação propiciaram a construção/reconstrução de saberes disciplinares, por meio do contato com pesquisadores na área de N&N em discussões teóricas e em uma visita a laboratórios de pesquisa; apesar do foco disciplinar, em grande parte dos momentos, tanto nós como os convidados (pesquisadores em N&N), procuramos explicitar que a N&N é um campo de conhecimento que demanda uma compreensão que extrapola os limites das áreas tradicionalmente estabelecidas (Biologia, Física e Química).

---

<sup>49</sup> Acreditamos que as reflexões envolvendo a formação e a atuação podem contribuir para uma melhor formação para atuação interdisciplinar, pois ao longo destas, podem surgir questionamentos como: Como eu considero minha formação no que diz respeito à interdisciplinaridade? Que fatores/conhecimentos/saberes eu preciso para atuar de forma interdisciplinar? Quais eu tive a oportunidade de construir? Quais eu ainda preciso melhorar ou construir? Eu atuo de forma interdisciplinar? Que condições são essenciais para que eu atue de forma interdisciplinar? Em que momentos eu posso atuar de forma interdisciplinar? Todos estes questionamentos constituem um processo contínuo de reflexão e de formação do professor, que podem potencializar a formação para atuação interdisciplinar e favorecer o desenvolvimento de práticas interdisciplinares, em nosso ponto de vista.



Os saberes curricular e da formação profissional também se caracterizaram como elementos essenciais tanto no que concerne à formação interdisciplinar como para futuras abordagens envolvendo a N&N na Educação Básica pelos professores, bem como para a formação crítico-reflexiva, tendo em vista que os sujeitos foram estimulados a construir/reconstruir conhecimentos sobre a sua própria prática e sobre relações da N&N com o currículo de Ciências; analisar materiais didáticos e materiais difundidos pela mídia; propor e debater sequências didáticas, sendo valorizados e estimulados a produzirem conhecimento pedagógico sobre a N&N em uma perspectiva de superação da fragmentação excessiva do conhecimento. Tais ações podem, inclusive, desencadear processos de mobilização do saber da experiência pelos participantes, uma vez que eles exercem a docência e poderiam desenvolver ações em sua prática (que será discutido no próximo capítulo).

Ainda, retomando a ideia de articulação dos saberes docentes às modalidades científica e escolar de interdisciplinaridade percebemos que os encontros em ambos os processos formativos cumpriram com este objetivo, tendo em vista que os sujeitos foram estimulados a estabelecer diálogos entre diversas áreas na perspectiva científica, mas também pensar sua atuação, diferenciando as duas perspectivas e tecendo críticas a partir do confronto entre referenciais apresentados e as próprias experiências vivenciadas ao longo da formação e atuação.

Entendemos também, que os processos formativos favoreceram e valorizaram a formação de sujeitos autônomos e produtores de conhecimento, superando a visão de formação continuada enquanto simples espaço para atualização conceitual e/ou reciclagem de professores. Por fim, apostamos nos sujeitos participantes como potenciais agentes multiplicadores da importância da formação continuada, da interdisciplinaridade e da N&N. No capítulo seguinte, analisamos como duas professoras que participaram dos processos formativos desenvolveram ações envolvendo o ensino de N&N, bem como avaliam a interdisciplinaridade (pensando sua formação enquanto professoras) ao longo de sua trajetória de vida, passando, obviamente, por uma análise das contribuições do processo de formação que participaram.

## **6 A ABORDAGEM DE N&N NA PRÁTICA PROFISSIONAL DAS PROFESSORAS**

Tendo em vista que a docência e o desenvolvimento profissional compreendem diversos aspectos e que teoria e prática devem estar articulados ao longo da carreira docente, durante os dois processos formativos procuramos articular as discussões dos encontros a partir da realidade dos professores participantes. Nos encontros finais solicitamos o desenvolvimento de pequenas propostas de ensino para apresentação ao grupo, que foram debatidas na sequência, de maneira a avaliar limites e possibilidades do desenvolvimento de práticas pedagógicas envolvendo o tema N&N em uma perspectiva interdisciplinar. Adicionalmente, estimulamos os participantes a desenvolverem estas sequências de ensino após o término dos processos formativos.

Em ambos os grupos (2015 e 2016), apesar do grande potencial vislumbrado para o desenvolvimento de práticas escolares envolvendo o ensino de N&N, tivemos dificuldades no que diz respeito à concretização de ações pelos envolvidos nos processos formativos, por diversos motivos: a dificuldade dos professores em transpor conceitos de N&N da perspectiva acadêmica para a escolar, mesmo apesar dos dados no capítulo anterior indicarem que houve uma boa compreensão dos conceitos acadêmicos básicos de N&N; a articulação dos conceitos com as orientações curriculares para as disciplinas em que atuavam, pois N&N envolve e demanda conhecimentos de diversas áreas e que não necessariamente são propostos no âmbito de disciplinas escolares como Biologia, Física e Química; a questão interdisciplinar que, como apontado em outros momentos neste trabalho, demanda diversos outros conhecimentos e saberes que extrapolam a formação disciplinar dos professores; também a própria resistência dos participantes ou da escolas em que atuavam, em organizar uma sequência de ensino que não apresentava “ligação direta” com o que as avaliações externas exigiam.

Diante dos apontamentos anteriores, apenas Aline (participante do processo formativo de 2015) e Rosa (participante em 2016) continuaram mantendo contato e desenvolveram trabalhos com seus estudantes. Vale a pena destacar que ambas professoras se destacaram nos processos formativos, participando ativamente e autonomamente dos encontros, propondo temas, materiais e debates, além do próprio envolvimento e apropriação dos textos e materiais por nós sugeridos. Dessa forma, neste capítulo apresentaremos resultados de práticas desenvolvidas pelas duas professoras supracitadas e buscar indícios de contribuições dos processos para além da formação continuada, a saber, na atuação docente e no desenvolvimento profissional de Aline e Rosa.

Destacamos que não houve a possibilidade de acompanhar o trabalho das professoras nas escolas<sup>50</sup> e que os dados foram construídos a partir dos materiais (cartazes, questionários respondidos, fotos da feira de Ciências) e pelas professoras (relatos e entrevistas) produzidos pelos estudantes. As entrevistas com as professoras foram marcadas pelo acesso às suas memórias, não somente das ações realizadas envolvendo a abordagem de N&N, mas também do contato ao longo da vida com a interdisciplinaridade. Neste sentido, recorrer à memória justifica-se que

[...] na medida em que permite desenhar um quadro já vivido, em outras cores, outros contornos e formas, pois a memória quando desenha um quadro já vivido sempre o faz de maneira diferente. Diferente porque já impregnado por um crivo, por uma seleção – que se não garante a precisão da objetividade, garante a riqueza da subjetividade que, igualmente, é indicadora de validade porque substitui o propósito de precisão por outro propósito: o de selecionar do quadro aquilo que mais marcou, aquilo que foi, ou parece ter sido mais significativo a ponto de se tornar inesquecível e inesgotável. Inesgotável porque ao recuperar o vivido de forma diferente da que foi vivida torna o ontem em hoje, ao mesmo tempo e no espaço, com perspectiva de amanhã [...] (FAZENDA, 2011, p. 83)

Na sequência, discutiremos a respeito das ações desenvolvidas por Aline e Rosa em seus respectivos contextos e o contato de ambas com a interdisciplinaridade ao longo das trajetórias de vida.

## 6.1 A PRÁTICA DE ALINE

No momento em que participava do processo formativo, Aline atuava tanto na esfera pública como na particular; entretanto, desde de 2016 até o momento de realização da entrevista (fevereiro de 2018), vinha atuando somente na esfera particular. Ao solicitarmos um possível acompanhamento das atividades na escola, bem como a realização de pequenas entrevistas com os estudantes, Aline informou não ser possível realizar tais ações, em função da política da instituição.

Apesar desta impossibilidade, Aline desenvolveu todo o trabalho com os estudantes, enviando os materiais produzidos e relatando posteriormente o processo de construção de materiais e apresentação dos estudantes na chamada “Mostra de Arte e Ciências”, desenvolvida no segundo semestre de 2017. Vale destacar ainda que Aline atuava na disciplina Ciências do

---

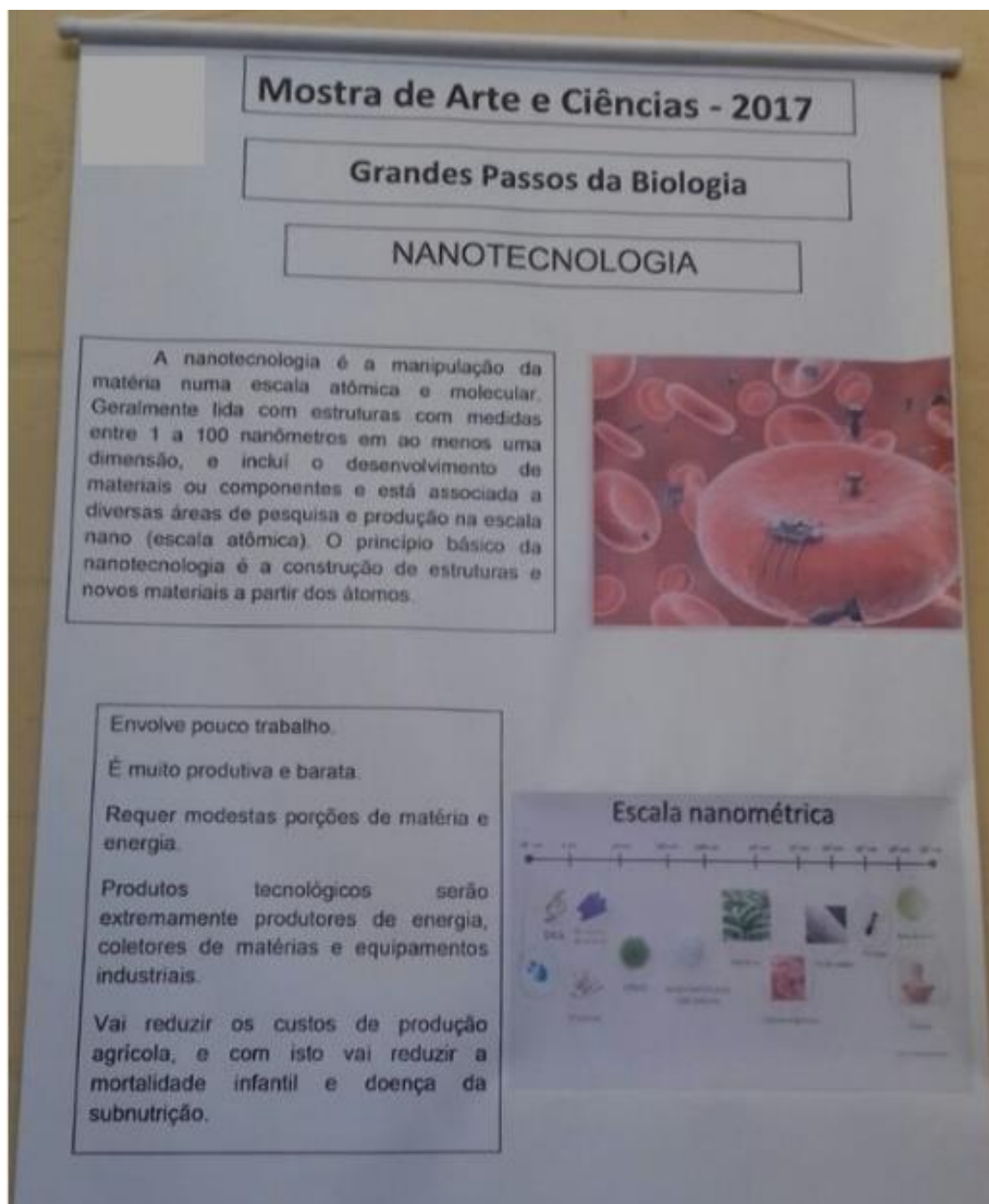
<sup>50</sup> De acordo com Aline e Rosa, a escola em que atuavam não permitiu a presença do pesquisador em suas dependências.

sexto ao nono ano do Ensino Fundamental e que não foi desenvolvida uma sequência de ensino, ela sugeriu o tema N&N para as turmas do 9º ano e os estudantes foram sendo orientados a produzirem material para apresentação na Mostra em momentos das aulas e também em horários extra, uma espécie de tutoria. O desenvolvimento de sequências de ensino foi dificultado por fatores apontados por Aline, como sua crença de que conceitos sobre N&N são mais abstratos para o nível de ensino em que atuava, além do sistema da instituição, que utiliza material próprio, com pouca abertura para abordagens diferenciadas. Por outro lado, isso não impediu pequenas abordagens pontuais ao longo de suas aulas, como no relato abaixo:

**Aline B:** Eu cheguei a comentar em sala, até aquela questão que eu te falei do vídeo do creme dental que eu havia falado e um menino me perguntou “e seu eu colocar isso na pasta de dente?”. Eram as nanopartículas de prata que eu falei, que até foi sobre a visita que nós fizemos no laboratório. Então assim, eu comentei alguma coisa em sala, mas de cobrança em avaliação eu não fiz nada porque, tipo assim, não estava no contexto do material, então fica complicado, mas rendeu bem. Tanto é que ele falou “e se colocasse na pasta de dente?” Eu falei “vamos procurar”, aí achei um vídeo, um pessoal lá de Pernambuco, de odonto, que tava fazendo um experimento nesse sentido. Mas avaliação eu não cheguei a fazer.

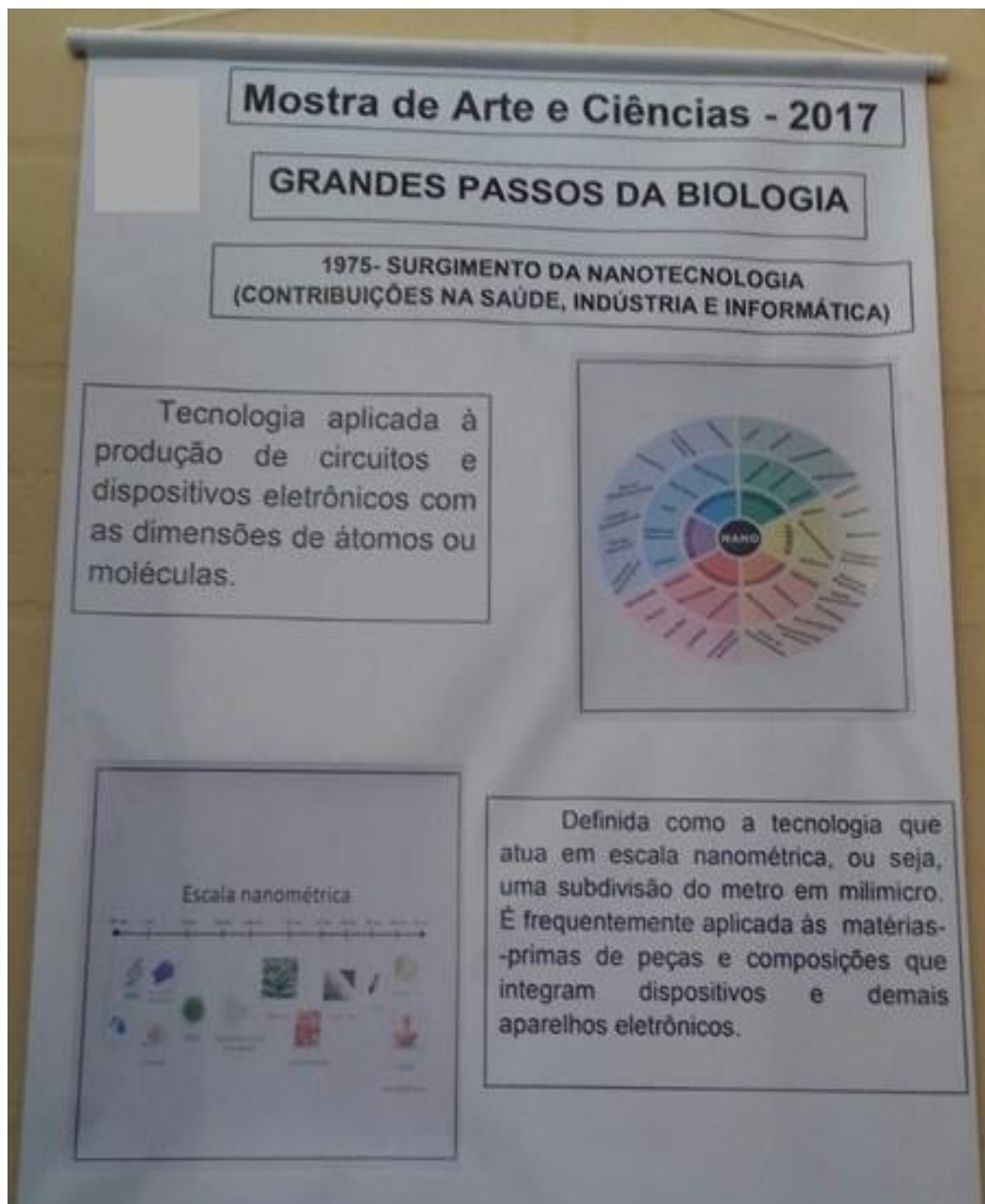
Com relação aos materiais produzidos pelos estudantes, a maioria apresenta conceitos básicos de N&N e várias aplicações, conforme podemos perceber nas figuras a seguir:

Figura 3: Cartaz produzido pelo grupo A, de estudantes do 9º ano sobre N&N.



Fonte: DADOS DE PESQUISA.

Figura 4: Cartaz produzido pelo grupo B, de estudantes do 9º ano sobre N&amp;N.



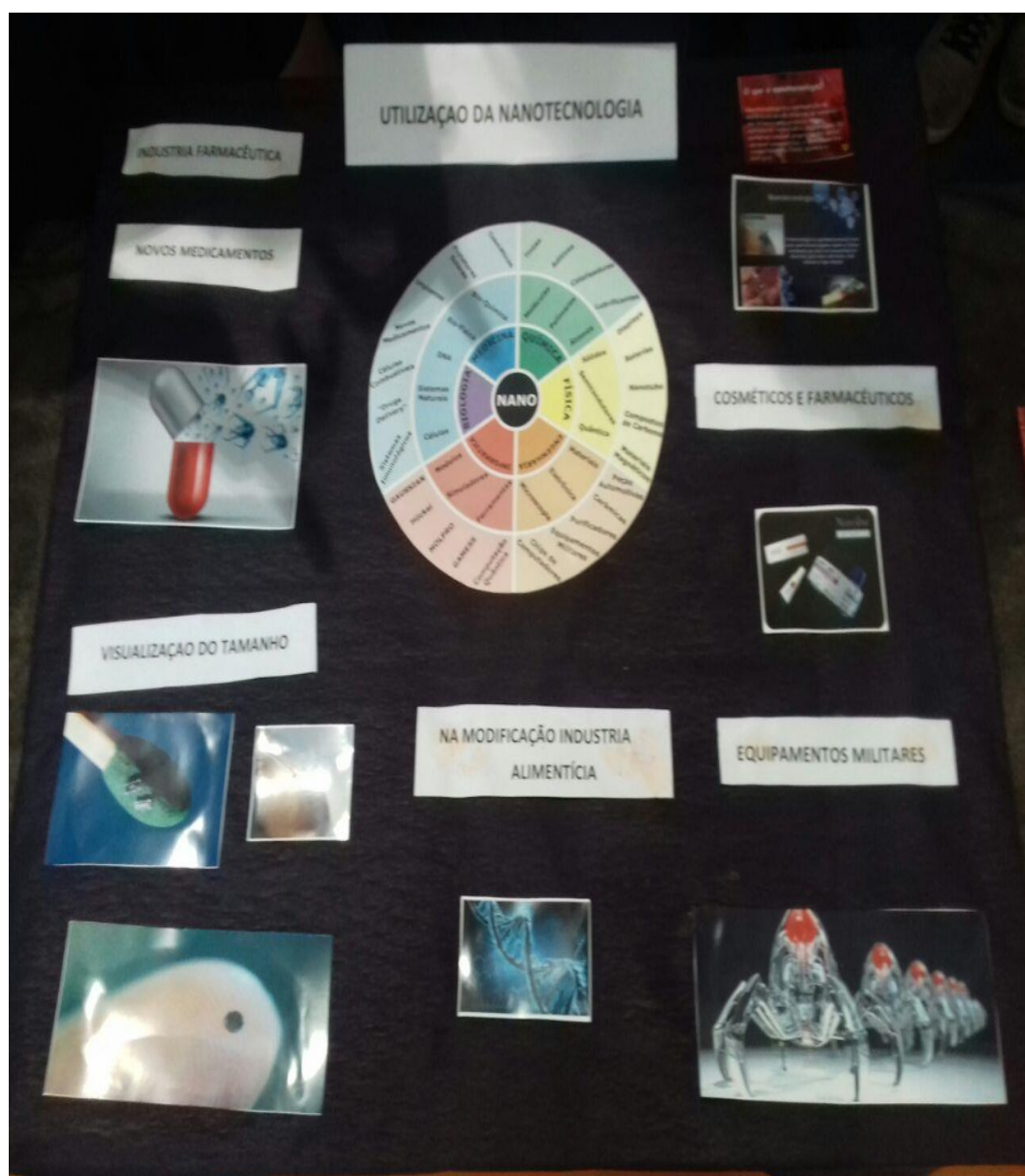
Tecnologia aplicada à produção de circuitos e dispositivos eletrônicos com as dimensões de átomos ou moléculas.



Definida como a tecnologia que atua em escala nanométrica, ou seja, uma subdivisão do metro em milimicro. É frequentemente aplicada às matérias-primas de peças e composições que integram dispositivos e demais aparelhos eletrônicos.

Fonte: DADOS DE PESQUISA.

Figura 5: Cartaz produzido pelo grupo C, de estudantes do 9º ano sobre N&N.



Fonte: DADOS DE PESQUISA.

É interessante perceber que a escala é um fator que aparece nos três cartazes. De fato, esta questão vem marcando fortemente trabalhos que se propõem a discutir o ensino de N&N (TOMA, 2005; SILVA et. al., 2009; GAMA, 2013; ELLWANGER et. al., 2014; FERNANDES, 2016), principalmente no que diz respeito às diferenças na organização atômica e molecular, que podem levar ao surgimento de novas propriedades.

Com a atual publicidade de temas envolvendo nanociência e nanotecnologia, os professores têm que estar preparados para responder perguntas de crianças e adolescentes curiosos. Esses professores, principalmente os de química, precisam saber que a nanotecnologia não é um novo e separado campo de

conhecimento, mas envolve conceitos já dominados por eles como átomos e moléculas, tamanho de partículas, escalas métricas, área superficial específica, adesão, entre outros. O que se tem realmente de novo é a maneira com que átomos e moléculas estão sendo manipulados para criar novas tecnologias, e isso pode ser ensinado dentro de seus padrões de conhecimento (SILVA et. al., 2009, p. 178)

Conforme apontado por Silva et. al. (2009) e ao longo deste trabalho, a mídia vem contribuindo para ampla difusão da N&N, de maneira que atinge desde crianças até adultos em faixas etárias maiores. No que diz respeito às crianças e adolescentes, acreditamos que já na disciplina Ciências é possível abranger assuntos que envolvem N&N, como a própria escala, que é um conceito abordado no âmbito da Matemática neste mesmo nível, o que poderia contribuir para o desenvolvimento de abordagens interdisciplinares. De fato, nos materiais produzidos pelos estudantes de Aline, podemos notar tanto a questão das aplicações (que em nossa leitura pode estar associado à curiosidade dos estudantes e pelo próprio fato das promessas da N&N) como a questão da escala. Vale destacar que os textos produzidos associam à escala nanométrica diretamente com átomos, sendo que da forma como estão escritos não permitem identificar se os estudantes compreendem a diferença da escala atômica para a nanométrica.

Também é possível observar certa multiplicidade de assuntos nos materiais, envolvendo diversas áreas, inclusive os cartazes dos grupos B e C apresentam uma imagem que mostra os mais variados campos de conhecimento abrangidos pela N&N, bem como conceitos associados e aplicações, o que pode sugerir que os estudantes foram estimulados a observar a existência de articulação entre conceitos diversos, contribuindo para uma compreensão mais ampla do assunto. Por outro lado, cabe destacar o papel essencial do professor neste processo, uma vez que somente observar vários conceitos e aplicações não garante que o estudante construirá uma visão mais articulada; portanto, a mediação docente é um importante fator para atingir este objetivo e, trabalhos como este desenvolvidos por Aline podem contribuir para a que os estudantes desenvolvam aprendizagem de forma mais integrada.

De forma geral, o trabalho de Aline foi desenvolvido com o objetivo de dar maior autonomia aos estudantes, que eram responsáveis por pesquisar e produzir o material a ser exposto, sob supervisão da mesma. Por outro lado, as ações tiveram poucas relações com o currículo formal da disciplina Ciências, sendo caracterizadas mais como atividades extra e de formação complementar, no qual não observamos relação explícita com o que estava sendo abordado no âmbito da própria disciplina.



## 6.2 A PRÁTICA DE ROSA

Rosa participou do processo formativo em 2016 e desde o primeiro contato conosco até a finalização da pesquisa atua em escolas públicas estaduais, como professora contratada. Mostrou-se aberta quanto ao acompanhamento das atividades a serem desenvolvidas com os estudantes, porém, também não houve a possibilidade de nossa presença na escola durante o período de desenvolvimento de ações.

Ao contrário de Aline, Rosa inseriu o tema N&N em seu planejamento e desenvolveu uma sequência de ensino no âmbito do tema Soluções, trabalhado no segundo bimestre letivo do ano de 2017 com estudantes do 2º do Ensino Médio. A disciplina de Química contava com duas aulas semanais. As aulas foram desenvolvidas segundo a descrição da própria Rosa, no período de duas semanas (quatro aulas):

**Rosa Q:** Nesse curso de nanociência e nanotecnologia aquele artigo [O que é nanociência e para que serve a nanotecnologia? De Peter Schulz, 2005] me marcou muito e dos vídeos que você trouxe o Matéria de Capa também me marcou muito, porque aquilo ali, realmente retratou o que é nanociência na prática. Então eu vi aquele vídeo e fiquei pensando como chegar com os alunos esse assunto de nanociência e nanotecnologia, eu pensei “vou usar o visual”, aí mostrei a reportagem. De acordo com a reportagem eu até pedi os alunos pra fazer um relatório do que chamou mais atenção, o que eles gostaram e dali eu comecei a trabalhar. Então falei da grandeza, expliquei pra eles que 1 nanômetro é 1 vez 10 elevado a menos 9 metros, aí falei uma coisa que eu gosto muito de acrescentar, a questão da divisão do cubo, você tem o cubo, aí tem uma aresta, aí daquela aresta você diminui ela para uma mesma massa, e a medida que você vai diminuindo a aresta a área vai crescendo, então aquela subdivisão do cubo eu também expliquei pros alunos, falei do efeito Tyndall da luz, em soluções, a gente tem a solução verdadeira e as pseudosoluções. As pseudosoluções são aquelas entre 1 e 100 nanômetros; então nesse momento a luz, você pegar um feixe e atravessa uma solução, você consegue visualizar o direcionamento da luz na solução, porque ali você tá dentro das dimensões da nanociência. Agora se você tem uma solução verdadeira, que ela é menor do que 1 nanômetro, a luz atravessa e a gente não consegue ver a trajetória dela, então eu fui mostrando isso através dessa explicação, do feixe de luz. [...] Eu também falei em sala as aplicações da nanociência, falei na medicina, automobilística, dei exemplo dos cosméticos, no esporte, os tecidos que não amarrotam, que não molham, tem proteção UVA, UVB, essas novas tecnologias, bicicleta mais leve, mais resistente. Então assim, fui trabalhando com eles esses exemplos, quais são as aplicações na área de cosméticos.

Após a sequência (quatro aulas), Rosa aplicou um questionário para avaliar os conceitos e aplicações da N&N que mais marcaram os estudantes. Este questionário continha seis perguntas com caráter dissertativo, que versavam sobre o que eles entendiam como N&N, suas aplicações, a escala envolvida e a divulgação deste tema na mídia. Ao todo 24 estudantes

responderam este questionário, que também foi utilizado por Rosa como uma avaliação bimestral.

No que diz respeito aos conhecimentos sobre N&N, os alunos responderam à pergunta: “Escreva o que você sabe sobre Nanociência e Nanotecnologia”. De maneira geral, as respostas dos estudantes são marcadas pelo componente utilitário e por uma visão progressista da Ciência:

“Uma tecnologia completa que vai além e que fornece muitos benefícios para o ser humano, uma tecnologia muito elevada.” (Aluno A).

“A nanociência e a nanotecnologia são uma coisa positiva, que vai nos ajudar a ter mais facilidade tanto na ciência e também na tecnologia.” (Aluno B)

“A nanociência e a nanotecnologia surgiram para facilitar ainda mais a nossa vida, trazendo inovações e também vai ajudar no tratamento de doenças graves e na descoberta delas. Dessa forma, com todos esses luxos, pessoas terão uma vida melhor e podem até viver mais tempo.” (Aluno F)

“A nanociência e a nanotecnologia estão revolucionando os produtos tecnológicos e medicinais e estão proporcionando grandes avanços e evoluções.” (Aluno C)

Novamente defendemos que o ensino de Ciências deve contribuir para a formação de sujeitos mais críticos e reflexivos e que esta formação deve superar somente a questão utilitária (MILLAR, 2003), que por sua vez representa uma visão reduzida e em muitos casos até equivocada, quando associada à questão progressista e/ou salvacionista (GIL-PÉREZ et. al., 2001; KOSMINSKY; GIORDAN, 2002; CACHAPUZ et. al., 2005; POMBO; LAMBACH, 2017). Ou seja, é importante superar abordagens pautadas somente no “para que serve aprender isso”, pois tal visão configura-se como reducionista e pouco contribui para a formação de indivíduos autônomos.

O ensino de Ciências voltado para o cotidiano do estudante tem a sua importância, pois pode permitir ao indivíduo entender os conceitos científicos apropriados na escola e no mundo em que vive, além de possibilitar o aperfeiçoamento das suas relações de trabalho e consumo. Entretanto, será que esta visão prática utilitária do saber pode contribuir para o indivíduo libertar-se do processo de alienação? A priori parece que tal perspectiva é insuficiente,

pois não permite ao indivíduo ir além daquilo que está posto a ele, dificultando a formação da sua autonomia. (QUEIRÓS et. al., 2013, p. 31)

Percebemos também tentativas de delimitação conceitual por parte de alguns alunos, nas quais há separação entre o que é nanociência e o que é nanotecnologia:

“A nanociência desenvolve inúmeras substâncias para objetos e experiências. A nanotecnologia desenvolve benefícios tecnológicos ao ser humano.” (Aluno D)

“A nanociência é mais usada para misturas e aplicações de objetos que usamos ou até mesmo comemos. Já a nanotecnologia é mais usada para mostrar o que o ser humano mais usa, por exemplo: celulares e computadores.” (Aluno E)

Apesar de alguns equívocos conceituais, percebe-se que o aluno D apresenta a concepção de que a Tecnologia pode ser entendida como Ciência aplicada ou aplicação da Ciência para fins específicos<sup>51</sup>, como por exemplo, materiais que não molham ou cremes antienvelhecimento, produtos que emergem a partir do estudo e compreensão de propriedades de nanomateriais.

Ao serem questionados sobre o que acharam mais relevante ao estudar este assunto, todos os estudantes remeteram às aplicações da N&N, o que entendemos que pode ter sido motivado por aspectos como “novidade”, “extraordinário” ou mesmo a “experiência sensorial”:

“Todos são relevantes, mas o que eu achei mais relevante são os tecidos que se cair líquido não sujam. Exemplo: estamos saindo na correria e cai um líquido que suja, café por exemplo, com a nano isso não irá acontecer.” (Aluno G)

“Foi a parte que o homem colocou o dedo na água e não molhou.” (Aluno H)

“As roupas que não sujam e não amassam e o papel que não molha.” (Aluno G)

---

<sup>51</sup> Essa é uma das principais definições comumente difundidas sobre Tecnologia, inclusive nos dicionários. Pode ser encontrada em: <http://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=tecnologia> – acessado em 28/01/2019.

Percebemos a marca do componente concreto, ligado à finalidade dos produtos advindos da nanotecnologia, sem uma explicação que envolva conceitos científicos como, por exemplo, polaridade e interações intermoleculares, as quais nos auxiliam a compreender a atração ou repulsão entre substâncias, bem como explicam um “produto não se molhar” em contato com a água, conceitos abordados ao longo do vídeo exibido e já estudados por eles no 1º ano do Ensino Médio. Portanto, apesar da grande recorrência a variados aspectos da N&N, o aspecto microscópico, ou seja, os modelos científicos explicativos não são observados nas respostas dos estudantes, o que pode indicar que estes não foram explorados ou então apesar de terem sido explorados não marcaram os estudantes em questão.

Ao serem questionados se concordavam com a divulgação da N&N para a população geral, todos acenaram positivamente, pautados no discurso de que é uma tecnologia que vem trazer benefícios para a população, principalmente em relação à saúde. Não observamos indícios de justificativas ligadas, por exemplo, a uma visão de Ciência enquanto cultura, tampouco que o conhecimento de N&N pode auxiliar as pessoas a desenvolverem senso crítico e tomarem decisões mais conscientes, representadas pelos argumentos cultural, social e democrático (MILLAR, 2003). Entendemos que esses aspectos dificilmente emergiriam a partir da abordagem de Rosa apenas, ou seja, dependem de uma cultura escolar que leve os estudantes a desenvolverem tais visões. Assim, reforça-se mais uma vez a importância da escola e dos professores investirem em ações que transcendam o argumento de utilidade, de maneira a contribuir para a formação de estudantes mais críticos.

Por fim e não menos importante, nenhuma resposta fez alusão às controvérsias ligadas ao assunto, como os pontos positivos e negativos da N&N e de o vídeo apontar tais controvérsias, o que pode indicar que este aspecto não se apresenta como relevante para os estudantes ou também pela própria professora Rosa ao não chamar atenção para tal; caso a primeira hipótese seja válida, reforçamos a crítica desenvolvida no final do parágrafo anterior.

### 6.3 APONTAMENTOS DE ROSA E ALINE SOBRE AS CONTRIBUIÇÕES DO PROCESSO FORMATIVO PARA SUA FORMAÇÃO

Ao voltarmos o olhar para a formação, atuação e desenvolvimento profissional de Aline, em entrevista realizada após o desenvolvimento da Mostra de Artes e Ciência, ao ser questionada sobre o que mais havia chamado sua atenção ao longo do processo formativo, Aline relatou:

**Aline B:** A primeira coisa que me chamou atenção foi o nome, nanotecnologia, eu falei “gente, o que é nanotecnologia”, foi a primeira coisa que me chamou a atenção. E o segundo, [...] é o que eu falo com os meninos, quando eu vou entrar nesse assunto é o que eu falo com eles. Esses dias eu tava falando de escala com eles, por causa da célula, aí eu citei alguns exemplos. Aí eles tão assim “tem que saber isso pra prova?”, “gente, peraí, você tem que saber a escala, o que é nano, micro”, eu vou levá-los no laboratório semana que vem. Então o que me chamou atenção foi o nome, mas no segundo momento saber que o nome é só uma classificação, porque está presente no nosso dia-a-dia, igual eu falo com eles do chip, o tamanho que era o chip [...] Então assim, é saber que esse nome é só uma denominação, porque essa tecnologia já tá no nosso cotidiano, pelo menos da nano. Então a primeira coisa que me chamou atenção foi o nome nanotecnologia. Eu falei “gente, que curso é esse?”. E após, saber que essa tecnologia, aquela revista que eu peguei, os exemplos de roupa que não molham, o tênis que não mancha, tão aí, só que a gente não para pra raciocinar, o que seriam nanopartículas, é a milésima parte, de juntar essas informações. Eu sempre dou esse exemplo em sala, do chip, dessas tecnologias que nós temos hoje em dia [...] ( grifos nossos)

Chama-nos atenção como a escala e as aplicações aparecem fortemente neste depoimento e também nos materiais produzidos pelos estudantes de Aline; dessa forma, a triangulação entre estes dados sugere que Aline vem incorporando contribuições do processo formativo em sua prática profissional, principalmente pelo viés da escala, o que se mostra um potencial caminho para a abordagem de N&N no Ensino Fundamental, além de contribuir para seu desenvolvimento profissional, aqui entendido como um processo, “que pode ser individual ou colectivo, mas que se deve contextualizar no local de trabalho do docente - a escola - e que contribui para o desenvolvimento das suas competências profissionais através de experiências de diferente índole, tanto formais como informais” (MARCELO, 2009, p. 10), evidenciado no depoimento de Aline, onde percebemos elementos de sua prática diretamente relacionados com o processo de formação que ela participou.

Vale a pena ressaltar como o próprio ambiente de atuação pode influenciar na seleção e na forma de abordagem dos conceitos, uma vez que no Ensino Fundamental conceitos como estrutura eletrônica e superfície de contato não possuem papel fundamental para a construção de conceitos científicos pelos estudantes, em contrapartida da escala, que contribui para o desenvolvimento de diversas outras habilidades pelos estudantes, inclusive pode ser um conceito chave para o processo de abstração.

Rosa também apontou algumas contribuições referentes à participação no processo de formação, conforme trechos abaixo, retirados da entrevista:

**Rosa Q:** [...] um artigo que mostrou a miniaturização do relógio, do macro pro micro, ele me marcou muito [...] mostrou a maneira como foi, a história, como encarava ali a coisa do relógio, o relógio grande, de torre, que foi passar pro pulso. Ali tudo, a Física clássica não mudou nada, mas aí quando começa a tratar da propriedade específica de nanociência, aí a gente vê que saiu do macro pro micro e foi pra, a própria nanociência é [o prefixo nano significa]  $10^9$  metros.

Então aquilo me despertou muito, aí começou a trazer a história dos chips, computadores [...] Então aquele artigo me marcou, dali eu falei “nossa, esse assunto é um novo mundo”, onde até certo ponto a física clássica e a física quântica começa a tomar direções próprias da nanociência [...] inclusive com as palestras daqueles professores, aquela professora da Biologia, o professor da Química e teve um da Física que não pôde ir. Então assim, dentro da Biologia, eu via muita coisa na área de saúde, alimentos, ela trouxe assim, muita visão ampla, além da Química, então eu achei que isso foi muito válido [...] Eu acho que contribuiu muito assim, pra reforçar como é importante a gente interligar os conteúdos. Então eu achei muito legal participarem professores da Biologia, no nosso curso não tinha ninguém da Física, achei uma pena. Que cada um traz sua experiência da formação e ali a gente discute, acho que amplia demais [...] E pra mim despertou essa coisa de voltar a estudar. (grifos nossos)

Observamos a emergência de três aspectos na fala de Rosa: as questões conceituais, a interdisciplinaridade e a motivação para formação continuada. Rosa afirma que ainda não tinha contato com a N&N antes de participar do processo de formação e que os primeiros encontros, marcados pelo debate de conceitos, contribuíram para sua aproximação com o assunto e desde então vem estudando mais sobre N&N, inclusive refletindo e desenvolvendo abordagens em suas aulas. Assim como apontado por Aline, Rosa também chama atenção para as questões ligadas a outra possibilidade de abordar a estrutura da matéria e as possibilidades que podem emergir com a N&N nos mais diversos campos de conhecimento. Portanto, conforme apontado por autores como Ekli e Sahin (2010) e Fernandes (2016), também defendemos o desenvolvimento de ações de formações de professores envolvendo N&N, considerando que estes profissionais podem contribuir para a difusão deste assunto para a população.

No que concerne à interdisciplinaridade, Rosa também destaca a importância da ampliação de conhecimentos e do contato com professores de outras áreas e com experiências diversas ao longo do processo formativo, reforçando nossa hipótese de que a formação docente interdisciplinar passa por aspectos conceituais que extrapolam apenas uma área de conhecimento, bem como a questão da coletividade, da alteridade, ou seja, das contribuições coletivas e do outro, o que pode levar à uma mudança de postura e conseqüentemente de ação (FAZENDA, 2011).

Em relação à busca pela formação continuada e ao desenvolvimento profissional, Rosa de fato, desde a participação no processo formativo em 2016, vem se aproximando de outras estratégias de formação, inclusive desenvolvidas pelo nosso grupo de pesquisa o GEEDUQ como o grupo de formação continuada denominado “Nosso Encontro” e participando de processos seletivos para a pós-graduação na área de Ensino de Química. É interessante que a própria professora destaca a participação na iniciativa por nós oferecida como um motivador para a reaproximação com a universidade e para a busca pela formação continuada:

**Pesquisador 1:** Você acredita que a participação nesse curso de 2016 teve um peso forte nesse seu movimento de retorno a universidade?

**Rosa Q:** Muito grande mesmo.

**Pesquisador 1:** Você sentiu abertura lá?

**Rosa Q:** Eu senti abertura e senti um grande interesse de buscar, de voltar mesmo para fazer a pós-graduação. Porque tava aquela coisa assim, aquela comodidade, eu criando filhos, trabalhando, se a gente pensar assim, nunca sobra tempo. Aí esse curso me revigorou.

Assim como Rosa, Aline<sup>52</sup> também vem desenvolvendo uma trajetória semelhante: participando de outras estratégias formativas e buscando a inserção na pós-graduação, mais recentemente, estudando para participar do processo seletivo para o Mestrado Profissional em Ensino de Biologia. Portanto, tais relatos e o próprio contato com as professoras revelam um objetivo não planejado por nós à época do desenvolvimento dos processos formativos: o de envolvimento de docentes com o retorno à Universidade via pós-graduação e a continuidade no desenvolvimento profissional por meio de novos grupos de formação.

### 6.3.1 Avaliação do contato dos estudantes com a N&N

Tendo em vista que somente Rosa desenvolveu ações específicas em suas aulas, apresentaremos trechos da entrevista nos quais ela relata sobre a avaliação das atividades e como ela percebeu o envolvimento dos estudantes. No episódio transcrito a seguir, Rosa destaca o interesse por parte de estudantes “menos participativos”:

**Pesquisador 1:** E como você viu a reação dos alunos com esse assunto?

**Rosa Q:** Então, a partir do vídeo matéria de capa eu perguntei se alguém já tinha ouvido falar sobre nanociência, aí teve um aluno, que inclusive é muito quieto na sala, não participa, ele falou “ah eu conheço os microchips”, começou a falar, ficou todo interessado, na área de Biologia, tratamento pra câncer, teve até alunos que levantaram no caso de serem prejudiciais à saúde, porque hoje em dia assim, acho que isso pode causar um impacto futuramente, mas eu achei legal eles se preocupando como ficaria essa questão de saúde.

**Pesquisador 1:** Isso marcou?

**Rosa Q:** Marcou. E essa questão assim, desses aparelhos eletrônicos mais modernos, aí eu até cheguei a falar com eles, contei a história do, lembrando dos televisores, que era de LCD e passou pra LED, OLED, quando chegou no OLED aquela tela do grafeno, que dá a curvatura e melhora a visibilidade dependendo do ângulo que tá, aí eles começaram a falar dos aparelhos eletrônicos, celulares. Então assim, teve bastante envolvimento.

Além do destaque à participação dos estudantes, possivelmente pelo foco nas aplicações (conforme observado nas respostas dos estudantes analisadas anteriormente), Rosa aponta que

---

<sup>52</sup> Não temos informações atuais sobre os demais participantes dos processos formativos.

os alunos levantaram o ponto de vista dos possíveis riscos, o que se mostra interessante, uma vez que, apesar do apelo às questões de utilidade, o reconhecimento de aspectos controversos pode contribuir para a formação de opinião mais crítica e também para a tomada de decisões mais conscientes, principalmente em relação à N&N, marcada pela divulgação tendenciosa aos aspectos positivos, em detrimento de um equilíbrio entre os dois pontos de vista (NOVO, 2013; DIAS, 2017).

Também questionamos Rosa a respeito da dimensão conceitual e como ela percebeu o entendimento dos estudantes:

**Pesquisador 1:** E a questão conceitual, como você sentiu isso, tanto da parte deles como da sua parte? Por exemplo, quando você foi discutir escala, você acha que eles tiveram dificuldade, quando você vai discutir a questão do átomo, o que é um átomo, o que é uma estrutura nanométrica, o que é um *bulk*, você chegou a fazer essa discussão?

**Rosa Q:** Cheguei. Eu falei pra eles, comparando a Terra em relação a uma bola de futebol, que seria um milhão de vezes menor e essa bola a um grafeno, um milhão de vezes menor também. Aí comentei também da espessura do fio de cabelo, entre 50 e 100 nanômetros, fui mostrando pra eles o quanto é pequeno, e falei também daquela parte teórica que fala do *top down*, de cima pra baixo, você tem lá um material, esse material vira pó e esse material vira nanopartícula; e o *bottom up*, da montagem átomo a átomo e depois forma um aglomerado.

**Pesquisador 1:** Isso ficou claro pra eles? Eles conseguiram trabalhar com essa abstração, com esse modelo?

**Rosa Q:** Poucos, eu notei assim que não ficou tão claro pra eles não, mas eu acho que é uma questão de ir amadurecendo e trabalhando mais esses conceitos.

**Pesquisador 1:** Entendi. Será que isso passa pelo próprio entendimento do átomo? Será que talvez faltava uma compreensão melhor sobre o átomo pra entender quando você fala que átomo a átomo vai se encaixando?

**Rosa Q:** Eu acho que sim.

**Pesquisador 1:** Porque o próprio modelo de Dalton dá conta de falar isso, você pode falar de bolinhas, ir pegando bolinhas e aglomerar elas num sistema maior, que não é um *bulk*, é um sistema nanométrico e isso vai dar propriedades diferentes. Então isso você chegou a falar?

**Rosa Q:** Sim.

**Pesquisador 1:** Mas essa parte você acha que merecia um aprofundamento melhor com eles?

**Rosa Q:** Ah eu acho. Aí vem aquela questão, a gente quer trabalhar, traz muita coisa, mas aquela coisa de ano corrido, você tá lá no meio da matéria e de repente vem as coisas.

**Pesquisador 1:** É uma discussão que amplia muito, ela ultrapassa o próprio conceito que tá ali, você tava falando de soluções, mas ao mesmo tempo podia tá falando de problemas ambientais, falando de toxicidade, de átomo, eletricidade, condução ou não, estrutura, propriedade.

**Rosa Q:** Eu cheguei a comentar também que dentro da nanociência, quando você passa da física clássica pra quântica que a gravidade é desprezível. Mas assim, eu acho que é um assunto que eu ainda posso explorar muito mais, é um campo que os alunos, apesar da imaturidade, dá pra fazer um bom trabalho.

**Pesquisador 1:** Então você acha que é possível explorar mais a nanociência lá no Ensino Médio?

**Rosa Q:** Com certeza. Dentro do primeiro ano trabalhar alotropia, mostrar o carbono, grafite, diamante, falar do fulereno, nanotubos.

Percebemos, analisando o episódio acima, indícios de transposição didática desenvolvida por Rosa, ao usar analogias para discutir a escala, para abordar métodos de produção de materiais em escala nanométrica e em relação à abordagem do conceito de alotropia.



Percebemos, ainda, apontamentos sobre a importância do entendimento do conceito de átomo para a compreensão de alguns aspectos da N&N.

Observamos também possível mobilização de saberes disciplinares, da formação profissional e curriculares (TARDIF, 2014), aliados a saberes construídos ao longo da experiência, narrada por Rosa. Ao pensar nas dificuldades de aprendizagem dos estudantes e em possibilidades de abordagem dos assuntos, nota-se mais claramente a mobilização de saberes da formação profissional e da experiência; indícios de saberes disciplinares se manifestam mais nos trechos em que Rosa aponta os conceitos e aplicações da N&N abordados com os estudantes; associamos a mobilização de saberes curriculares mais ao final do trecho transcrito, onde a mesma aponta outros momentos onde acredita ser possível abordar conceitos de N&N. Por fim, indícios de uma abordagem potencialmente interdisciplinar se revelam quando Rosa relata ter abordado a influência das forças nas escalas macro e nano, o que exige discutir conceitos da Física e da Química.

Defendemos que a compreensão de modelos microscópicos para o átomo pelos estudantes e a experiência do professor em saber transitar entre vários modelos é de extrema importância (MELO; NETO, 2013). Por exemplo, para uma discussão que envolve a compreensão da escala, o próprio modelo de Dalton é suficiente; ao optar por abordar as nanopartículas e suas interações em solução, já se torna necessário lançar mão da natureza elétrica dos átomos, assim como para discutir a natureza condutora ou não condutora exige uma compreensão de aspectos quânticos. Da mesma maneira, ao abordar a questão da liberação controlada de medicamentos, é imprescindível o entendimento de conceitos como polaridade, células e suas organelas, bem como o reconhecimento de processos de interação biológica que ocorrem no organismo humano. Portanto, fica evidente como a compreensão de modelos explicativos auxilia a compreensão de conceitos e aplicações da N&N e como o professor possui papel essencial no processo de transposição de conhecimentos:

A ideia de transposição didática como tarefa do professor está ligada à noção de contextualização [adaptação do conhecimento científico para o contexto escolar, de ensino], ou seja, o planejamento do professor, baseado em atividades de natureza diversa, precisa chegar até os alunos de maneira aceitável e significativa, pois trabalhar a compilação e a construção de conteúdos de maneira formal e sem uma adaptação pode se tornar um risco nos processos de ensino e de aprendizagem. (PISTOIA et. al., 2017, p. 4)

De acordo com os dados expostos, acreditamos que Rosa, principalmente, vem se envolvendo de maneira mais efetiva neste processo de transposição didática da N&N. Além do

estudo, planejamento, desenvolvimento e avaliação de suas ações, Rosa aponta a falta de materiais didáticos que compreendem a N&N, sugerindo que um maior espaço nos livros didáticos por exemplo, poderia contribuir para sua difusão na Educação Básica:

**Rosa Q:** Isso eu acho que deixa a desejar, quem monta os livros devia investir mais nisso também, acho que falta trazer esse assunto. As vezes uma abordagem que tem no livro, se o professor se interessa por isso ele vai divulgar, agora, quem não tem contato acaba não divulgando pro aluno. Então eu acho que se os livros didáticos fossem melhorados daria também [...] E eu acho que poderia ter experimentos de fácil acesso, baixo custo, de maneira que chega fácil na Educação Básica.

De fato, a abordagem de N&N em livros didáticos ainda aparece muito timidamente (SILVA; LOPES, 2016; CAMARA; PROCHNOW, 2016), começando a ganhar força na literatura (LEONEL, 2010; ELWWANGER et. al., 2012; REBELLO et. al., 2012; ALBERTI, 2016). Portanto, defendemos que nos próximos anos este assunto comece a integrar concretamente os currículos de Ciências Naturais, bem como ser incorporado em materiais didáticos.

Nossa percepção sugere que Aline e Rosa vem se envolvendo com o ensino de N&N ainda de maneira mais tímida, mas que revela potencial para trabalhos futuros, principalmente Rosa, que, apesar de um foco mais voltado para as aplicações, vem refletindo a respeito sobre como a N&N pode ser abordada em suas aulas e como a questão conceitual pode ser melhor pensada, articulada e apreendida pelos estudantes.

Quanto à abordagem da N&N em uma perspectiva interdisciplinar, ainda não observamos nos discursos das professoras indícios de tal perspectiva. Acreditamos que este fato pode ser explicado por fatores como: antes de pensar na associação de conceitos e áreas abrangidas pela N&N, é preciso construir conhecimentos mais sólidos a respeito das diversas áreas e este é um processo que vem sendo desenvolvido pelas professoras; a abordagem de aplicações sem aprofundar em questões específicas de conteúdo não necessariamente exige a integração de conceitos; as professoras podem apresentar dificuldades em atuar de maneira interdisciplinar, ou mesmo não valorizar esta perspectiva em suas práticas. Acreditamos que as duas últimas hipóteses possuem menor influência no caso específico de Aline e Rosa e discutiremos na sequência o envolvimento das duas professoras com a interdisciplinaridade nas diferentes modalidades apontadas por Lenoir (2013), considerando a trajetória de vida de ambas.

#### 6.4 A TRAJETÓRIA DE VIDA DAS PROFESSORAS E A FORMAÇÃO INTERDISCIPLINAR

Retomando as modalidades de interdisciplinaridade definidas por Lenoir (2013) (prática, profissional, escolar e científica), realizamos entrevistas com Aline e Rosa no início de 2018 com o intuito de, além de verificar como elas vem abordando a N&N em suas aulas, entender como vem se dando a relação com a interdisciplinaridade ao longo da vida (desde a infância até o exercício profissional), uma vez que consideramos que todas as modalidades supracitadas podem influenciar a trajetória de quem se dedica à docência, explícita ou tacitamente.

Dessa forma, as entrevistas foram marcadas pelo acesso às memórias das professoras, desde a infância até os dias atuais, de maneira que as mesmas foram estimuladas a pensar sobre como a interdisciplinaridade vem permeando a vida de cada uma delas. No que diz respeito à infância e às experiências enquanto estudantes da Educação Básica, ambas apontaram que não se lembram de estímulos por parte de familiares, tampouco pela educação escolar, mas sempre foram movidas por uma curiosidade, conforme nos trechos a seguir:

**Aline B:** Eu lembro assim, se você me perguntar “quantos anos você tinha Aline?”, eu não vou saber precisar. Mas eu ficava assim “gente, a gente nasce, cresce, morre, e aí?”. Aqueles, procurando respostas. Em determinado momento eu me pegava pensando assim “será que é só aqui que tem vida? A Aline, o pai, a mãe, a família. Será que não tem nenhum outro lugar na face da terra”, e a minha família muito católica, eu ficava assim “Deus, ele criou a gente só aqui? Não tem mais nada? Então a trajetória é essa? Deus criou, nasceu, cresceu, morreu. E aí?” Em outros momentos eu ficava pensando, uma coisa boba, eu ficava assim “gente, o que é o pum? Por que a gente solta pum? Por que eu tenho a urina e as fezes?”. Então assim, eu me pegava pensando e não tinha resposta. Com o tempo você vai estudando e vão surgindo novas perguntas e quando chegou na oitava série que é o nono ano hoje, que eu tive a disciplina de Química, Física e Biologia separado, aí eu me identifiquei com a professora. Aliás, era uma professora só para os 3 conteúdos. Eu me identifiquei e falei “gente, talvez seja aqui que eu tenho as respostas de tudo que eu tinha em mente”, que eu me perguntava e ninguém me dava resposta. Aí eu lembro que as primeiras perguntas ela sempre me respondeu e por fim eu fiquei sendo aquela aluna chata “nossa, lá vem a Aline”.

**Rosa Q:** [...] sempre fui muito curiosa, lia muita coisa, sempre tava lendo alguma coisa. Mas na parte da minha família não tinha muito incentivo, até porque os meus pais não tinham muito estudo, então isso vinha de mim mesmo.

Muito provavelmente na época lembrada nos depoimentos não era claro para ambas que as curiosidades e questionamentos possuíam certo caráter interdisciplinar, principalmente pelos momentos que antecedem o contato com a disciplinarização na escola. Ou seja, os questionamentos das crianças, principalmente, mostram potencial interdisciplinar, o que revela

indícios da interdisciplinaridade prática (LENOIR, 2013), que está ligada aos conhecimentos produzidos por meio de situações do dia-a-dia. Nos parece importante ressaltar que neste caso questões subjetivas e do próprio ambiente de desenvolvimento do indivíduo podem influenciar fortemente o desenvolvimento do “espírito de curiosidade” e o desenvolvimento pessoal interdisciplinar, os quais esta pesquisa não possui ferramentas para investigar e nem objetiva discorrer, pois por si só já representa um amplo campo de estudos.

Ao analisar a organização curricular vivenciada na Educação Básica, ambas as professoras apontam para a fragmentação de conteúdos, sem um movimento de articulação, em direção a uma formação interdisciplinar, conforme exemplificado por Aline no trecho abaixo:

**Pesquisador 1:** E na escola? No Fundamental, no Médio? Era muito fragmentado? As disciplinas, você via diálogo, uma tentativa de articulação entre os conhecimentos para a formação dos alunos?

**Aline B:** Não. Eu me lembro muito bem da Brígida, a tia Aparecida, que tinham as famosas régua, era muita cobrança, pouco didático, aquela coisa de decorar. A princípio não tem nexos pra gente, mas você tem que saber aquela fórmula, você tem que fazer daquele jeito.

**Pesquisador 1:** Mas você não via um movimento da escola de forma geral para articular?

**Aline B:** Em nenhum momento.

Vale a pena destacar que no Ensino Médio, ambas trilharam caminhos semelhantes, investindo em uma formação mais técnica, muito comum até o final da década de 1990 no Brasil. Aline concluiu o curso Técnico em Química em conjunto com o Ensino Médio, enquanto Rosa iniciou o curso Técnico em Informática, mas não concluiu, optando por voltar ao Ensino Médio Regular.

A partir da conclusão do Ensino Médio, as trajetórias de Aline e Rosa tomaram rumos diferentes: Rosa foi cursar Pedagogia e posteriormente Química e Aline foi atuar na indústria como técnica em Química e posteriormente foi cursar Ciências Biológicas. A experiência na indústria, segundo Aline, em alguns momentos contribuiu para ampliar sua formação, no sentido da perspectiva interdisciplinar, uma vez que, além do conhecimento técnico (específico em Química) que ela necessitava aplicar, foi possível ter contato com outros setores da indústria, do processo de produção, enfim, abrindo as possibilidades para uma visão mais geral sobre a área em que estava atuando:

**Aline B:** [...] quando eu trabalhei na Mercedes então, foi muito nítido, porque aí tinha a parte do almoxarifado, que eles recebiam o produto, a matéria-prima, fazia o registro, aquela parte toda, eu lembro que era o pessoal do comércio exterior que trabalhava lá, aí a parte administrativa. Quer dizer, o nosso produto era um, mas eu via ali desde quando chegava a matéria-prima, ia pra produção, passava pela qualidade, que a gente tinha que avaliar, aquela coisa toda; e ali já chegava pra mim o produto, quer dizer, a tinta que o fulano recebeu, o material plástico que o fulano recebeu, o componente que vinha não sei de onde, eu recebia ali o produto, e depois a expedição. Eu me lembro que uma vez eles chegaram

e falaram “ah, porque esse carro não vai poder ser vendido nos Estados Unidos, só no México, aí você vê a dimensão. Eu falei “gente, o carro sai daqui e vai pro México e não vai pros Estados Unidos”, aí eu perguntei “por que?”, “ah, por causa da temperatura, [...] o tipo de plástico que a gente trabalhava lá, a essa temperatura ele degrada, a cola começa a soltar”, eu falei “olha que interessante, a gente recebe ali o pote de cola e não tem noção”, colou, ótimo, manda pra venda. Aí eu lembro que foi feita uma alteração, mudaram o fornecedor aí depois os Estados Unidos começaram a aceitar o carro. E eu fazia um teste que chamava cataplasma, que era justamente esse, pegar a tampa traseira, pegar o alicate e puxar pra ver como estava a aderência da tinta, ela não podia sair nem de um lado nem do outro, ela tinha que sair igual. Aí você começa “ah, então é por isso que não pode ir pros Estados Unidos. Essa cola vai sair aqui, ali, solta, é item de segurança e tal”.

Neste trecho, Aline associa a experiência vivenciada com a superação do pensamento disciplinar, muito forte no processo de produção no qual ela teve contato, ainda desvinculado da docência, uma vez que no referido momento Aline ainda não cursava a Licenciatura e não pretendia ser professora. De fato, a docência não era a principal opção de Aline e Rosa, que ao longo das entrevistas revelaram que não tinham este objetivo anteriormente. Aline revelou ainda que muito se identificava com o laboratório e que seu objetivo era desenvolver toda a carreira nesse ambiente:

**Aline B:** [...] pra mim professora era aquela ideia, você tem que nascer, embora assim, eu sempre gostei de estudar, mas não me via na frente de uma sala de aula, porque pra mim eu ia ser pesquisadora, eu ia ficar trancada num laboratório, aquele estereótipo, sem convívio com a sociedade, eu sou a cientista maluca e só isso que eu sei fazer. [...] Eu lembro que teve uma empresa que eu trabalhei de cosméticos e quando chegava um estagiário ou funcionário novo, o rapaz sempre falava comigo “Aline, vou deixar pra você treinar”. E uma vez uma menina falou comigo: Aline, você tem jeito de professora, você vem e explica de uma forma tão fácil, tão rápido, a gente pega.” E eu ficava assim, gente, eu não me via dessa forma. “Por que você não pensa em ser professora?”, eu falei “jamais, meu mundo é isso aqui, vidraria, laboratório, meu mundo é esse daqui”, ela falou “mas Aline, você tem jeito pra ser professora, você explica de uma forma que a gente pega tão rápido, que a gente não precisa ficar decorando”. Nunca foi meu sonho. (grifos nossos)

Dessa maneira, é interessante perceber que o contato de Aline e Rosa com a profissão docente emerge após outras experiências profissionais, as quais não tinham ligação específica com a docência, ou seja, a docência não foi a primeira opção de ambas. A baixa procura pela carreira docente é evidenciada em trabalhos como o de Almeida et. al. (2014), sendo que os principais motivos que contribuem para este cenário estão ligados à ausência de identificação pessoal com a profissão, às condições sociais e financeiras, à própria experiência escolar e à influência familiar. Adicionalmente, outras pesquisas revelam que boa parte dos ingressantes das licenciaturas optam pela modalidade pelo fato de gostarem da área (Física, Química, Ciências Biológicas) (ANDRADE; OLIVEIRA, 2012) ou pela docência no ensino superior (SANTOS et. al., 2014), o que aponta para a necessidade e importância de políticas de valorização da docência na Educação Básica.

Investigando mais profundamente como se deu o contato de Aline e Rosa com a docência, podemos perceber que a experiência com o ambiente escolar durante a graduação foi interessante para ambas e contribuiu principalmente para Aline (que até então cursava Ciências Biológicas com o objetivo de continuar trabalhando com pesquisas em laboratório) mudar sua concepção acerca da docência e começar a se encontrar nesta profissão:

**Aline B:** [...] comecei a fazer o curso superior, a graduação, aí nesse meio tempo eu queria fazer estágio, eu voltei pra Embrapa, aí já fiz um estágio totalmente diferente, a nível superior, trabalhei com reprodução, passei em alguns laboratórios, passei no de genética também. Aí pronto, ali minha mente abriu. Aí eu me lembro que o meu curso era licenciatura, mas eu não queria dar aula [...] nos dois últimos períodos eu tive didática, eu tive que fazer estágio na escola, fui amarrada, porque eu não queria de jeito nenhum, eu não via relação do que eu fazia no laboratório com a sala de aula [...] Meu estágio era sexta-feira à noite, numa escola pública, totalmente assim, lotada de problemas. Aí um belo dia nós chegamos, a diretora tava trancada na sala em prantos, porque um aluno chegou drogado, e era uma característica da comunidade ali, muitos jovens com envolvimento com drogas, e ele tinha quebrado a escola toda, bebedouro, corredor e tal, e como ele era do bairro e a diretora também, a diretora tava sem jeito de comunicar os órgãos competentes, no caso chamar a polícia, o juizado, porque ela conhecia a mãe, a família inteira. E aquilo ali me chamou a atenção, eu falei “gente, mas como assim? Não pode ser assim”. Aí nós começamos a nos envolver, eu e a minha amiga, fizemos um projeto pra trabalhar com esse menino, essa turma de forma diferente. Ali, pronto, um ano, dois semestres vendo a educação de uma outra forma [...] Aí nesse acontecimento no estágio, dentro da escola, no ano seguinte formei, precisava trabalhar, aí não tinha estágio mais, não tinha vínculo empregatício, eu falei “vou dar aula”. Eu era secretária durante o dia, entregava exame radiológico e a noite eu ia dar aula. E aí começou, no ano seguinte eu tava com um cargo, trabalhando com EJA, trabalhando em Ciências no nono ano, aí eu me vi e falei “gente, eu não posso ser aquela professora”, que o aluno chega, pergunta “ah, vai procurar alguma coisa pra fazer”. Aí, pronto. Eu acho que foi muito da minha vivência de querer passar pro outro aquilo que eu não tive. Aí já vai fazer 12 anos.

**Rosa Q:** [...] surgiu a oportunidade de começar a dar aula. Aí o meu primeiro contato com a sala de aula foi até com a Matemática. Aí eu dei aula de Matemática pra uma turma de sexto e sétimo ano, gostei. Aí logo no meio do meu curso eu comecei a ir pra sala de aula, aí comecei a realmente trabalhar com a Química e foi me despertando, eu gostei, eu fui me sentindo realizada, porque fui assim, descobrindo a Ciência na área que eu gostava, na área de exatas. Lógico que sofri nos cálculos, nas físicas, na própria química, é um curso difícil, mas eu consegui vencer e aí continuei a dar aula, fiquei na sala de aula.

Assim, percebemos que a opção pela docência - no caso de Aline e Rosa - parece ter sido pouco influenciada pela trajetória anterior à graduação, como por exemplo a inspiração em professores antigos, influência familiar ou mesmo o gosto pela profissão (LOPES; SILVA JÚNIOR, 2014), sendo fortemente marcada pelo contato na prática e o sentimento de satisfação pessoal. Questionamos também se em algum momento Aline e Rosa pensaram em desistir da profissão e elas foram categóricas ao afirmar que não, além de cada vez mais terem interesse em participar de iniciativas de formação continuada e cursarem mestrado e doutorado na área de ensino.

Avançando na análise sobre o contato das professoras com a interdisciplinaridade ao longo da formação e exercício profissional, ao serem questionadas sobre as contribuições da graduação para a formação interdisciplinar, ambos discursos apontam que vivenciaram ambientes marcados pela fragmentação entre as áreas e conteúdos:

**Pesquisador 1:** Você falou um pouco de quando você entrou no curso, que você se encontrou, que viu que tava gostando mesmo, porque você tava estudando Matemática que você gostava, estudava um pouco de Física. Ao longo da graduação, você viu articulação entre esses conhecimentos?

**Rosa Q:** O que eu percebia de quando eu formei pra agora, eu via que era tudo muito separado, não tinha esse conjunto, essa coisa interdisciplinar, eu via tudo muito isolado mesmo [...] Acho que hoje tem a oportunidade de ter um curso de Química com esse gancho, dessa visão das disciplinas interagindo o tempo todo, sai muito mais bagagem.

**Pesquisador 1:** Na graduação você teve esse estímulo, de olhar as coisas de maneira mais articulada, buscar relação?

**Aline B:** Não, era tudo muito corrido.

**Pesquisador 1:** Porque você falou que as Ciências Biológicas têm Química, tem Física, vê um pouquinho de Matemática.

**Aline B:** É, a gente tinha as disciplinas, nós tivemos uma vez um trabalho que fomos fazer sobre a parte hídrica de uma determinada região, aí que levou a pensar “peraí, a gente vai trabalhar a parte hídrica”, aí a partir daí o professor pegou um gancho. Tivemos um professor de microbiologia que pediu um trabalho sobre ação do microorganismos, alguma coisa assim; aí ele foi tratando com a gente, por exemplo, a questão da acne, das espinhas, uma abordagem diferente, mais abrangente do que “a bactéria causa doença, o vírus é assim”. Tive aula de botânica, que era botânica econômica, essa questão dos grãos, a soja, o milho, o que é o carro-chefe do Brasil, o que isso influencia na Biologia. Aí eu lembro que nós paramos lá na Monsanto, a gente começou a falar de agrotóxico, de melhoria genética, que na época era assim, coisa do futuro, hoje é tudo transgênico. Então assim, alguns conteúdos sim, nós tivemos esse link, de fazer esse gancho com os conteúdos.

**Pesquisador 1:** Mas isso não era uma coisa posta, clara assim?

**Aline B:** Pontual do professor.

De acordo com os depoimentos, percebemos que Aline teve maiores oportunidades de vivenciar espaços de formação menos fragmentados, mas ainda de forma pontual, dependendo da abordagem de poucos professores e não como um objetivo do curso. De fato, apesar das orientações curriculares para a Educação Básica já indicarem o desenvolvimento de abordagens interdisciplinares, movimentos pela reformulação dos currículos das licenciaturas no sentido de formação interdisciplinar aparecem timidamente na década de 2000 (BRASIL, 2001), porém, ganham força apenas recentemente (BRASIL, 2015) e, como sugerido anteriormente, apesar de pesquisas indicando a importância da formação interdisciplinar desde as décadas anteriores (FAZENDA, 2011), as licenciaturas encontravam-se (e ainda se encontram) em processo de separação dos bacharelados e de estabelecimento de suas próprias identidades, processo intensificado na década de 2000. Portanto, no que diz respeito à formação profissional, ambas

professoras não vivenciaram espaços de formação onde a interdisciplinaridade foi fomentada, de forma explícita.

Com isso, o contato com a interdisciplinaridade de Rosa e Aline (assim como de boa parte dos professores em exercício atualmente (AUGUSTO et. al., 2007; SILVA, 2014) vem ocorrendo mais fortemente ao longo do exercício profissional e da formação continuada.

**Rosa Q:** Ah, não tem como a gente ficar naquela educação antiga, disciplinas muito isoladas. Hoje em dia eu vejo tudo bem contextualizado, sempre fazendo ligações da Matemática, da Física, da Química, da Biologia. Hoje eu acho que é impossível a gente pensar isolado, tem que pensar interdisciplinarmente.

**Pesquisador 1:** E como essa questão interdisciplinar veio sendo incorporada no seu modo de pensar? Você falou que não foi estimulada lá atrás.

**Rosa Q:** Não.

**Pesquisador 1:** Você começou a atuar e provavelmente não pensava muito nisso e hoje você fala que é praticamente impossível não fazer. E em que momento você atribui isso começar a aparecer? Ou se não tem um momento, mas assim, tem indícios de quando você começou a refletir sobre isso?

**Rosa Q:** Ah, isso nesses quase 20 anos em sala de aula, digamos assim, começou essa mudança em mim talvez há uns 10 anos atrás e ela foi progressiva, foi aumentando. E, me incomodava sala de professor, aquela conversinha sempre denegrindo a imagem do aluno, falando de coisas, aquele ambiente me incomodava, e dentro da sala de aula, a própria Físico-Química explicando um assunto, então eu ia com muita facilidade na Matemática, as vezes um aluno pedia pra tirar dúvida de Física, eu falava “gente, vamo perguntar, tirar dúvida”, eles sabiam que eu tinha essa facilidade com cálculo. Então assim, eu fui vendo que isso fazia parte de mim; quando eu dei por si, já estava no caminho.

**Pesquisador 1:** Então você acha que a própria organização curricular da disciplina foi te exigindo um pouco essa visão mais ampla das coisas?

**Rosa Q:** foi. De maneira bem devagar, mas sim.

**Pesquisador 1:** Hoje você já pensa isso de uma maneira bem mais?

**Rosa Q:** Ah, com certeza. Hoje em dia é impossível pensar isoladamente.

**Pesquisador 1:** E quando isso chegou na escola? [...] você escutava falar disso? Contextualização, interdisciplinaridade.

**Rosa Q:** Sim, isso chegava, só que o público de professores era bem resistente, não gostavam de fazer reuniões de módulo, o módulo 2 é recente, eu digo aquelas reuniões pedagógicas. Então as vezes reunia por área, mas na verdade os professores, a grande maioria ficava conversando coisas que não tinha nada a ver. Mas, com o tempo, essas propostas, eu fui me envolvendo, interessando. E hoje em dia a gente tem público voltado pra isso, eu acho que a própria formação agora tá mais envolvida com isso. Então assim, eu vejo hoje em dia que o público tá mais adepto a isso.

De acordo com este episódio, não é possível inferir se Rosa vem se envolvendo com a interdisciplinaridade pela perspectiva escolar, ou seja, refletindo sobre os objetivos, finalidades, objetos (LENOIR, 1998) por meio de diálogos e reflexões envolvendo teoria e prática. Por outro lado, nos parece haver forte impacto da interdisciplinaridade profissional, devido ao fato da mesma emergir no próprio cotidiano de atuação desta docente. Aline também relata em vários momentos na entrevista que seu contato com a interdisciplinaridade vem ocorrendo de forma mais efetiva ao longo do exercício profissional, também tecendo as mesmas críticas de Rosa com relação às resistências de boa parte dos professores com o envolvimento e



desenvolvimento de práticas interdisciplinares na escola. Aline inclusive destaca algumas experiências vivenciadas na sala de aula, como no trecho apresentado abaixo:

**Pesquisador 1:** E aí você chega na escola e começa a aparecer esses termos né, contextualização, interdisciplinaridade. Você tinha ouvido falar disso quando você chegou na escola?

**Aline B:** Mas é o que você falou no curso né, falar todo mundo fala, mas o significado e a prática é totalmente diferente, as vezes a pessoa não tem nem noção do que seja. Esses dias mesmo aconteceu, foi sexta-feira passada, eu trabalhei um texto com os meninos, eu tava falando sobre células. Eu trabalhei um texto que fala sobre relação da bebida alcoólica e o câncer, aí eles olharam “Aline, a professora de Português também ta trabalhando esse tema”, “ah, mas o professor de História também falou sobre isso”, eu falei “sobre o que?”, “sobre bebida”, eu falei “ótimo, e aí? Por que eu to falando de bebida e câncer se eu to explicando sobre célula?”. Eu sei que no final que a gente discutiu, eu abri o site do INCA [Instituto Nacional de Câncer], pra falar como é a formação da célula cancerosa, que eu tinha falado “a célula tem essa programação, se ela muda a programação e vai criar um tumor”, eu falei de forma geral. Aí eu abri hoje o site do INCA e mostrei pra eles, aí tinha umas fotos e tal. Eu falei “ta igual o Português e a História?”, “não”, eu falei “na verdade é o mesmo tema, mas com abordagem um pouco diferente” [...]

De acordo com a entrevista e nosso contato com Aline desde 2015, percebemos que sua prática é marcada pela dinamicidade e por procurar flexibilizar as abordagens, buscando ampliar as perspectivas formativas para seus estudantes. Assim como no caso de Rosa, percebemos a marca da interdisciplinaridade durante a atuação profissional no discurso de Aline e possivelmente em sua prática. Rosa relata que as feiras de Ciências possibilitam o desenvolvimento de práticas interdisciplinares:

**Pesquisador 1:** E teve algum momento dessa sua atuação, das suas aulas, que você desenvolveu ou participou de algum projeto ou alguma ação de formação você percebeu que a interdisciplinaridade tava muito clara, como intencionalidade pedagógica pra trabalhar com os alunos? Teve algum momento que você viu isso muito claro e te marcou?

**Rosa Q:** Teve sim.

**Pesquisador 1:** Alguma feira ou bimestre em que foi pensado um planejamento mais coletivo?

**Rosa Q:** Então, você falou em feira, eu já ia comentar também, eu sempre gostei muito de experimentos. Então eu sempre incentivava os alunos a fazerem feira de ciência com experimentos de química, física, biologia, e eu via as vezes professores da área de ciências, pensava, fazia experimento só de física, experimento só de biologia e eu falava “gente, mas ta tudo ligado”. Então assim, eu deixava um leque, não precisava ser só química, eu explicava pra eles que tudo ta ligado, uma disciplina dá suporte na outra, tudo ta envolvido, então eu percebi isso muito claro nessas feiras de ciências e os alunos traziam experimentos ótimos. As vezes alunos que a gente não dava nada, achava que era, tava ali só por estar, porque hoje em dia em sala de aula a gente tem vários públicos, tem aquelas que estão ali só para terem o diploma porque vão trabalhar em supermercado ou então porque o patrão tá exigindo, e tem aquelas que realmente querem continuar os estudos, ingressar numa universidade. Então eu realmente via isso, os experimentos, a maneira de encarar a Ciência, de experimentar, de fazer, eu via isso muito claro nos alunos.

O desenvolvimento de práticas docentes na perspectiva interdisciplinar, conforme defendemos ao longo deste trabalho, pressupõe a existência de espaços formativos nos quais os

professores tenham a oportunidade de conhecer a Ciência como um campo de conhecimento interdisciplinar, de refletir sobre a abordagem da Ciência em uma perspectiva interdisciplinar, propor, desenvolver e avaliar ações educativas interdisciplinares, além da mobilização de diversos saberes que compõem a profissão docente.

Percebemos, durante as entrevistas, que o contato com a interdisciplinaridade vem ocorrendo principalmente ao longo da atuação e formação continuada, principalmente na perspectiva escolar, revelando percursos de formação acadêmico-profissional ainda pouco ligados à formação interdisciplinar e para atuação interdisciplinar, cenário que acreditamos ser marcante ainda hoje nas licenciaturas de forma geral.

Adicionalmente, nos momentos em que se referiam à participação no processo de formação focalizado nesta pesquisa, ambas professoras identificaram características interdisciplinares dos processos e, mesmo tendo contato com conceitos de outras áreas (que podem gerar dificuldades em conteúdo por parte das mesmas), este aspecto foi valorizado, principalmente por Rosa.

Atualmente há maior aproximação das licenciaturas com a formação interdisciplinar do professor, visto as mudanças curriculares ocorrendo no momento em todo o país, caracterizadas não somente pela inclusão de novas disciplinas de cunho específico (que ultrapassam a própria área abrangida pelo curso) e pedagógicas, mas pela maior articulação entre as mesmas ao longo do percurso formativo dos futuros professores. Adicionalmente, no Brasil já existem licenciaturas interdisciplinares, como é o caso das licenciaturas em Ciências da Natureza<sup>53</sup>, tanto para atuação em zona urbana, como em zona rural, por exemplo. Ainda que de forma embrionária, começam a surgir vários cursos com tal característica (SILVA, 2014; SANTOS; VALEIRAS, 2014; REIS, 2016), começando a dar suporte para avanço na compreensão do que é formar um professor na perspectiva interdisciplinar e de como desenvolver ações que contemplem esta perspectiva

As primeiras tentativas de concepção e operacionalização de abordagens pedagógicas interdisciplinares no ensino das ciências da natureza circunscreviam-se a pequenos tópicos de integração entre duas ou mais áreas de conhecimento. Tais iniciativas sempre foram programadas para não interferirem na estrutura curricular, sendo portanto concebidas como acessórias à organização conceitual em andamento. Mesmo limitadas, em termos de extensão curricular, essas iniciativas serviram de base para propostas mais ambiciosas, com interferências na estrutura curricular em diferentes graus de extensão e profundidade. O resultado de tudo isso é que

---

<sup>53</sup> <http://emec.mec.gov.br/> - acessado em 13/01/2019. Nessa página podem ser encontradas informações mais detalhadas a respeito das instituições de ensino superior e dos cursos oferecidos.

supostamente estamos preparados para uma intervenção mais ambiciosa na estrutura curricular de cursos de formação de professores de ciências, com vistas a uma abordagem pedagógica radicalmente interdisciplinar. (SANTOS; VALEIRAS, 2014, p. 2504-3)

Assim, acreditamos que a iniciativa aqui descrita e analisada encontra-se neste conjunto de ações de formação que começam a abrir caminho a implementação de projetos interdisciplinares voltados para a formação de professores, dadas as características elucidadas ao longo deste texto. O estabelecimento de relações entre as modalidades de interdisciplinaridade apontadas por Lenoir (2013) e os saberes docentes (TARDIF, 2014) também revela grande potencial, uma vez que traz novas perspectivas para a formação de professores, principalmente por permitir, a partir do perfil docente que se deseja formar, planejar percursos formativos mais interligados com a atuação profissional interdisciplinar.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi movido pelo objetivo de analisar como processos de formação continuada para professores da área de Ciências Naturais, estruturado na reflexão sobre a N&N - assunto que em nosso entendimento exige enfoque interdisciplinar - podem ter contribuído no sentido de formação para atuação interdisciplinar, buscando alinhar-se às orientações vigentes no país (BRASIL, 2015), no âmbito da formação continuada. Fundamentados nos Saberes Docentes definidos por Tardif (2014) e as modalidades de interdisciplinaridade a partir de Lenoir (2013), levantamos a hipótese de que, ao se pensar ações de formação de professores na perspectiva interdisciplinar, estamos circunscritos à interdisciplinaridade profissional, que deve compreender as demais modalidades de interdisciplinaridade (principalmente a escolar e a científica), articuladas a ações que fomentem a construção/reconstrução dos saberes disciplinar, curricular, da formação profissional e da experiência.

Assim, caracterizamos inicialmente os processos formativos (desenvolvidos no formato de curso com 13 encontros semanais, desenvolvidos ao longo do primeiro semestre dos anos de 2015 e 2016), e entendemos que a lógica de organização dos encontros e a perspectiva adotada no que diz respeito à formação crítico-reflexiva de professores, fomentando maior participação e protagonismo dos participantes nos encontros contribuíram para a construção do que denominamos ambiente interdisciplinar de formação, com as seguintes características: a expectativa criada pelos participantes, a partir da divulgação que chamava atenção para a N&N como um assunto a ser abordado na perspectiva interdisciplinar; a aplicação de um questionário prévio contendo os temas referentes ao curso, o que em nosso ponto de vista contribuiu para gerar abertura por parte dos sujeitos para pensar sobre interdisciplinaridade; o perfil de formação e atuação diversificado dos participantes, uma vez que contamos com professores com formação em Biologia, Física e Química, que atuavam nas respectivas disciplinas e alguns lecionavam Ciências no Ensino Fundamental; o contato com pesquisadores com formação e atuação em áreas diferentes na N&N, que contribuíram para o estudo de inúmeros conceitos sobre N&N e que também reforçaram a característica interdisciplinar desse assunto, mesmo tendo foco disciplinar em boa parte dos encontros com a participação dos pesquisadores; o estímulo ao debate envolvendo a interdisciplinaridade ao longo dos encontros, trazendo à tona o contexto e as experiências dos docentes, bem como relacionando-as com as questões teóricas; a valorização do diálogo entre os participantes e; discussões teórico-conceituais sob a perspectiva de diversas áreas do saber, bem como a articulação entre as mesmas.

Em relação aos saberes mobilizados, defendemos que a organização dos processos formativos privilegiou a construção/reconstrução dos saberes disciplinar e da formação profissional e, em menor medida, o saber curricular e o da experiência (sendo que não foi nosso objetivo analisar este último, uma vez que entendemos que isso demandaria um acompanhamento sistemático e longitudinal da prática dos professores).

Em relação ao Saber disciplinar, observamos que a área de formação (Biologia, Física ou Química) influenciou diretamente no envolvimento e compreensão de conceitos, ou seja, os graduados em Química se envolveram mais nos momentos em que conceitos químicos eram mais debatidos, a mesma tendência foi observada para os demais; entretanto, os participantes reconheceram que o contato com conceitos além da área de formação foi importante para ampliar a visão deles sobre o assunto, o que demonstra que existem dificuldades para superação da perspectiva disciplinar, mas tais dificuldades não podem ser vistas como limitadores para a busca da interdisciplinaridade.

No tocante aos saberes curricular e da formação profissional, desenvolvemos diversas ações as quais acreditamos terem fomentado a mobilização de tais saberes: discussão sobre o porquê se ensinar Ciências e porque para todos, permeando a organização curricular, debate sobre a organização escolar em torno de disciplina e seus limites e potencialidades para o desenvolvimento de práticas interdisciplinares, análise da N&N em livros didáticos e em veículos de divulgação para a população em geral; debate sobre estratégias de ensino e criação de propostas de ensino que foram apresentadas e discutidas no grupo. Percebemos que os professores se envolveram com as discussões, confrontando várias de suas experiências com os referenciais apresentados, indicando que a participação nos processos formativos estava contribuindo para a formação crítico-reflexiva. Observamos, ainda, que as propostas de ensino apresentavam indícios de transposição didática e do envolvimento de conceitos de diversas áreas, sugerindo que houve construção do saber disciplinar, curricular e da formação profissional, na perspectiva interdisciplinar.

Adicionalmente, as discussões específicas sobre interdisciplinaridade, nas quais procuramos debater sobre as diferenças da interdisciplinaridade científica e escolar à luz de referenciais teóricos e da vivência dos mesmos, também contribuiu para que os participantes refletissem a respeito de sua formação e atuação, confrontando a perspectiva disciplinar com a interdisciplinar.

Ao analisarmos a abordagem da N&N por Aline e Rosa em suas aulas, percebemos que ambas tiveram dificuldades em desenvolver ações em um maior número de aulas, o que

dificultou uma análise mais profunda a respeito da prática de cada uma, além da própria aprendizagem dos estudantes, bem como se as ações das professoras se aproximaram de uma perspectiva de integração de conceitos. Por outro lado, percebemos que vários aspectos abordados nos debates ao longo dos processos formativos emergiram ao analisar os materiais produzidos pelos alunos de Rosa e pelo seu próprio depoimento, como a relação entre escala e propriedades, a reflexão sobre a importância da compreensão de modelos explicativos para o átomo, a discussão sobre os prós e contras da N&N (ainda que pouco observado nas respostas dos estudantes).

Visando elucidar quais possíveis influências das experiências diversas de Rosa e Aline no que diz respeito ao contato com a interdisciplinaridade (e, conseqüentemente, triangular com contribuições da participação no processo formativo), percebemos que a perspectiva interdisciplinar foi pouco relatada pelas professoras como estando presente nas experiências ao longo da vida. Chamamos atenção para o fato de a formação acadêmico-profissional ter sido apontada pelas duas como tendo contribuído pouco para o envolvimento com a interdisciplinaridade, que vem ocorrendo a partir do exercício profissional, entretanto, de maneira incipiente, a partir da fala de gestores ou da leitura de documentos, mas sem maiores reflexões. Sendo assim, acreditamos que o contato dessas professoras (e possivelmente os demais participantes dos processos formativos) com a interdisciplinaridade na perspectiva da formação e reflexão mais fundamentadas ocorreu ao longo dos encontros dos processos formativos.

Por fim, a pesquisa revela que os processos formativos caminharam no sentido de superação de práticas com o objetivo de “instrumentalizar” ou “treinar” os participantes para o desenvolvimento de aulas sobre N&N após o término dos encontros, oferecendo condições para que os docentes construíssem saberes em um ambiente que favorecesse a reflexão sobre a interdisciplinaridade, tendo em vista os vários episódios analisados ao longo do texto, os quais entendemos terem contribuído para a formação - nosso foco - e que a atuação será influenciada por diversos outros fatores que fogem ao escopo da discussão, porém, defendemos que esta não pode e nem deve ser guiada pela simples reprodução do que foi estudado nos processos formativos, o que retornaria à racionalidade técnica que criticamos ao longo do texto.

Concluimos apontando que os processos formativos aqui descritos e analisados podem ser considerados como perspectivas de formação alinhadas às novas indicações para a formação de professores (BRASIL, 2015) no que diz respeito à formação continuada e que devem ser ampliados em direção ao desenvolvimento profissional de professores, superando, por exemplo,

a limitação de tempo, ou seja, com início e fim, pois a profissão docente é marcada pela incompletude e pela necessidade de constante formação.

## REFERÊNCIAS

ALBERTI, Thalita Rodrigues Ribeiro. **Inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino de Física**: elaboração de uma unidade didática com foco em Nanociências e Nanotecnologia. 2016. Dissertação (Mestrado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

ALIANE, C. S. M. A.; REIS, R. C.; CESAR, E. T.; LOPES, J. G. S. Relato sobre um processo de formação continuada centrada na temática “Classificação Periódica dos Elementos Químicos” no Centro de Ciências da UFJF. *In.*: BASSOLI F.; LOPES, J. G. S; CÉSAR, E. T. (orgs.). **Contribuições de um Centro de Ciências para a formação continuada de professores**: percursos formativos, parcerias, reflexões e pesquisas. 1ª ed. São Paulo: Livraria da Física, 2015, p. 189-197.

ALMEIDA, P. A.; TARTUCE, G. L. B. P.; NUNES, M. M. R. Quais as razões para a baixa atratividade da docência por alunos do ensino médio? **Psicologia: Ensino & Formação**, v. 5, n. 2, p. 103-121, 2014. Disponível em: [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2177-20612014000200007](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2177-20612014000200007). Acesso em: 19/06/2019.

ALMEIDA, W. L.; CAMPOS, V. B.; ROLIM NETO, R. M. Tecnologia dos diodos orgânicos emissores de luz: uma visão físico-ambiental. **Estação Científica**, v. 3, n. 1, p. 55-64, 2013. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/index.php/estacao/article/view/605>. Acesso em: 19/06/2019.

ALVES, O. L. Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. **Parcerias Estratégicas**, n. 18, p. 23-40, 2004. Disponível em: [http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/view/138](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/138). Acesso em: 19/06/2019.

AMORIM, T. A. Nanotecnologia na imprensa: análise de conteúdo do jornal Folha de São Paulo. **Em Tese**, v. 4, n. 2, p. 20-36, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/emtese/article/view/1806-5023.2008v4n2p20>. Acesso em: 19/06/2019.

ANDRADE, B. B.; OLIVEIRA, T. C. Perfil, razões de escolha e satisfação dos ingressantes no curso de licenciatura em Física da Universidade Federal do Sergipe. **Scientia Plena**, v. 8, n. 2, p. 1-11, 2012. Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/146/436>. Acesso em: 19/06/2019.

ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazio Afonso; LUDKE, Menga. **Pesquisa em Educação**: abordagens qualitativas. São Paulo, EPU, 1986.

ARAÚJO, U. F. A quarta revolução educacional: a mudança de tempos, espaços e relações na escola a partir do uso de tecnologias e da inclusão social. **Educação Temática Digital**, v. 12, n. especial, p. 31-48, 2011. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/view/1202>. Acesso em: 19/06/2019.



AULER, D.; DALMOLIN, A. M. T.; FENALTI, V. S. Abordagem Temática: natureza dos temas em Freire e no enfoque CTS. **Alexandria**, v. 2, n. 1, p. 67-84, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37915>. Acesso em: 19/06/2019.

AUGUSTO, T. G. S; CALDEIRA, A. M. A. Dificuldades para a implantação de práticas interdisciplinares em escolas estaduais, apontadas por professores da área de Ciências da Natureza. **Ciência e Educação**, v. 12, n. 1, p. 139-154, 2007. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/481/283>. Acesso em: 19/06/2019.

AUGUSTO, T. G. S; CALDEIRA, A. M. A.; CALUZI, J. J; NARDI, R. Interdisciplinaridade: concepções de professores da área de Ciências da Natureza em formação em serviço. **Ciência e Educação**, v. 10, n. 2, p. 277-289, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n2/09.pdf>. Acesso em: 19/06/2019.

AYRES, A. C.; SELLES, S. E. História da formação de professores: diálogos com a disciplina escolar Ciências no ensino fundamental. **Revista Ensaio**, v. 14, n. 2, p. 95-107, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/epec/v14n2/1983-2117-epec-14-02-00095.pdf>. Acesso em: 19/06/2019.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BASSOLI Fernanda; LOPES, José Guilherme Silva; CÉSAR, Eloi Teixeira. (orgs.). **Contribuições de um Centro de Ciências para a formação continuada de professores: percursos formativos, parcerias, reflexões e pesquisas**. 1ª ed. São Paulo: Livraria da Física, 2015.

BASSOTTO, Gabriela Viana. **Nanotecnologia: uma investigação fundamentada na educação pela pesquisa se refletindo na formação de professores e no ensino de química**. 2011. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Faculdade de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

BERG, John C. **An introduction to interfaces e colloids: the bridge to Nanoscience**. World Scientific Publishing, 2010.

BERTI, Valdir Pedro. **Interdisciplinaridade: Um conceito polissêmico**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

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, p. 500-516, 2012. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2012/rp/c2rp20026k#!divAbstract>. Acesso em: 19/06/2019.

BRASIL. **Lei nº 9.394**, de 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRASIL. **Parecer CNE/CP nº 9**, 2001.

BRASIL. **Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

BRASIL. **Resolução nº 2**, de 30 de janeiro de 2012.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Básica**. Brasília: MEC/SEF, 2013.

BRASIL. **Resolução nº 2**, de 1º de julho de 2015.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC/SEB, 2018.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da Transposição Didática aplicadas aos conceitos de Física Moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/512/309>. Acesso em: 19/06/2019.

CACHAPUZ, Antônio; GIL-PÉREZ, Daniel; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; PRAIA, João; VILCHES, Amparo. **A necessária renovação no ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CAMARA, V. F. S.; PROCHNOW, T. R. A abordagem da nanociência e nanotecnologia nos livros didáticos de Química do Ensino Médio. *In.*: XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 2016, Florianópolis. **Anais [...]**, Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2016, p. 1-8.

CARDIA, Edson. **Da capacitação em Toxicologia, Psicofarmacologia e Legislação na formação inicial de professores de Ciências e Biologia para a prevenção educacional ao uso abusivo de substâncias psicoativas**. 2009. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2009.

CARLOS, Jairo Gonçalves. **Interdisciplinaridade no Ensino Médio: desafios e potencialidades**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; GIL-PÉREZ, Daniel. **Formação de professores de Ciências: tendências e inovações**. 10ª edição. São Paulo: Cortez, 2011.

CHEVALLARD, Yves. **La Transposition Didactique: Du Savoir Savant au Savoir Enseigné**. Grenoble, La pensée Sauvage, 1991.

CLEBSCH, A. B.; WATANABE, M. Abordagem da nanociência e nanotecnologia a partir da escala. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 15, n. 17, p. 1-10, 2017. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/viewFile/75125/42564>. Acesso em: 19/06/2019.

CUNHA, M. B. Jogos no ensino de Química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 2, p. 92-98, 2012. Disponível em: [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34\\_2/07-PE-53-11.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc34_2/07-PE-53-11.pdf). Acesso em: 19/06/2019.

CZERNIAK, C. M. Interdisciplinary Science Teaching. *In:* Abell, S. K.; Lederman, N. G. (org.). **Handbook of Reseach on Science Education**. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 2006.

DELGADO, I. F.; PAUMGARTTEN, F. J. R. Desafios atuais da pesquisa em toxicologia: avaliação da toxicidade de nanomateriais manufaturados para o desenvolvimento. **Vigilância Sanitária em Debate**, v. 1, n. 4, p. 11-24, 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/307814438\\_Desafios\\_atuais\\_da\\_pesquisa\\_em\\_toxicologia\\_Avaliacao\\_da\\_toxicidade\\_de\\_nanomateriais\\_manufaturados\\_para\\_o\\_desenvolvimento](https://www.researchgate.net/publication/307814438_Desafios_atuais_da_pesquisa_em_toxicologia_Avaliacao_da_toxicidade_de_nanomateriais_manufaturados_para_o_desenvolvimento). Acesso em: 19/06/2019.

DIAS, R. H. A. Nanotecnologia na mídia britânica: benefícios e controvérsias da Ciência no jornalismo científico. *In.:* 40º CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, 2017, Curitiba. **Anais [...]**, Curitiba, 2017, p. 1-14.

DINIZ-PREREIRA, J. E. As licenciaturas e a novas políticas educacionais para a formação docente. **Educação e Sociedade**, ano 20, n. 68, 1999.

DINIZ-PREREIRA, J. E. Da racionalidade técnica à racionalidade crítica: formação docente e transformação social. **Perspectivas em diálogo: Revista de Educação e Sociedade**, v. 1, n. 1, p. 34-42, 2014. Disponível em: <http://www.seer.ufms.br/index.php/persdia/article/view/15>. Acesso em: 19/06/2019.

EKLI, E.; SAHIN, N. Science teachers and teacher candidates' basic knowledge, opinions and risk perceptions about nanotechnology. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, v. 2, p. 2667-2670, 2010. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1877042810004325?token=B021FB372393593C5ACDA43FDA436111F51DDE41146150A91E27D2B9A1618CEF64C96BA6EDEE59E9924134D2B3BC987E>. Acesso em: 19/06/2019.

ELLWANGER, Anderson Luiz. **Tópicos de nanociências em conteúdos de física no ensino básico**. 2010. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e Matemática)-Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, 2010.

ELLWANGER, A. L.; ROSSATO, J.; GRANADA, M.; BORTOLUZZI, V. I.; FAGAN, S. B. O ensino de nanociências por meio de objetos de aprendizagem. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2012. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/30884>. Acesso em: 19/06/2019.

ELLWANGER, A. L.; MOTA, R.; FAGAN, S. B. Abordagem de nanociência no ensino médio. **Vydia**, v. 34, n. 1, p. 85-98, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.edu.br/index.php/VIDYA/article/view/19/0>. Acesso em: 19/06/2019.

FAROKHZAD, O. C.; LANGER, R. Impact of nanotechnology on drug delivery. **ACS Nano**, v. 3, n. 1, p. 16-20, 2009. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/nm900002m>. Acesso em: 19/06/2019.

FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. **Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa**. 11ª edição. Campinas: Papyrus, 2011.

FEISTEL, R. A. B.; MAESTRELLI, S. R. P. Interdisciplinaridade na formação inicial de professores: um olhar sobre as pesquisas em Educação em Ciências. **Alexandria**, v. 5, n. 1, p. 155-176, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37702>. Acesso em: 19/06/2019.

FERNANDES, Argeu Cavalcante. **A inserção do tema nanotecnologia a partir de atividades investigativas no ensino de Química**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Pau dos Ferros, 2016.

FERNANDES, Ana Luisa Amaral. **A prática interdisciplinar de professoras de ciências do ensino fundamental ciclo II**. 2017. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2017.

FERNANDES, S. R.; FLORES, M. A.; LIMA, R. M. A aprendizagem baseada em projectos interdisciplinares: avaliação do impacto de uma experiência no ensino de Engenharia. **Avaliação**, v. 15, n. 3, p. 59-86, 2010. Disponível em: <http://periodicos.uniso.br/ojs/index.php/avaliacao/article/view/871/870>. Acesso em: 19/06/2019.

FERNANDEZ, C. PCK: Conhecimento Pedagógico do Conteúdo: perspectivas e possibilidades para a formação de professores. *In.*: VIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2011, Campinas. **Anais [...]**, Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2011, p. 1-12.

FERNANDEZ, C.; BALDINATO, J. O.; TIEDEMANN, P. W.; BERTOTTI, M. Conceitos de Química dos ingressantes nos cursos de graduação do Instituto de Química da Universidade de São Paulo. **Química Nova**, v. 31, n. 6, p. 1582-1590, 2008. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422008000600051&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422008000600051&script=sci_abstract&tlng=es). Acesso em: 19/06/2019.

FERRAZ, Victor Gomes Lima. **A contribuição da formação inicial na construção dos saberes docentes dos licenciandos em Química da UFJF**. 2015. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015.

FERREIRA, C. S.; LADEIRA, L. O.; LEITE, C. F.; FONSECA, F. G.; RIBEIRO, E. M. C.; VERSIANI, A. F.; SILVA, J. F. S.; MAGALHÃES, C. L. B.; SILVA, B. M. Uso de nanobastões de ouro para o desenvolvimento de aulas práticas de nanotecnologia. **Química Nova**, v. 40, n. 5, p. 594-601, 2017. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422017000500594&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422017000500594&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 19/06/2019.

FERREIRA, V. F. A interdisciplinaridade é desejável, mas o modelo não pode ser imposto. **Química Nova**, v. 35, n. 10, p. 1899, 2012. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422012001000001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422012001000001). Acesso em: 19/06/2019.

FLOR, C. C. Possibilidades de um caso simulado CTS na discussão da poluição ambiental. **Ciência e Ensino**, v. 1, número especial, 2007. Disponível em:

<http://200.133.218.118:3536/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/156/112>. Acesso em: 19/06/2019.

FOLLARI, R. Algumas considerações práticas sobre interdisciplinaridade. *In*: JANTSCH, A.; BIANCHETTI, L. (orgs.). **Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito**. Petrópolis: Vozes, 1995.

FRANCISCO JUNIOR, W. E. Carboidratos: estrutura, propriedades e funções. **Química Nova na Escola**, n. 29, p. 8-13, 2008. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc29/03-CCD-2907.pdf>. Acesso em: 19/06/2019.

FRANCO, Maria Laura Puglisi Barbosa. **Análise de conteúdo**. Brasília, 2ª edição: Liber Livro, 2007.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia**. São Paulo: Paz e Terra, 2010.

FRIGOTTO, G. A interdisciplinaridade como necessidade e como problema nas Ciências Sociais. **Ideação – Revista do Centro de Educação e Letras da UNIOESTE**, v. 10, n. 1, p. 41-62, 2008. Disponível em: [http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/sem\\_pedagogica/fev\\_2014/NRE/2in\\_terdisciplinaridade\\_necessidade.pdf](http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/sem_pedagogica/fev_2014/NRE/2in_terdisciplinaridade_necessidade.pdf). Acesso em: 19/06/2019.

FURLAN, P. Y. Engaging students in early exploration of nanoscience topics using hands-on activities and scanning tunneling microscopy. **Journal of Chemical Education**, v. 86, n. 6, 2009.

GAMA, Cátia Fernandes. **Uma proposta para o ensino de nanociência e da nanotecnologia, em aula de física do ensino médio**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

GATOO, M. A.; NASEEM, S.; AARFAT, M. Y.; DAR, A. M.; QASIM, K.; ZUBAIR, S. Physicochemical properties of nanomaterials: implication in associated toxic manifestations. **BioMed Research International**, v. 2014, p. 1-8, 2014. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2014/498420/>. Acesso em: 19/06/2019.

GERHARD, A. C.; ROCHA FILHO, J. G. A fragmentação dos saberes na educação científica escolar na percepção de professores de uma escola de ensino médio. **Investigações em ensino de Ciências**, v. 17, n. 1, p. 125-145, 2012. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/210/144>. Acesso em: 19/06/2019.

GIDDENS, Anthony. **Sociologia**. 4ª edição, Porto Alegre: Artmed, 2005.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª edição, São Paulo: Atlas, 2002.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALIS, J. C.; CACHAPUZ, A. PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência e Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-154, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/01.pdf>. Acesso em: 19/06/2019.

GOMES, F. G.; COSTA, N. R. V.; MOHALLEM, N. D. S. Os tecidos e a nanotecnologia. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 4, p. 288-296, 2016. Disponível em: [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc38\\_4/03-QS-43-15.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc38_4/03-QS-43-15.pdf). Acesso em: 19/06/2019.

HOHENDORFF, R. V.; COIMBRA, R.; ENGELMANN, W. As nanotecnologias, os riscos e as interfaces com o direito à saúde do trabalhador. **RIL Brasília**, 3(209), p. 151-172, 2016. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/520003>. Acesso em: 19/06/2019.

HUBERMAN, M. O ciclo de vida profissional dos professores. In: NÓVOA, A. (Org.). **Vidas de professores**. 2. ed. Porto: Porto, 2000. p.31-61.

INVERNIZZI, N. Visões de Futuro: Nanociência e Nanotecnologia no Jornal da Ciência. In.: VII JORNADAS LATINOAMERICANAS DE ESTUDIOS SOCIALES DE LA CIENCIA Y TECNOLOGIA, 2008, Rio de Janeiro. **Anais [...]**, Rio de Janeiro, 2008, p. 1-22.

JAPIASSU, Hilton. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

JESUS, I. P.; HIGA, I. Nanotecnologia e ensino médio: uma revisão bibliográfica sobre propostas didáticas. In.: IV SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2014, Ponta Grossa. **Anais [...]**, Ponta Grossa, 2014, p. 1-12.

JESUS, I. P.; LUZ, A. A.; NETO, F. F. Nanociência e Nanotecnologia: percepções docentes e contribuições para o ensino médio. In.: 2º CONGRESSO DE PESQUISA DO ENSINO – CIÊNCIAS E BIOLOGIA, 2013, São Paulo. **Anais [...]**, São Paulo, 2014, p. 1-14.

JOACHIM, Christian.; PLEVERT, Laurence. **Nanociências - a revolução do invisível**. Rio de Janeiro: Zahar, 2009.

KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de Ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 1, p. 35-50, 2011. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-73132011000100003](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132011000100003). Acesso em: 19/06/2019.

KOSMINSKY, L; GIORDAN, M. Visões de Ciências e sobre Cientista entre estudantes do ensino médio. **Química Nova na Escola**, n.15, p. 11-18, 2002. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc15/v15a03.pdf>. Acesso em: 19/06/2019.

KRASILCHICK, Myriam. **O professor e o currículo das Ciências**. São Paulo: EPU – Editora da Universidade de São Paulo, 1987.

LATTUCA, L. R.; VOIGT, L. J.; FATH, K. Q. Does interdisciplinarity promotes learning? Theoretical support and researchable questions. **The Review of Higher Education**, v. 28, n. 4, p. 23-48, 2004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/236812344\\_Does\\_Interdisciplinarity\\_Promote\\_Learning\\_Theoretical\\_Support\\_and\\_Researchable\\_Questions](https://www.researchgate.net/publication/236812344_Does_Interdisciplinarity_Promote_Learning_Theoretical_Support_and_Researchable_Questions). Acesso em: 19/06/2019.

LAVAQUI, V; BATISTA, I. L. Interdisciplinaridade em ensino de Ciências e de Matemática no ensino médio. **Ciência e Educação**, vol. 13, n. 3, p. 399-420, 2007. Disponível em:

[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132007000300009&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132007000300009&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 19/06/2019.

LEITE, I. S.; LOURENÇO, A. B.; LÍCIO, J. G.; HERNANDES, A. C. Uso do método cooperativo de aprendizagem Jigsaw adaptado ao ensino de nanociência e nanotecnologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 35(4), p. 4504, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v35n4/a15v35n4.pdf>. Acesso em: 19/06/2019.

LENOIR, Y. Didática e interdisciplinaridade: uma complementaridade necessária a incontornável. In: Fazenda, I. C. A. (org.) **Didática e Interdisciplinaridade**. Campinas: Papirus, 1998, p. 45-75.

LENOIR, Y. Três interpretações da perspectiva interdisciplinar em Educação em função de três tradições culturais diferentes. **Revista E-Curriculum**, v. 1, n. 1, 2005. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/curriculum/article/view/3109/2049>. Acesso em: 19/06/2019.

LENOIR, Y. L'Interdisciplinarite dans la recherche scientifique: orientations epistemologiques et conditions. **Interfaces Brasil/Canadá**, v. 13, n. 16, p. 223-259, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/interfaces/article/view/7240>. Acesso em: 19/06/2019.

LEONEL, André Ary. **Nanociência e nanotecnologia: uma proposta de ilha interdisciplinar de racionalidade para o ensino de física moderna e contemporânea no ensino médio**. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

LEONEL, A. A.; SOUZA, C. A. Nanociência e Nanotecnologia para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica. In.: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2009, Florianópolis. **Anais** [...] Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2009, p. 1-12.

LIMA, M. C. A.; ALMEIDA, M. J. P. M. Articulação de textos sobre nanociência e nanotecnologia para a formação inicial de professores de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, p. 1-9, 2012. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172012000400019&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172012000400019&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 19/06/2019.

LOGUERCIO, R. Q.; SAMRSLA, V. E. E.; DEL PINO, J. C. A dinâmica de analisar livros didáticos com professores de Química. **Química Nova**, v. 24, n. 4, p. 557-562, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v24n4/a18v24n4.pdf>. Acesso em: 19/06/2019.

LOPES, A. C. Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e a submissão ao mundo produtivo: o caso do conceito de Contextualização. **Edu. Soc.** v. 23, n. 80, p. 386-400, 2002. Disponível em: <http://www.observatoriodoensinomedio.ufpr.br/wp-content/uploads/2014/02/OS-PCN-PARA-O-ENSINO-MEDIO.pdf>. Acesso em: 19/06/2019.

LOPES, J. G. S.; SILVA JÚNIOR, L. A. Estudo e caracterização do pensamento docente espontâneo de ingressantes de um curso de licenciatura em Química. **Ensaio**, v. 16, n. 1, p. 131-148, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/epec/v16n1/1983-2117-epec-16-01-00131.pdf>. Acesso em: 19/06/2019.

LOPES, R. M.; FILHO, M. V. S.; MARSDEN, M.; ALVES, N. G. Aprendizagem baseada em problemas: uma experiência no ensino de química toxicológica. **Química Nova**, v. 34, n. 7, p. 1275-1280, 2011. Disponível em: [http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol34No7\\_1275\\_28-ED10646.pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol34No7_1275_28-ED10646.pdf). Acesso em: 19/06/2019.

LOURENÇO, A. B.; JUNIOR, P. D. C.; LÍCIO, J. G.; OVIGLI, D. F. B. A nanotecnologia na concepção de estudantes do ensino médio: o desenho como ferramenta de análise. **Revista Góndola, Enseñanza e Aprendizaje de las Ciencias**, v. 12, n. 1, p. 27-42, 2017. Disponível em: <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/GDLA/article/view/10807>. Acesso em: 19/06/2019.

LUZ, M. T. Complexidade do campo da Saúde Coletiva: multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade de saberes e práticas – análise sócio-histórica de uma trajetória paradigmática. **Saúde Soc.**, v. 18, n. 2, p. 304-311, 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-12902009000200013&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-12902009000200013&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 19/06/2019.

MAINES, A. Interdisciplinaridade e o ensino de Engenharia. *In.*: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 2001, Porto Alegre. **Anais [...]** Porto Alegre, 2001, p. 39-44.

MALDANER, Otávio Aloisio. **A Formação inicial e continuada de professores de química: professores/pesquisadores**. Ijuí: UNIJUI, 2006.

MARCELO, C. G. Desenvolvimento profissional docente: passado e futuro. **Sísifo, Revista de Ciências da Educação**, nº 8, p.7-22, 2009. Disponível em: [http://www.unitau.br/files/arquivos/category\\_1/MARCELO\\_Desenvolvimento\\_Profissional\\_Docente\\_passado\\_e\\_futuro\\_1386180263.pdf](http://www.unitau.br/files/arquivos/category_1/MARCELO_Desenvolvimento_Profissional_Docente_passado_e_futuro_1386180263.pdf). Acesso em: 19/06/2019.

MARTINEZ, D. S. T.; ALVES, O. L. Interação de nanomateriais com biosistema e a nanotoxicologia: na direção de uma regulamentação. **Ciência e Cultura**, v. 65, n. 3, p. 32-36, 2013. Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252013000300012](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252013000300012). Acesso em: 19/06/2019.

MELO, Lilian Guiduci de. **Perfil dos professores de Química do município de Juiz de Fora: sua formação inicial, continuada e o exercício profissional**. 2012. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

MELO, M. R.; NETO, E. G. L. Dificuldades de ensino e aprendizagem dos modelos atômicos em Química. **QNEsc**, v. 35, n. 2, p. 112-122, 2013. Disponível em: [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35\\_2/08-PE-81-10.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/08-PE-81-10.pdf). Acesso em: 19/06/2019.

MILLAR, R. Um currículo de Ciências voltado para a compreensão por todos. **Ensaio**, v. 5, n. 2, p. 73-91, 2003. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-21172003000200146&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-21172003000200146&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 19/06/2019.



MILARÉ, T.; ALVES FILHO, J. P. Ciências no nono ano do ensino fundamental: da disciplinaridade à alfabetização científica e tecnológica. **Ensaio**, v. 12, n. 2, p. 101-120, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/epec/v12n2/1983-2117-epec-12-02-00101.pdf>. Acesso em: 19/06/2019.

MINAYO, M. C. S. Disciplinaridade, interdisciplinaridade e complexidade. **Emancipação**, v. 10, n. 2, p. 435-442, 2010. Disponível em: <http://www.revistas2.uepg.br/index.php/emancipacao/article/view/1937/1880>. Acesso em: 19/06/2019.

MOREIRA, Fabiane Barbosa. **Os valores-notícia no jornalismo impresso**: análise das ‘características substantivas’ das notícias nos jornais Folha de São Paulo, o Estado de São Paulo e O Globo. 2006. Dissertação (Mestrado em Comunicação e Informação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

MOTTA, L. B.; AGUIAR, A. C. Novas competências profissionais em saúde e o envelhecimento populacional brasileiro: integralidade, interdisciplinaridade e intersetorialidade. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 2, p. 363-372, 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232007000200012](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232007000200012). Acesso em: 19/06/2019.

MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. Uma revisão bibliográfica sobre a interdisciplinaridade no ensino das ciências da natureza. **Ensaio**, v. 16, n. 2, p. 185-206, 2014. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-21172014000200185&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-21172014000200185&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 19/06/2019.

NICOLESCU, Basarab. **Educação e Transdisciplinaridade**. UNESCO, 2001. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000127511>. Acesso em: 19/06/2019.

NOVO, Magda Suzana. **Nanociências, Nanotecnologia**: uma visão desde seu nascimento até a apresentação das temáticas à sociedade. 2013. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2013.

OLIVEIRA, R. P. A.; AMARAL, E. M.; CELESTINO, A. Desenvolvimento de sequências didáticas interdisciplinares com professores do ensino médio da rede pública do estado de Pernambuco: desafios e perspectivas. **Cadernos de Graduação**, v. 1, n. 1, p. 47-55, 2013. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/index.php/facipehumanas/article/view/1051>. Acesso em: 19/06/2019.

PEREIRA, Carmem Regina da Silva. **Nanotecnologia e citologia**: perspectivas para o ensino de biologia no século XXI. 2009. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Faculdade de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

PEREIRA, F. D.; HONÓRIO, K. M.; SANNOMIYA, M. Nanotecnologia: desenvolvimento de materiais didáticos para uma abordagem no ensino fundamental. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, p. 73-77, 2010. Disponível em: [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32\\_2/03-QS-6609.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_2/03-QS-6609.pdf). Acesso em: 19/06/2019.

PIERSON, A. H. C; NEVES, M. R. Interdisciplinaridade na formação de professores de Ciências: conhecendo obstáculos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, 120-131, 2001. Disponível em: [http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos\\_teses/Biologia/Artigos/interdisciplinas.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/Biologia/Artigos/interdisciplinas.pdf). Acesso em: 19/06/2019.

PIETROCOLA, M; FILHO, J. P. A; PINHEIRO, T. F. Prática interdisciplinar na formação disciplinar de professores de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, 131-152, 2003. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/544>. Acesso em: 19/06/2019.

PIMENTA, S. G. Formação de professores: saberes de docência e identidade do professor. *In*: FAZENDA, I. C. A. (org.). **Didática e interdisciplinaridade**. 12<sup>a</sup> ed. Campinas: Papirus, 1998, p. 161-178.

PISTOIA, R. P.; ELLWANGER, A. L.; FAGAN, S. B. O ensino de Nanociências via Hidrofobicidade por meio de Módulo Didático Pedagógico. *In*.: XI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2017, Florianópolis. **Anais [...]** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2017, p. 1-14.

POMBO, F. M. Z.; LAMBACH, M. As visões sobre ciência e cientistas de estudantes de química da EJA e as relações com os processos de ensino e aprendizagem. **Química Nova na Escola**, v. 39, n. 3, p. 237-244, 2017. Disponível em: [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc39\\_3/04-QS-50-16.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc39_3/04-QS-50-16.pdf). Acesso em: 19/06/2019.

PORTER, A.; YOUTIE, J. How interdisciplinarity is nanotechnology? **J NanoPart Res**, v. 11, p. 1023-1041, 2009. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2988207/>. Acesso em: 19/06/2019.

PYRÂMIDES, Christiani Marcelo Machado. **Formação continuada de professores de química e o ensino experimental na perspectiva do professor reflexivo**. 2014. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

PYRRHO, M.; SCHRAMM, F. R. A moralidade da nanotecnologia. **Cad. Saúde Pública**, v. 28, n. 11, p. 2023-2033, 2012. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X2012001100002](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2012001100002). Acesso em: 19/06/2019.

QUEIRÓS, W. P.; NASCIMENTO JÚNIOR, A. F.; SOUZA, D. C. Possibilidades da História, Filosofia e Sociologia da Ciência para superação de uma concepção prática-utilitária da educação científica: caminhos a serem percorridos. **R. B. E. C. T.**, v. 6, n. 2, p. 23-40, 2013.

REBELLO, G. A. F.; ARGYROS, M. M.; LEITE, W. L. L.; SANTOS, M. M.; BARROS, J. C.; SANTOS, P. M. L.; SILVA, J. F. M. Nanotecnologia, um tema para o ensino médio usando a abordagem CTSA. **Química Nova na Escola**, v. 4, n. 1, p. 3-9, 2012. Disponível: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/1629>. Acesso em: 19/06/2019.

REGINA, Valéria Brumato. **O uso de oficinas pedagógicas como estratégia de ensino com o tema água:** redimensionando a prática docente. 2014. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciências e Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.

REIS, Rita de Cássia. **Análise da atividade discursiva em uma sala de aula de ciências: a química dos ciclos biogeoquímicos no ensino fundamental.** 2012. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

REIS, Rita de Cássia **Cursos de Licenciatura em Ciências da Natureza:** o conhecimento químico na formação de professores de Ciências para o Ensino Fundamental. 2016. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

ROSA, Fernanda Bassoli. **Desenvolvimento profissional docente:** contribuições e limites de um processo formativo em um grupo colaborativo de professores de ciências da rede pública de Juiz de Fora (MG). 2017. Tese (Doutorado em Química) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2017.

ROSSI, F.; HUNGER, D. As etapas da carreira docente e o processo de formação continuada de professores de Educação Física. **Rev. Bras. Ed. Fís. Esporte**, v. 26, n. 2, p. 323-338, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbefe/v26n2/14.pdf>. Acesso em: 19/06/2019.

ROSSI-BERGMANN, B. A nanotecnologia: da saúde para além do determinismo tecnológico. **Ciência e Cultura**, v. 60, n. 2, p. 54-57, 2008. Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252008000200024](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252008000200024). Acesso em: 19/06/2019.

SANTOMÉ, Jurjo Torres. **Globalização e interdisciplinaridade:** o currículo integrado. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda., 1998.

SANTOS, C. A.; VALEIRAS, N. Currículo interdisciplinar para licenciatura em ciências da natureza. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, 2014. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172014000200021&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172014000200021&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 19/06/2019.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de Ciências: possibilidades e limitações. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 2, p. 191-218, 2009. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/355/222>. Acesso em: 19/06/2019.

SANTOS, R. S.; PEREIRA, L. M. S.; MARQUES, F. M.; COSTA, N. C. F.; OLIVEIRA, P. S. Perfil socioeconômico e expectativa docente de ingressantes no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 8, n. 2, p. 293-303, 2014. Disponível: [https://www.researchgate.net/publication/265206575\\_Perfil\\_socioeconomico\\_e\\_expectativa\\_docente\\_de\\_ingressantes\\_no\\_Curso\\_de\\_Licenciatura\\_em\\_Ciencias\\_Biologicas](https://www.researchgate.net/publication/265206575_Perfil_socioeconomico_e_expectativa_docente_de_ingressantes_no_Curso_de_Licenciatura_em_Ciencias_Biologicas). Acesso em: 19/06/2019.

SANTOS FILHO, José Camilo dos.; GAMBOA, Silvio Sánchez. **Pesquisa Educacional** – quantidade-qualidade. São Paulo: Cortez, 2013.

SCHÖN, Donald. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem.** Trad. Roberto Cataldo Costa. Porto Alegre: Artmed Sul, 2000.

SHULMAN, L. S. Knowledge and teaching: foundations of a new reform. **Harvard Educational Review**, v. 57, n. 1, p. 1-22, 1987.

SCHULZ, P. A. B. O que é nanociência e para que serve a nanotecnologia? **Física na escola**, v. 6, n. 1, p. 58-62, 2005. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/nano.pdf>. Acesso em: 19/06/2019.

SCHULZ, Peter Alexander Bleinroth. **A encruzilhada da nanotecnologia: inovação, tecnologias e riscos.** Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2009.

SILVA, F. K. M.; HORNINK, G. G. Quando a Biologia encontra a Geologia: possibilidades interdisciplinares entre áreas. **Alexandria**, v. 4, n. 1, p. 117-132, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37549/28837>. Acesso em: 19/06/2019.

SILVA, Márcio Antonio da. **A construção da interdisciplinaridade a partir da realidade local: o olhar dos professores do ensino médio.** 2015. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino da Ciência) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015.

SILVA, M. B. Nanotecnologia: novas questões éticas para o Brasil, dimensões legais e sociais numa abordagem interdisciplinar. **Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas**, v. 4, n. 46, p. 2-17, 2003. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/cadernosdepesquisa/article/view/1128>. Acesso em: 19/06/2019.

SILVA, Paulo Ricardo da. **Um estudo sobre os desafios para a atuação docente na disciplina Ciências do sexto ao nono ano do ensino fundamental.** 2014. Dissertação (Mestrado em Química), Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

SILVA, P. R.; LOPES, J. G. S. O que dizem as pesquisas no campo da interdisciplinaridade no ensino de Ciências no Brasil no período de 2000 a 2012. *In: II SIMPÓSIO MINEIRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA*, 2013, Lavras. **Anais [...]** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2013, p. 1-2.

SILVA; P. R.; LOPES, J. G. S. Relato sobre as contribuições de um curso de formação continuada envolvendo o ensino de nanociência e nanotecnologia na Educação Básica. *In: BASSOLI, F.; LOPES, J. G. S.; CÉSAR, E. T (orgs.). Contribuições de um Centro de Ciências para a formação continuada de professores: percursos formativos, parcerias, reflexões e pesquisas.* 1ª ed. São Paulo: Livraria da Física, 2015, p. 173-187.

SILVA, P. R.; LOPES, J. G. S. Análise da abordagem do tema Nanociência e Nanotecnologia em livros didáticos de Química do Ensino Médio. *In: XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA*, 2016, Florianópolis. **Anais [...]**, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016, p. 1.

SILVA, P. R.; LOPES, J. G. S. Reflexões sobre um processo de formação continuada de professores envolvendo Nanociência e Nanotecnologia. **Enseñanza de las Ciencias**, nº extraordinário, p. 607-612, 2017. Disponível em: [https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc\\_a2017nEXTRA/99\\_-\\_Reflexoes\\_sobre\\_um\\_processo\\_de\\_formacao\\_continuada\\_de\\_professores.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2017nEXTRA/99_-_Reflexoes_sobre_um_processo_de_formacao_continuada_de_professores.pdf). Acesso em: 19/06/2019.

SILVA, S. L. A.; VIANA, M. M.; MOHALLEM, N. D. S. Afinal, o que é nanociência e nanotecnologia? Uma abordagem para o ensino médio. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 172-178, 2009. Disponível em: [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31\\_3/04-QS-7808.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_3/04-QS-7808.pdf). Acesso em: 19/06/2019.

SILVA FILHO, Lourival Gomes da. **Projeto político-pedagógico da faculdade de formação de professores da Mata-Sul - FAMASUL com ênfase para o ensino de Física e Matemática**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Departamento de Educação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2006.

SILVA JÚNIOR, Luiz Alberto. **Investigação sobre o pensamento docente espontâneo na formação inicial de licenciandos em Química da Universidade Federal de Juiz de Fora**. 2014. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

SIQUEIRA-BATISTA, R.; MARIA-DA-SILVA, L.; SOUZA, R. R. M.; PIRES-DO-PRADO, H. J.; SILVA, C. A.; RÔÇAS, G.; OLIVEIRA, A. L.; HELAYEL-NETO, J. A. Nanociência e nanotecnologia como temáticas para a discussão de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. **Ciência e Educação**, v. 16, n. 2, p. 479-470, 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132010000200014&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132010000200014&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 19/06/2019.

SOUZA, F. C. Estudos sobre a interdisciplinaridade: ritual da ciência ou ciência do ritual? **Inf. & Soc.: Est.**, v. 27, n. 1, p. 59-68, 2017. Disponível em: <http://www.brapci.inf.br/index.php/res/download/95902>. Acesso em: 19/06/2019.

STRAVOU, D.; MICHAILIDI, E.; SGOUROS, G.; DIMITRIADI, K. Teaching high-school students nanoscience and nanotechnology. **LUMAT**, v. 3, n. 4, p. 501-511, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/324171638\\_Teaching\\_high-school\\_students\\_nanoscience\\_and\\_nanotechnology](https://www.researchgate.net/publication/324171638_Teaching_high-school_students_nanoscience_and_nanotechnology). Acesso em: 19/06/2019.

TANIGUCHI, N. On the basic concept of nanotechnology. **Proceedings of the International Conference of Production Engineering**, p. 18-23, 1974.

TARDIF, Maurice. **Saberes Docentes e Formação Profissional**. 16ª edição. Petrópolis: Vozes, 2014.

TASCA, R. A.; ALMEIDA, J. R. L.; SILVA, D. G.; MELO, F. M.; TOMA, H. E. Desenvolvendo habilidades e conceitos de nanotecnologia no ensino médio por meio de experimento didático envolvendo preparação e aplicação de nanopartículas superparamagnéticas. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 3, p. 236-240, 2014. Disponível em: [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37\\_3/12-EEQ-100-13.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_3/12-EEQ-100-13.pdf). Acesso em: 19/06/2019.

TEIXEIRA, O. A. Interdisciplinaridade: problemas e desafios. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, n. 1, p. 57-69, 2004. Disponível em: <http://ojs.rbpg.capes.gov.br/index.php/rbpg/article/view/22>. Acesso em: 19/06/2019.

TOMA, Henrique Elsi. A nanotecnologia das moléculas. **Química Nova na Escola**, n. 21, 2005. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc21/v21a01.pdf>. Acesso em: 19/06/2019.

TOMA, Henrique Elsi. **O mundo nanométrico: a dimensão do novo século**. 2ª edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e Contextualização no ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013. Disponível em: [http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35\\_2/04-CCD-151-12.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/04-CCD-151-12.pdf). Acesso em: 19/06/2019.

ZARBIN, A. J. G.; OLIVEIRA, M. M. Nanoestruturas de carbono (nanotubos, grafeno): quo vadis? **Química Nova**, v. 36, n. 10, p. 1533-1539, 2013. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422013001000009&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422013001000009&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 19/06/2019.

ZEICHNER, K. M. Uma análise crítica sobre a “reflexão” como conceito estruturante na formação docente. **Educ. Soc.**, v. 29, n. 103, p. 535-554. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/es/v29n103/12.pdf>. Acesso em: 19/06/2019.

APÊNDICE A: Cartaz de divulgação sobre o processo de formação

O Grupo de Estudos em Educação Química e o Centro de Ciências da UFJF tem o prazer de divulgar o curso

**Nanociência e Nanotecnologia no ensino de ciências:  
Uma abordagem interdisciplinar**

**Público Alvo: Professores de Biologia, Física e Química que atuam no Ensino Médio em escolas públicas.**

**Vagas: 15**  
**Carga: 40 horas;**  
**Período: 18 de Março a 10 de Junho de 2015;**  
**Dia: sempre às quartas-feiras**  
**Hora: 14 às 17h\***

**Inscrições: 02/02/2015 a 20/02/2015**  
\*Horário sujeito a modificações de acordo com a demanda do grupo selecionado.

**Local: Centro de Ciências (R. Visconde de Mauá  
300 - Santa Helena, Juiz de Fora/MG)**  
**Telefones: (32)3229-7606/3229-5923**



**APÊNDICE B: Questionário aplicado aos professores no início dos processos de formação**



**QUESTIONÁRIO**

NOME: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_\_

Curso de formação: \_\_\_\_\_ Licenciatura ( ) Bacharelado ( )

Instituição: \_\_\_\_\_ Ano de conclusão: \_\_\_\_\_

1 – Você considera importante a discussão de novas tecnologias no Ensino de Ciências na Educação Básica? Justifique sua resposta.

2 – Você considera que abordagens interdisciplinares podem trazer benefícios para seu desenvolvimento profissional e para a aprendizagem dos estudantes? Quais?

3 – Que relações existem entre o tema nanociência e nanotecnologia com conceitos de Ciências abordados no Ensino Médio?



### **APÊNDICE C: Roteiro para a realização das entrevistas com Aline e Rosa**

- Começar explorando a trajetória anterior à graduação, a relação com a escolha pelo curso e com a docência;
- Características da trajetória acadêmica (disciplinas, identificação com a docência, etc);
- Características do exercício profissional (contato com o campo de trabalho, como se percebe na docência);
- A interdisciplinaridade ao longo da vida, nos aspectos:
  - 1 – Formação pessoal, familiar, cotidiano;
  - 2 – Educação Básica;
  - 3 – Graduação;
  - 4 – Exercício profissional;
  - 5 – Formação continuada.
- Análise sobre momentos ligados à interdisciplinaridade;
- O processo de identificação com a interdisciplinaridade (amadurecimento);
- A atuação hoje (em relação à interdisciplinaridade, como se vê);
- Relações escola, professores, currículo e interdisciplinaridade;
- Aspectos que contribuem para a formação para atuação interdisciplinar.
- Análise das contribuições do processo de formação continuada para atuação interdisciplinar e para a abordagem de N&N (Nanociência e Nanotecnologia).
- Descrição das atividades na escola em N&N;

## ANEXO A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS - CEP/UFJF

36036-900 JUIZ DE FORA - MG – BRASIL

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

O Sr. (a) está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa “A interdisciplinaridade no ensino de ciências: contribuições para a formação docente e para a aprendizagem de estudantes do ensino médio”. Nesta pesquisa pretendemos investigar as contribuições de abordagens interdisciplinares no desenvolvimento profissional de professores e na aprendizagem em ciências de alunos do ensino médio. O motivo que nos leva a esta pesquisa está fundamentado nos trabalhos que apontam a interdisciplinaridade como um caminho importante para a formação do cidadão.

Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: Gravação dos encontros do curso de formação continuada, entrevistas individuais, aplicação de pequenos questionários e gravação de aulas na escola onde você atua. Os riscos envolvidos são mínimos, tais como: exposição dos participantes na divulgação dos resultados da pesquisa. Para contornar tal risco, utilizaremos nomes fictícios para cada participante. Tal atividade poderá contribuir diretamente com aspectos da formação e atuação profissional, já que apresenta uma temática pouco discutida nos cursos de formação de professores, mas com grande destaque na sociedade atualmente, que é a nanotecnologia.

Para participar deste estudo o(a) Sr(a) não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa, o(a) Sr.(a) tem assegurado o direito a indenização. O(a) Sr. (a) terá o esclarecimento sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que o(a) Sr.(a) é atendido (a) pelo pesquisador, que tratará a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão.

O(A) Sr(a) não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, no Grupo de Estudos em Educação Química (GEEDUQ – na

UFJF) e a outra será fornecida ao Sr.(a). Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos, e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Eu, \_\_\_\_\_, portador do documento de Identidade \_\_\_\_\_ fui informado (a) dos objetivos da pesquisa “A interdisciplinaridade no ensino de ciências: contribuições para a formação docente e para a aprendizagem de estudantes do ensino médio”, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Declaro que concordo em participar. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Juiz de Fora, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20

---

Nome	Assinatura participante	Data
------	-------------------------	------

---

Nome	Assinatura pesquisador	Data
------	------------------------	------

---

Nome	Assinatura testemunha	Data
------	-----------------------	------

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

**CEP - Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humano-UFJF**

Campus Universitário da UFJF

Pró-Reitoria de Pesquisa

CEP: 36036-900

Fone: (32) 2102- 3788 / E-mail: cep.propesq@ufjf.edu.br

**Nome do Pesquisador Responsável: Paulo Ricardo da Silva**

Endereço: Rua Simão Gabriel Sfeir, 243, casa 5

CEP: 36035-550 / Juiz de Fora – MG

Fone: (32) 9106-2931

E-mail: ds\_pauloricardo@yahoo.com.br