UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS – CAMPUS BAURU

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA

LIZ MAYOLY MUÑOZ ALBARRACÍN

APORTES DA FILOSOFIA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA E A MOBILIZAÇÃO DO SABER E DO SABER FAZER NA CONSTRUÇÃO DAS REPRESENTAÇÕES CIENTÍFICAS

Tese apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Bauru, como um dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Educação para a Ciência, sob a orientação do Prof. Dr. Roberto Nardi.

BAURU
2012

LIZ MAYOLY MUÑOZ ALBARRACÍN

APORTES DA FILOSOFIA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA E A MOBILIZAÇÃO DO SABER E DO SABER FAZER NA CONSTRUÇÃO DAS REPRESENTAÇÕES CIENTÍFICAS

BANCA EXAMINADORA

_____

Presidente: Prof. Dr. Roberto Nardi
Universidade Estadual Paulista – Campus de Bauru

_____

Profª. Drª. Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani
Universidade Estadual Paulista - Campus de Bauru

_____

Prof. Dr. Mario Roberto Quintanilla Gatica
Pontifícia Universidade Católica do Chile

_____

Prof. Dr. Otávio Aloisio Maldaner
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

_____

Profª. Drª Odete Pacubi Baierl Teixeira
Universidade Estadual Paulista - Campus de Guaratinguetá

BAURU-SP
2012

Albarracín Muñoz, Liz Mayoly.

Aportes da filosofia da ciência na formação inicial de professores de química e a mobilização do saber e do saber fazer na construção das representações científicas / Muñoz, Albarracín Liz Mayoly 2012.

265 f. : il.

Orientador: Roberto Nardi.

Tese (Doutorado)–Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2012.

1. Filosofia da Ciência. 2. Ensino de Química. 3. Formação inicial de professores. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II. Titulo. Investigação na Formação de professores de Química e a construção de representações científicas.

unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE BAURU
FACULDADE DE CIENCIAS DE BAURU

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE LIZ MAYOLY MUNÕZ ALBARRACIN, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DO(A) FACULDADE DE CIENCIAS DE BAURU.

Aos 30 dias do mês de julho do ano de 2012, às 08:30 horas, no(a) Anfiteatro da Pós-graduação da Faculdade de Ciências, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. ROBERTO NARDI do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciencias de Bauru, Prof. Dr. OTAVIO ALOÍSIO MALDANER do(a) Departamento de Biologia e Química / Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Profa. Dra. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciencias de Bauru, Prof. Dr. MARIO ROBERTO QUINTANILLA GATICA do(a) Faculdade de Educação/Pontificia Universidad Católica do Chile, Profa. Dra. ODETE PACUBI BAIERL TEIXEIRA do(a) Departamento de Física e Química / Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a argüição pública da TESE DE DOUTORADO de LIZ MAYOLY MUNÕZ ALBARRACIN, intitulada "Aportes da Filosofia da Ciência na Formação Inicial de Professores de Química e a Mobilização do Saber e do Saber Fazer na Construção das Representações Científicas". Após a exposição, a discente foi argüida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovada. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. ROBERTO NARDI

Prof. Dr. OTAVIO ALOÍSIO MALDANER

Profa. Dra. SILVIA REGINA QUIJADAS ARO ZULIANI

Prof. Dr. MARIO ROBERTO QUINTANILLA GATICA

Profa. Dra. ODETE PACUBI BAIERL TEIXEIRA

DEDICATÓRIA

A meu pai Luis Alejandro, minha mãe Hipolita e a minha irmã Claudia, por serem sempre presentes nesta caminhada, apoiando-me em todas as escolhas da vida.

A Deus, porque acredito que sempre esteve e estará comigo em todos os momentos da vida dando-me força, alegria e paixão para conquistar cada luta.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que estiveram presentes, de alguma forma, durante esta caminhada e de forma especial:

Agradeço a meu Orientador, o professor Nardi, por sua confiança e apoio incondicional, sem os quais não teria chegado até o final.

Aos professores membros da banca: Professor Maldaner, Professora Silvia, Professora Odete e Professor Mario, que contribuíram com suas sugestões e questionamentos sempre oportunos para melhorar meu trabalho.

Ao Programa de Estudantes - Convênio PG (PEC/PG) da CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brasil, pelo apoio financeiro, indispensável para desenvolver esta pesquisa.

À Universidade Distrital Francisco José de Caldas, Colômbia, por dar a possibilidade para que seus docentes melhorem sua formação profissional.

Ao Projeto Curricular de Licenciatura em Química, seus professores e estudantes que me apoiaram para poder atingir meus objetivos acadêmicos e pessoais.

Ao Professor Mario Quintanilla por compartilhar suas experiências em encontros, eventos e congressos e aceitar ser parte da minha banca de defesa e se dispor a vir até a UNESP para me apoiar neste momento tão importante da minha vida.

A minha querida amiga Fúlvia por seu carinho e amizade incondicional e desinteressada, escutando-me e sendo companhia nos momentos de saudade e solidão.

A meu amigo e colega Job, por sua alegria, amizade sincera e atenta para me ajudar nos momentos em que precisei.

A minha amiga e colega Daniele por suas contribuições, carinho e ajuda na correção da escrita em português e porque sempre torceu para que eu conseguisse chegar até o final.

Aos meus colegas do Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências pelas sugestões e disposição para colaborar com suas ideias no crescimento do grupo e em meu trabalho, em especial a Sandra, Andréia e Olga.

Aos meus colegas e amigos brasileiros que estiveram torcendo para que tudo desse certo: Job, Dani, Fúlvia, Thais, Andreia, José, Vivi.

Aos meus colegas e amigos colombianos que me apoiaram a distância: Claudia, Raúl, Angélica, Andrea, Fredy, Olga, Juan y Yefrin.

A meus pais e minha irmã pelo apoio e carinho de cada dia, dando inestimável força para eu terminar esta fase.

Ao Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência, coordenado pelo Professor Washington Luiz Pacheco de Carvalho, bem como ao pessoal administrativo, que sempre esteviram atentos para me ajudar e orientar durante todo o processo.

Aos Professores em Formação Inicial do IV e V semestres do Projeto Curricular de Licenciatura em Química da Universidade Distrital, em especial à Mayra, Diego, Gineth, Oscar, Carlos, Felipe, Andrés, Laura, Oscar, Laura e Edwin pelo empenho em participar desta proposta.

Às Professoras em Formação Inicial do IX semestre do Projeto Curricular de Licenciatura em Química da Universidade Distrital, Jenny e Laura, pela ajuda durante as filmagens realizadas durantes diversas etapas da pesquisa.

A meu querido amigo Luis Carlos por seu apoio incondicional, palavras de força e disposição para me ajudar sempre.

MUÑOZ ABARRACÍN, LIZ MAYOLY. **Aportes da Filosofia da Ciência na formação inicial de professores de Química e a mobilização do saber e do saber fazer na construção das representações científicas.** 2012. 265 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – UNESP, Faculdade de Ciências, Bauru, 2012.

RESUMO

Uma problemática bastante conhecida, mas pouco estudada pela pesquisa em educação em ciências, é a falta de consideração de aspectos históricos, filosóficos e sociológicos na formação inicial de professores de Ciências, fato que pode criar uma visão distorcida das ciências entre os futuros professores. Argumentamos que uma abordagem que forneça estes subsídios seria importante para atingir os objetivos do Ensino de Ciências que atenda os anseios de uma sociedade contemporânea. Desta forma, esta pesquisa defende que a população deve "saber ciência" e "saber sobre a ciência", com a finalidade de estar capacitada para tomar decisões informadas sobre assuntos de política, tecnologia e ambiente. Assim, compreende-se que ensinar ciências significa, primeiramente, elaborar um sistema de representações estruturadas, interpretadas e modeladas pelo professor, dependendo de como ele entende a ciência, suas teorias e modelos, para interpretar e recriar os fenômenos científicos, recorrendo ao saber disciplinar e ao saber pedagógico do conteúdo. Com estes pressupostos foi elaborada e desenvolvida uma proposta de ensino que procurou construir o "saber" e o "saber fazer" de professores em formação inicial de Química da Universidade Distrital (Bogotá-Colômbia), mediante a vivência de uma experiência docente em sala de aula em uma escola pública da cidade de Bogotá. Foram analisados os discursos dos futuros professores para compreender como os domínios e as manifestações do conhecimento lhes permitiram trabalhar as suas "representações científicas", ou seja, transformar o conhecimento científico em representações e ações pedagógicas e desenvolver habilidades como pensar, atuar e comunicar a ciência, ao mesmo tempo procurando promover atitudes e valores nos estudantes durante os processos de ensino e de aprendizagem da Química. As intervenções junto aos futuros professores, e destes com os estudantes, visaram contribuir para a consolidação de um ensino de ciências que contemple um aporte mais reflexivo e contextualizado. O estudo mostra implicações e contribuições que a presente pesquisa trouxe para a formação inicial de professores das Ciências da Natureza e da Química.

Palavras-chave: Filosofia da Ciência. Ensino de Química. Formação inicial de professores de Química. Representações Científicas.

ABSTRACT

A question sufficiently known, but little studied by the science education researchers is the lack of consideration of historical philosophical and sociological aspects in the scientific practice and education in the teachers' initial education, which could create a distorted vision of the sciences among the future teachers.
An approach taking into consideration these subsidies would be important to reach the aims of science education for the society. In this sense, this research stands up that the population is able in taking decisions informed on subjects of politics, technology and environment, which depends on the kind of scientific education is received by the citizens. In this way, it is understood that teaching sciences means, first of all to elaborate a system of representations that are structured, interpreted and shaped for the teachers, depending on how they understand science, their theories and models, to interpret and to recreate scientific phenomena appealing to the disciplinary knowledge and the pedagogical knowledge content. With these presuppositions it was elaborated and developed a proposal of teachers education that aimed to construct the "knowledge" and the "knowledge making" for Chemistry teachers initial education at the "District University" (Bogota-Colombia), by means of a teaching experience in the classroom at public schools in Bogota City. The future teachers discourses were analyzed in order to understand how their domains and knowledge manifestations allowed them to work their "scientific representations", in order to turn the scientific knowledge in pedagogical representations and actions and to develop abilities as to think, to act and to communicate science, and, at the same time, to look for promoting attitudes and values in the students during the processes of teaching and learning Chemistry. The interventions with the future teachers and from them with the students aimed at to contribute for the consolidation of a science education that contemplates one more reflective and contextualized approach. The study shows implications and contributions that this research brought for the Nature of Science Teachers and Chemistry teachers initial education.

Key-words: Philosophy of Science. Chemistry Education. Chemistry Teachers' Initial Education. Scientific Representations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo que relaciona os domínios do conhecimento do professor com as manifestações de CPC	39
Figura 2. Modelos, enunciados e realidade.	64
Figura 3. Modelo: real, mental e material.	64
Figura 4. Relação teoria, modelo e fenômeno.	66
Figura 5. Uma interpretação das representações externas.	78
Figura 6. Uma interpretação da construção do conhecimento científico.	82
Figura 7. Dimensões cognitivas no processo de aprendizagem.	86
Figura 8. Esquema sobre o papel da linguagem no modalização do mundo natural.	87
Figura 9. Níveis de Representação de Jonhstone (1993;2006)	91
Figura 10. Níveis de interpretação e linguagens utilizados por um especialista em Química.	93
Figura 11. O papel das representações na modelação em ciências	98
Figura 12. Relações entre dimenssões conceptuais, representacionais e interações discursivas.	105
Figura 13. Representações elaboradas pelo PFIQ1 (respostas às questões 1, 2 e 3)	131
Figura 14. Representações elaboradas pelo PFIQ2 (respostas às questões 1, 2 e 3)	133
Figura 15. Representações elaboradas pelo PFIQ3 (respostas às questões 1, 2 e 3)	133
Figura 16. Representações elaboradas pelo PFIQ4 (respostas às questões 1, 2 e 3)	134
Figura 17. Representações elaboradas pelo PFIQ4 (respostas às questões 1, 2 e 3)	135
Figura 18. Representação do PFIQ2 para a questão n.7	137
Figura 19. Representação do PFIQ3 para a questão n.7	137
Figura 20. Representação do PFIQ1 para a questão n.7	138
Figura 21. Representação do PFIQ4 para a questão n.7	138
Figura 22. Representação do PFIQ5 para a questão n.7	138
Figura 23. Desenho do PFIQ1 sobre "o ser professor"	144
Figura 24. Desenho do PFIQ2 sobre "o ser professor"	144
Figura 25. Desenho do PFIQ3 sobre "o ser professor"	145
Figura 26. Desenho do PFIQ4 sobre "o ser professor"	146
Figura 27. Desenho do PFIQ5 sobre "o ser professor"	147
Figura 28. Uve heurística	153
Figura 29. Proposta sobre os Modelos de Chamizo	202

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Princípios e processos que guiam e restringem o raciocínio do químico intuitivo. 31

Quadro 2. Conhecimentos da matéria a ser ensinada. 32

Quadro 3. Realismo e Antirrealismo das teorias e das entidades. 60

Quadro 4. Articulação dos níveis de representação científica com os fundamentos filosóficos. 100

Quadro 5. Uma construção dialógica e plural das representações científicas. 107-109

Quadro 6 Descrição do programa de Licenciatura em Química. 121

Quadro 7. Atividades do curso de Modelos Didáticos grupo inicial (27 PFIQ) 125

Quadro 8. Atividades da segunda parte do curso de Modelos Didáticos (10 PFIQ). 126-127

Quadro 9. Atividades da terceira parte do curso: experiência dos PFIQ em sala de aula com estudantes de Ensino Médio 128

Quadro 10. Categorias gerais de análise 129

Quadro 11. Características dos PFIQ sujeitos da pesquisa 131

Quadro 12. Respostas dos PFIQ à pergunta 6. 136

Quadro 13. Análise do desenho do PFIQ1 sobre o tipo de professor que quer ser 144

Quadro 14. Análise do desenho do PFIQ2 sobre o tipo de professor que quer ser. 144

Quadro 15. Análise do desenho do PFIQ3 sobre o tipo de professor que quer ser. 145

Quadro 16. Análise do desenho do PFIQ4 sobre o tipo de professor que quer ser. 147

Quadro 17. Análise do desenho do PFIQ5 sobre o tipo de professor que quer ser. 147

Quadro 18. Categorias de análise das representações científicas dos PFIQ 150

Quadro 19. Análise geral das atividades realizadas pelos PFIQ. 151

Quadro 20. Temáticas ensinadas pelos PFIQ em sala de aula. 170

Quadro 21. Categorias da análise do CPC e a relação T-P dos PFIQ 171

Quadro 22. Domínios do CPC do grupo do PFIQ1 na sua proposta de ensino 174

Quadro 23 Atividades propostas pelo grupo do PFIQ 1 no artigo apresentado 175

Quadro 24. Domínios do CPC do grupo do PFIQ2 na sua proposta de ensino 177

Quadro 25. Atividades propostas pelo grupo do PFIQ 2 no artigo apresentado 178

Quadro 26. Analogia construída "Un hotel y su huésped" 179

Quadro 27. Domínios do CPC do grupo do PFIQ3 na proposta de ensino 180

Quadro 28. Domínios do CPC dos PFIQ4 na proposta de ensino 182

Quadro 29. Domínios do CPC do grupo do PFIQ5 na sua proposta de ensino 185

Quadro 30. Categoria: Construções epistêmicas analisadas nos discursos do grupo do PFIQ2 e PFIQ5 192
Quadro 31. Análise do Episódio 1. Construção epistêmica dos PFIQ2 e PFIQ5 193
Quadro 32. Análise do Episódio 2 (Apêndice 5) 197
Quadro 33. Análise do Episódio 3 (Apêndice 6) 198
Quadro 34. Análise do Episódio 4 (Apêndice 7) 199
Quadro 35. Análise do Episódio 5 (Apêndice 8) 201
Quadro 36. Categorias de análise para o questionário da Entrevista dos PFIQ 205
Quadro 37. Respostas dos PFIQ para a primeira pergunta da entrevista 206
Quadro 38. Respostas à segunda pergunta da entrevista aos PFIQ 207-208
Quadro 39. Respostas dos PFIQ à terceira pergunta da entrevista. 209-210
Quadro 40. Respostas dos PFIQ à quarta pergunta da entrevista. 212 -213
Quadro 41. Respostas à quinta pergunta pelos PFIQ à entrevista. 215-216

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Ementa do Curso de Modelos Didáticos 253
Anexo 2. Uve heurística elaborada pelos PFIQ sobre o comportamento da matéria 258
Anexo 3. Respostas dos PFIQ às perguntas 1,2 e 3, do apêndice 1 260
Anexo 4. Representações dos PFIQ da pergunta 7 do Apêndice 1 262
Anexo 5. Representações da atividade introdutória 263

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1. Questionário de Sondagem 233
Apêndice 2. Entrevista PFIQ 234
Apêndice 3. Caracterização das representações baseada no referencial teórico 235
Apêndice 4. Transcrição da aula. Episódio 1 240
Apêndice 5. Transcrição da aula. Episódio 2 245
Apêndice 6. Transcrição da aula. Episódio 3 247
Apêndice 7. Transcrição da aula. Episódio 4 249
Apêndice 8. Transcrição da aula. Episódio 5 251

SUMÁRIO

EU, PROFESSORA E PESQUISADORA. 15

DELINEANDO A TESE 17

1. CAPÍTULO I. A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES: COMO CONTEXTUALIZAR AS REPRESENTAÇÕES CIENTÍFICAS 26

1.1 FUNDAMENTOS PARA UMA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS 26

1.1.1 A Formação Inicial de Professores: O que seria o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo e a Representação do Conteúdo 33

1.1.2 Por que a Interação Teoria-Prática (T-P) é Chave no Processo Formativo? 40

2. CAPÍTULO II. AS REPRESENTAÇÕES CIENTÍFICAS: FUNDAMENTOS FILOSÓFICOS 46

2.1 A FILOSOFIA DA CIÊNCIA CONTEMPORÂNEA COMO SUPORTE PARA EXPLICAR AS REPRESENTAÇÕES 47

2.1.1Uma Síntese Sobre a Filosofia da Ciência 49

2.1.1.1 A concepção semântica e a representação científica 51

2.2 O REALISMO CIENTÍFICO É UM CONTEXTO PROBLEMATIZADOR PARA PENSAR AS REPRESENTAÇÕES? 55

2.3 A RELAÇÃO TEORIA, MODELO E REPRESENTAÇÃO: O EPISTEMOLÓGICO E O ONTOLÓGICO 63

3. CAPÍTULO III. AS REPRESENTAÇÕES CIENTÍFICAS NO ENSINO DAS CIÊNCIAS: UMA PROPOSTA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA 73

3.1 AS REPRESENTAÇÕES CIENTÍFICAS NO ENSINO DA QUÍMICA 76

3.2 AS REPRESENTAÇÕES NA QUÍMICA E NA CONSTRUÇÃO DA CIÊNCIA ESCOLAR 88

3.3 COMPETÊNCIAS REPRESENTACIONAIS E A LINGUAGEM DA QUÍMICA NO ENSINO 95

3.4. AS REPRESENTAÇÕES SE CONSTROEM NAS INTERAÇÕES DISCURSIVAS 102

4. CAPÍTULO IV. O CONTEXTO DE PESQUISA: TRAJETO METODOLÓGICO E A PRODUÇÃO DOS DADOS 110

4.1 DOS FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA 110

4.2 DOS INSTRUMENTOS ELABORADOS PARA A CONSTITUIÇÃO DOS DADOS 117

4.3 DOS SUJEITOS DE PESQUISA: OS PROFESSORES EM FORMAÇÃO INICIAL EM QUÍMICA (PFIQ) 120

4.3.1 *Descrição do Curso Modelo Didáticos e da Recolha dos Dados para Análise* 122

4.3.1.1 Descrição da primeira parte do curso de modelos didáticos 122

4.3.1.2 Descrição da segunda parte do curso de modelos didáticos 125

4.3.1.3 Descrição da terceira parte do curso de modelos didáticos 127

4.3.1.4 Descrição da quarta parte do curso de modelos didáticos 129

4.5 A CONSTRUÇÃO DAS CATEGORIAS DE ANÁLISE 129

5. CAPÍTULO V. AS CATEGORIAS DE ANÁLISE E A INTERPRETAÇÃO DOS DADOS PRODUZIDOS. 131

5.1 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO DE SONDAGEM 131

5.2 ANÁLISE DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O CURSO DE MODELOS DIDÁTICOS 143

5.2.1 *Análise das Atividades Introdutórias* 143

5.2.2 *Análise da Segunda Parte do Curso de Modelos Didáticos* 150

5.2.2.1 Análise da construção do experimento da dupla fenda pelos PFIQ 151

5.2.2.2 Análise do ensaio elaborado pelos PFIQ sobre os contextos Científico, Histórico, Político e Social da Teoria Quântica. 165

5.2.3 *Análise da Terceira e Quarta Partes do Curso de Modelos Didáticos: Sobre a proposta de Ensino dos PFIQ.* 168

5.2.3.1 A mobilização do saber e saber fazer na construção do CPC e das Representações Científicas dos PFIQ 170

6. CAPÍTULO VI. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DAS INTERAÇÕES DISCURSIVAS DOS PFIQ. 191

6.1 A RELAÇÃO TEORIA–PRÁTICA DURANTE A EXPERIÊNCIA DE ENSINO DESENVOLVIDA PELOS PFIQ NA ESCOLA 204

CONCLUSÕES 219

REFERÊNCIAS 223

APÊNDICES E ANEXOS 232

EU, PROFESSORA E PESQUISADORA...

Devo reconhecer que uma das minhas preocupações durante meu trabalho docente foi pensar que quase sempre acreditamos, como professores, que somos os donos da verdade. Dessa maneira, pretendemos provar aos estudantes os resultados oferecidos pela ciência, partindo de raciocínios lógicos que mostram construções lineares e sistemáticas, introduzindo representações de entidades e modelos como se fossem verdades inquestionáveis. Isto pelo fato de provirem de atividades realizadas por cientistas os quais acreditamos sejam infalíveis no seu fazer e com a aceitação de que os resultados que atingem são assumidos como realidade inquestionável.

Este pensamento pouco reflexivo e crítico sobre o papel do professor no ensino da ciência começou a me incomodar quanto mais me envolvia com o Ensino Médio e depois com a Formação Inicial de Professores de Química. Percebia que minha ação estava limitada por minhas crenças e, ao questionar-me se aquilo que fazia na sala de aula era bom, entendi que não tinha argumentos suficientes. Isto me fez perguntar sobre o que deveria fazer para enxergar o que estava acontecendo e o que estaria faltando para encontrar respostas a meus questionamentos.

Ingressei, então, no Mestrado em Docência da Química na Universidade Pedagógica Nacional (Bogotá-Colômbia), porque pensava que necessitava saber mais Química para ser melhor professora, mas este foi o primeiro paradigma abandonado quando comecei a entender do que se tratava a pesquisa em educação em ciências. Pouco a pouco me interessei pelos estudos sobre a formação de professores e a didática das ciências.

Também iniciei a participação em projetos de pesquisa, minhas primeiras apresentações em eventos nacionais e internacionais. O Estágio de Pesquisa realizado na Universidade Estadual Paulista UNESP (Bauru-Brasil), no ano de 2004, sob a orientação do Professor Mestre Rómulo Gallego Badillo e do Professor Doutor Roberto Nardi, trouxe como resultado a formalização do Convênio de Cooperação Internacional UPN/UNESP (2005). Esta aproximação permitiu-me pensar e analisar meu campo profissional a partir de fundamentos filosóficos, históricos, didáticos, sociais e

culturais, mediante os quais compreendi a necessidade de incorporá-los em meu trabalho docente.

Meu ingresso no campo da Formação Inicial de Professores aconteceu no ano 2006, quando comecei a fazer parte do programa de Licenciatura em Química da Universidade Distrital Francisco José de Caldas (Bogotá-Colômbia). Isso foi como um sonho se tornando realidade. Ingressar como professora de carreira na "alma mater" que me acolheu e me formou provocou um sentimento de satisfação, mas também uma vontade de fazer o melhor como professora, pesquisadora e orientadora de futuras gerações de professores que merecem ter uma formação digna e com qualidade.

A experiência e os laços acadêmicos fizeram com que minhas motivações para realizar estudos em nível de doutorado me trouxessem ao Brasil. Foi com grande emoção e superando muitas dificuldades que consegui obter uma bolsa de estudos no ano 2009, através do Programa de Cooperação Internacional de Estudantes, Convênio de Pós-graduação PEC-PG da CAPES.

Contudo, por questões administrativas e contratuais, só consegui iniciar o doutorado na metade do ano 2009. Graças a estes convênios, eu e outros colombianos pudemos ter a oportunidade de nos formar em um programa de qualidade. Agora finalizando esta etapa, posso dizer que esta tem sido uma experiência emocionante, formadora e gratificante.

A participação no Grupo de Pesquisa Ensino de Ciências (UNESP) e em diversos eventos acadêmicos me permitiu crescer e reconhecer que grande parte dessa caminhada deve-se ao apoio incondicional de minha família, à possibilidade gerada pela UDFJC, ao Programa de Educação para a Ciência da UNESP para me formar como Doutora, e à oportunidade, confiança e orientação de professores e colegas, que me deram apoio incondicional para enfrentar com sucesso este desafio.

Agora espero retribuir um pouco do que aprendi à comunidade acadêmica e à sociedade, que espera que novos profissionais comprometidos com o processo de liderança transformadora pensem e atuem para melhorar a qualidade de vida de todos os cidadãos, procurando um mundo melhor para as próximas gerações.

Passo, então, à formulação das questões tratadas na presente tese, apresentando também a estrutura do trabalho.

DELINEANDO A TESE

> O rigor da ciência requer que distinguamos bem a figura desnuda da própria natureza, da vestimenta de cores vivas com a qual a cobrimos para nosso prazer. [Heinrich Hertz, citado por Ludwig Boltzmann, carta Nature, 28 de fevereiro de 1985] (VAN FRAASSEN, 2006, p. 23)

A pesquisa que apresentaremos insere-se no cenário atual de debates na área de Educação em Ciências e está relacionada às ideias existentes sobre as distintas concepções de Filosofia da Ciência e de Didática das Ciências na Formação Inicial de Professores. Investigadores como Mellado e Carracedo (1993) afirmam que as concepções docentes mostram, implícita ou explicitamente, ideias sobre a natureza da ciência e sobre o conhecimento científico e que, predominantemente, no ensino de ciências, a imagem da Ciência tem sido simplificada e distorcida, ao não se considerar seus aspectos históricos, filosóficos e sociológicos, havendo dificuldades para o professor, ao buscar contextualizar o conhecimento científico.

A crise que vem se manifestando no setor educativo, sobretudo na qualidade do ensino e da aprendizagem das ciências, é potencializada na ausência de uma abordagem Filosófica, Didática, Pedagógica e Psicológica, dentre outras, que forneça os subsídios teóricos e metodológicos que ajudem ao professor a resolver os problemas que surgem na sala de aula. Como argumenta Matthews (1994), estes campos podem contribuir para humanizar as ciências e aproximá-las de interesses pessoais, éticos, culturais e políticos; para tornar as aulas mais estimulantes e reflexivas, incrementando, assim, a capacidade de pensamento crítico. Podem também contribuir para uma compreensão maior dos conhecimentos científicos, ajudando a superar o mar de dúvidas em que se convertem as fórmulas e equações e auxiliariam a formação dos professores no desenvolvimento e conhecimento da ciência, sua estrutura e sua epistemologia.

Do mesmo modo, proclama-se hoje que a população em geral deve saber ciência e saber sobre a ciência com a finalidade de estar capacitada para tomar decisões informadas sobre assuntos de política, tecnologia e ambiente. Este panorama precisa de um modelo de formação do futuro professorado que atinja o objetivo de compreender a ciência e saber como ensiná-la, atendendo aos fundamentos filosóficos, históricos, didáticos, sociais e culturais, de forma que estes fundamentos articulados e contextualizados ofereçam a possibilidade a quem aprende de entender que a ciência está constituída de representações

elaboradas pelos cientistas em seu interesse para explicar como funciona o mundo. Isso em contraposição às crenças consideradas ingênuas que, a este respeito, acreditam que a "Ciência nos dá um retrato verdadeiro do mundo, fidedigno nos detalhes, e que as entidades postuladas realmente existem; definindo os avanços da ciência como descobertas, em vez de invenções construídas pelo homem" (VAN FRAASSEN, 2006, p. 25)

Geralmente as ciências são ensinadas como se fossem representações verdadeiras, ou absolutamente verdadeiras de um mundo dado, de uma vez por todas. Segundo Fourez (2007), se oculta, assim, o fato de que a mesma situação pode ser vista através de distintas óticas estabelecidas ou representadas em função de diferentes projetos. É omitido também que as representações científicas são resultados de uma eleição arriscada e não do resultado de uma lógica absoluta que conduz a única verdade da natureza.

Deste modo, em contraposição a esta concepção, defende-se a ideia de que ensinar ciências significa arranjar um sistema de representações que são estruturadas, interpretadas e modeladas pelo professor, dependendo de como ele entende a ciência, suas teorias e modelos, para interpretar e recriar os fenômenos científicos, recorrendo ao saber disciplinar e o saber pedagógico do conteúdo.

Nesse sentido, para Shulman (1987), dar uma aula efetivamente implica em possuir alguns conhecimentos e habilidades básicos, dentre eles estão conhecer o conteúdo e as habilidades pedagógicas gerais. Ele concebe a interação destes dois elementos como o "Conhecimento pedagógico do conteúdo" (CPC). O professor transforma o conhecimento em representações e ações pedagógicas, desenvolve habilidades e promove atitudes e valores nos estudantes. Isto caracteriza o denominado CPC que, segundo Loughran *et al* (2004), também inclui a competência do professor para trabalhar a Representação do Conteúdo (ReCo), que faz referência ao entendimento sobre: o conhecimento das concepções alternativas dos estudantes, as ideias centrais em torno de um tema específico e a importância de que os estudantes as adquiram para o estabelecimento de sequências e estratégias didáticas efetivas para o ensino, bem como as formas de avaliá-las.

Sendo assim, os professores devem conhecer a disciplina que ensinam, contudo há outros elementos que precisam ser contemplados em sua formação devido à diversidade de saberes que implicam na prática docente. Esta necessidade é evidenciada por autores que discutem a formação de professores. Por exemplo, para Tardif (2003), o professor é uma

amálgama de saberes, conhecimentos, competências e habilidades produzidas pela socialização e a imersão dos indivíduos nos diversos contextos sociais em que estão inseridos. Para Garcia (1999), não existe uma diferenciação sobre conhecimentos e saberes do professor. Segundo Machado (2000), o professor constrói saberes na ação. Já Giroux (1997), a partir de uma tendência crítica, questiona sobre o que conta como conhecimento curricular e como tal conhecimento é produzido, que linguagens são utilizadas para ensinar os conhecimentos e como eles produzem significados sociais, culturais e políticos.

No mesmo sentido, Labarca (2005) assume que não é suficiente educar os professores de Química só com os conteúdos dos cursos e os assuntos de psicologia educativa. Os docentes de Química necessitam ser introduzidos no estudo da própria natureza da química; isto significaria apropriarem-se destes fundamentos. Porém, a Filosofia da Química, como subdisciplina da Filosofia da Ciência, encontra-se em processo de construção, devido ao reducionismo declarado da Química à Física, que vem promulgando que a Química é explicada em sua totalidade por leis provenientes da Mecânica Quântica. Somado a isto, a Química é considerada uma disciplina meramente fenomenológica, que segundo Fontenelle (apud BENSAUDE-VINCENT; STENGERS, 1992, p. 346) "é a ciência dos fenômenos, ciência onde as consequências das leis inteligíveis da Física perdem sua limpidez, onde começa a cozinha obscura das aproximações e das negociações com os dados empíricos". Esta concepção sobre a Química caracteriza-se por uma espécie de realismo ingênuo que defende uma única ontologia. Por esta razão o professor que ensina Química precisa conhecer tais discussões e questionar-se acerca desses embates para estabelecer novos pontos de reflexão que lhe permita legitimar a Química como uma ciência constituída por leis e teorias, com fundamentos conceituais e metodológicos próprios.

Bachelard (1973, p. 24), ao referir-se ao conhecimento químico, afirma que ele é tão diverso que sua compreensão particular é extensiva a outros campos, superando o isolamento no próprio domínio e dando lugar ao pluralismo coerente: "nele, a diversidade torna-se orgânica, a experiência é sustentada por ligações racionais que podem, por sua própria extensão, multiplicar a diversidade". Com este argumento ele critica a concepção reducionista e o realismo ingênuo ao qual tem sido relegada a Química.

Desse modo, se questiona: qual ciência o professor deve ensinar? A que é real e verdadeira; ou aquela concepção em que a ciência transita pelos caminhos da incerteza, cujas margens de verdade e ficção não são tão distinguíveis e cujo objetivo não conduz a uma verdade última, procurando certas virtudes como a adequação empírica, a abrangência e a aceitabilidade relativa para responder a diferentes propósitos? Segundo Van Fraassen (2006, p. 35), "aceitar uma teoria é acreditar que ela é empiricamente adequada: que o quanto a teoria diz acerca do que é observável (por nós) é verdadeiro". No entanto, as teorias são instrumentos intelectuais de predição, controle e investigação, pelo que sua aceitação significa assumir um compromisso com o desenvolvimento do programa de investigação que se adota. Porém, aceitar uma teoria porque ela esclarece algo, não deve levar-nos a pensar que o que a teoria diz é literalmente verdadeiro. Esta última opção é a aqui assumida, pois precisa ser pensado que, se o conhecimento é considerado como independente do sujeito, ele tem a possibilidade de conhecê-lo mediante sua interação com o mundo dos objetos e pelas representações internas que ele constrói do mundo externo.

Estas representações internas são definidas por alguns autores como modelos mentais (JOHNSON-LAIRD, 1996; GEIRE, 1992) e construções idiossincráticas que funcionam como representações análogas do mundo percebido e cuja funcionalidade está em fazer predições a respeito dos fenômenos científicos.

Hacking (1996) afirma que a primeira tarefa do homem é a representação. Isto nos faz pensar que somos o que nós representamos e isso é o que nos permite intervir no mundo e fazer predições, elaborar explicações, construir modelos, avaliar o que assumimos como real, aceitar ou negar a existência de teorias verdadeiras e questionar sobre as concepções acerca de como assumimos a natureza da ciência e como ela se permeia de outros fundamentos que fazem parte da vida do homem que é pertencente a uma sociedade e a uma cultura, a um mundo que se transforma constantemente.

A partir do exposto, esta pesquisa propõe-se a abordar um estudo direcionado por algumas questões, sendo elas: O que seriam as representações científicas e qual é o conhecimento escolar que elas possibilitam quando construídas para dar explicação ao mundo químico? Qual é o significado atribuído pelos professores em formação inicial às representações científicas e como elas podem ser consideradas no ensino da Química? Quais fundamentos conceituais e metodológicos, durante a formação inicial de professores,

seriam necessários para articular a Filosofia da Ciência e a Educação em Ciências como eixo de sua formação?

Nesta pesquisa, as representações são entendidas como novas estruturações organizadas pelos sujeitos (professor, estudantes, cientista) para reapresentar "algo" e que não podem ser julgadas como verdadeiras ou falsas, já que não se pretende que exista uma correspondência com o mundo, como se fosse uma cópia fiel e direta da realidade. Por sua vez, o conhecimento científico é uma representação e, portanto, não é a realidade, nem se assemelha a ela, mas a representa. Neste sentido, os cientistas têm desenvolvido uma linguagem constituída por uma série de signos que se organizam em estruturas, fórmulas, símbolos e equações que, lidos à luz de uma determinada teoria, podem configurar-se como modelos e representações que se traduzem em interpretações e discursos, cuja pretensão é a de comunicar, divulgar e debater para se entrar em consenso sobre os conhecimentos científicos que serão considerados como apropriados para que a ciência possa explicar como funciona o mundo.

Recorre-se aos fundamentos da Filosofia da Ciência, como eixos articuladores na formação de professores, na justificativa de que, geralmente, se desconhece a natureza, a história e a filosofia da ciência que se ensina. Portanto, as visões que os professores adotam sobre ela no seu ensino correspondem a uma ideia de ciência que é absoluta e acabada, que não precisa ser discutida e analisada, sem reflexões e posicionamentos críticos acerca de como o conhecimento é construído e representado pelas comunidades de cientistas. Isto traz como consequência um ensino descontextualizado que recorre à memorização de conteúdos que não fazem sentido para quem aprende. Visando superar esta situação, ou seja, para que as representações científicas tenham significado no contexto de ensino e aprendizagem das ciencias, elas devem ser desconstruídas, para serem contextualizadas mediante estratégias de ensino que procurem compreender e transformar os conteúdos em conhecimento útil para quem aprende, com a intenção de entender os processos científicos, sociais, históricos e ideológicos que lhes deram origem.

Assim, se procurará discutir a lógica na qual se estrutura a ciência Química quanto ao fazer científico e a relação entre ciência e sociedade na formação inicial de professores de Química, visando contribuir para a consolidação de um ensino de ciências que contemple um aporte mais reflexivo e contextualizado. Sendo assim, o problema que se

aborda é compreender os fundamentos históricos e filosóficos da ciência que podem contribuir no processo de formação inicial para a compreensão pelos futuros professores das questões que envolvem as representações científicas na Química e como estas podem subsidiá-los no ensino de Química em sala de aula.

Com a finalidade de atingir o propósito desta pesquisa, foi preciso identificar as representações que os professores em formação inicial em Química (PFIQ) de um curso de Licenciatura em Química da Universidade Distrital (Bogotá-Colômbia) constroem sobre o conceito de estrutura química. Uma vez identificadas essas concepções, com o objetivo de construí-las e reconstruí-las mediante uma estratégia didática, desenvolveu-se um processo de interação em sala de aula (entre Pesquisadora e PFIQ) para construir uma proposta de aula viável a ser desenvolvida com estudantes de Ensino Médio de uma escola da periferia para trabalhar as representações científicas de alguns fenômenos químicos e, assim, analisar os fundamentos teóricos e metodológicos utilizados pelos professores em formação inicial na construção do conhecimento escolar.

As interações que ocorreram na sala de aula foram interpretadas de acordo com a proposta de Kozma e Russell, (2005) e Wu (2003), ao considerar a aprendizagem como o desenvolvimento de competências representacionais implicadas em realizar ações que permitam ao sujeito que aprende gerar representações para um propósito particular, utilizar representações para dar explicações, utilizar as representações num contexto social para comunicar sua compreensão e estabelecer relações entre diferentes representações.

Por outro lado, procura-se analisar qual é o pensamento científico que os professores desenvolvem quando incorporam as representações científicas para dar conta de interpretar, explicar e compreender os fenômenos do mundo químico que, em sua complexidade, envolve representações de tipo macroscópicas, microscópicas e simbólicas.

Segundo Bachelard (1996), a formação do pensamento científico passa por um estado concreto cuja primeira representação é geométrica, fundada num realismo ingênuo que permanece ligado ao aparente, seguido de um estado concreto-abstrato, em que o espírito se sente mais seguro de sua abstração. No entanto, pode ser representada por uma intuição sensível, a configuração do pensamento abstrato se dá entre as formas construídas que se desligam da experiência imediata para entrar em polêmica declarada com a realidade.

A análise aqui realizada sobre o processo de interação em sala de aula pelos professores em formação inicial é baseada na abordagem epistêmica proposta por Silva e Mortimer (2010). A intenção foi analisar os sentidos que os professores em formação atribuem ao ressignificar as representações científicas para explicar uma ciência como a Química. Isto é, a visão desta Ciência como uma produção humana cujo processo de construção está ligado aos contextos históricos, sociais, políticos e até econômicos, o que dota este conhecimento de ideologias próprias que caracterizam seu processo de criação e constituição como Ciência.

É evidente que hoje existe uma nova perspectiva na maneira de entender a educação científica na escola, partindo da ideia de que a Ciência tem que ser vista como uma construção coletiva que tem seus mitos, regras, paradigmas e leis próprias, constituídas no percurso do tempo por filósofos, cientistas, instituições, grupos e profissionais dos tipos mais variados. Também, para conseguir estabelecer-se como disciplina escolar e objeto de estudo dos especialistas, a educação científica tem percorrido um longo caminho que, assim como qualquer outra construção humana, constitui-se histórica e socialmente (NARDI; ALMEIDA, 2008).

Formuladas estas questões, neste momento, para compreender a estrutura da pesquisa apresenta-se em seguida, de forma sucinta, o conteúdo de cada um dos capítulos deste relato de pesquisa.

No Capítulo I discorre-se sobre a contextualização das representações científicas na Formação de Professores de ciências, com a pretensão de estabelecer uma ligação com os fundamentos do Conhecimento Pedagógico do Professor (CPC) e a Representação do Conteúdo (*Content Representation* – CoRe) indicando como estes permitem auxiliar o trabalho do professor de Química em sala de aula. São apresentados trabalhos realizados com este enfoque.

No Capítulo II, apresentam-se os fundamentos filosóficos que sustentam o conceito de representação científica, pautando-se em raciocínios contemporâneos das escolas semânticas para adotar uma definição de representação compatível com os pressupostos didáticos que constituam um ensino da Química que, dotado de argumentos filosóficos, promovam a compreensão da ciência.

No Capítulo III constroem-se os fundamentos teóricos do ensino da Química, que darão origem a uma proposta baseada em pressupostos filosóficos e didáticos que proporcionem subsídios para realizar um ensino da Química baseado nas representações científicas e explorando suas contribuições no processo de ensino e de aprendizagem. Apresentam-se, também, os fundamentos utilizados para analisar as interações em sala de aula dos professores em formação inicial.

No Capítulo IV é realizada uma descrição do trajeto metodológico no desenvolvimento da pesquisa e são apontados os referenciais a partir dos quais se fazem as análises dos resultados.

O Capítulo V corresponde à apresentação dos dados e das análises elaboradas, fundamentadas nos referenciais teóricos, adotando concepções filosóficas semânticas e utilizando como categorias de análise os níveis de representação construídos, baseados em autores como Kozma e Russell (2005), Ibarra e Mormann (2000) que, por sua vez, articularam-se com a proposta de Izquierdo-Aymerich (2004) acerca de pensar, atuar e comunicar a ciência na sala de aula, com a finalidade de identificar as representações científicas como subsídio do conhecimento pedagógico do professor durante o ensino da Química.

No Capítulo VI é apresentada uma abordagem discursiva baseada em Silva e Mortimer (2010) a fim de identificar nos discursos do professor em formação, quando atuando em sala de aula, como estes contextualizaram as representações científicas ao ensinar os fenômenos científicos a estudantes de Ensino Médio de uma escola da periferia da Cidade de Bogotá (Colômbia).

Finalmente apresentam-se as conclusões da pesquisa, explicitando-se vantagens e limitações enfrentadas durante o processo, assim como os alcances que esta pesquisa teve para os professores e para a pesquisadora.

A pesquisa foi desenvolvida considerando os subsídios teóricos adotados no Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências, do qual participam a presente pesquisadora e seu orientador, apoiados nos referenciais teóricos de duas linhas de pesquisa: uma primeira, sobre os modelos psicopedagógicos no Ensino de Ciências e Matemática, que abrange estudos que focalizam concepções teóricas acerca da aprendizagem e do desenvolvimento

humano e os modelos pedagógicos originários de trabalhos de reflexão teórica/pesquisa e suas aplicações no Ensino de Ciências e Matemática. A segunda linha versa sobre a linguagem, o discurso e o Ensino de Ciências, envolvendo estudos acerca da comunicação no ensino de ciências; estudos sobre linguagem e representações em aula, comunicação professor-aluno, comunicação aluno-aluno e as possibilidades e limites que as diversas formas e modalidades de linguagem estabelecem para a aprendizagem das ciências.

1. CAPÍTULO I. A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES: COMO CONTEXTUALIZAR AS REPRESENTAÇÕES CIENTÍFICAS

Neste capítulo são apresentados os referenciais que ajudaram a caracterizar a formação de professores de Ciências, com o intuito de estabelecer uma ligação com o que são as representações científicas. É preciso esclarecer que esta relação não aparece explícita na literatura. Neste tópico foi necessário procurar os autores que pesquisam sobre formação de professores de Ciências e sobre a Filosofia da Ciência, para identificar o que distingue o professor que trabalha o ensino embasando-se nos pressupostos filosóficos. No mesmo raciocínio identificaram-se os referenciais sobre o que se entende por *Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (CPC)*, como fator de mobilização do saber e saber fazer do professor para ensinar a ciência utilizando o que alguns autores denominam como *Representação do Conteúdo (ReCo)*.

1.1 FUNDAMENTOS PARA UMA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS

Acredita-se que deve ser de interesse do professor compreender as representações dos estudantes para entender as construções e elaborações sobre o que eles aprendem. Isto implicaria no aproximar às distintas formas de pensar e representar o que sabemos. Ensinar não é o único objetivo do professor. Segundo Vasconcellos (2003, p. 55), o papel do professor é educar através do ensino, retomamos isto sem desconhecer que tanto educar como ensinar perseguem objetos diferentes; no entanto, nos ajuda a pensar sobre o que ensinar, a quem, quando, como e para quê? Numa perspectiva dialética libertadora, ensinar determinado conteúdo a alguém num certo contexto tem a ver com o mundo todo, quem ensina e quem aprende são sujeitos que fazem parte da polis, trazendo para sala de aula toda essa complexidade.

Em uma pesquisa realizada no *Institut National de Recherche Pedagogique* (INRP) sobre a "Modulação da formação dos professores" (BAILLAUQUÈS, KEMPF; ROUSVOAL, 1994), os autores assumiram as representações como instrumentos cognitivos de apreensão da realidade e de orientação das condutas. Assim, mesmo "as representações dos professores podem ser consideradas como um dos meios a partir dos

quais eles estruturam o planejamento do processo de ensino e da aprendizagem" (CHARLIER, 1989 citado em PAGUAY *et al*, 2001, p. 37).

A pesquisa no campo do ensino avança sobre a construção de referenciais teóricos apoiados na construção de fundamentos que surgem do próprio exercício profissional dos docentes e da construção das representações sobre o conhecimento científico, que sejam potencialmente úteis para interpretar o mundo a partir de sua natureza conceitual e da apropriação do modo de saber transformar o conhecimento para que seja suscetível de ser ensinado.

Porém, as pesquisas sobre as representações no campo da formação de professores ficam limitadas aos estudos sobre a representação que os professores têm de si mesmos e de sua profissão (PAGUAY *et al,* 2001). Dessa forma, estudos sobre as representações científicas que estão relacionadas com a natureza do conhecimento científico foram pesquisadas através do que alguns autores (CARVALHO; GIL, 2003; GARCIA, 1999) denominam por estudo do conteúdo a ensinar, cujo objeto de pesquisa coloca-se em campos como o da Didática das Ciências.

Neste sentido, um estudo realizado por Silveira e Pinto (2009) mapeando artigos sobre a história da ciência nos periódicos "Química Nova" e "Química Nova na Escola", entre 1978 e 2004, destacaram os saberes sobre a natureza do conhecimento científico que podem contribuir no aprimoramento das concepções científicas dos docentes. Segundo eles, estes saberes seriam: uma contraposição à ideia de gênios e dogmas científicos; participação das mulheres na ciência; construção da ciência fora das esferas centrais; contato com os saberes produzidos em diferentes momentos históricos; reconhecimento de crises na elaboração de saberes científicos; consideração da participação de personagens menos conhecidas na ciência; compreensão do limite e da validade das teorias e dos modelos científicos; reconhecimento do caráter coletivo do trabalho dos cientistas; implicações sociais da ciência e a construção cultural da ciência.

Com relação às pesquisas que abordam os saberes do conteúdo e os saberes sobre a natureza do conhecimento científico, especificamente no que faz referência ao saber acerca dos modelos e representações científicas, a partir do ponto de vista histórico e epistemológico, percebe-se a necessidade de uma ligação entre a formação didática e pedagógica do professor com os fundamentos filosóficos da ciência que deve ser ensinada

ao professor. Assim, a formação do professor e o ensino de ciências precisam ser considerados como objetos de pesquisa, procurando resolver as problemáticas que surgem destas relações, apoiados nos campos da Didática das Ciências, da Formação Docente e da Filosofia das Ciências.

Adúriz-Bravo e Izquierdo (2002) mostram que estruturar o ensino de filosofia da ciência para os professores em formação contribui para o entendimento desses futuros docentes sobre a natureza da ciência, e isso, por sua vez, impactaria positivamente nas aulas de ciências. Todavia, ressaltam o lugar marginal que a filosofia da ciência ocupa na formação de professores, isto apesar do número crescente das investigações sobre a inserção da história e filosofia da ciência na formação docente.

Segundo Solbes e Traver (2001), a formação de professores deve ter um componente pedagógico com saberes relacionados à história e à filosofia da ciência, sendo que estes podem auxiliar no melhoramento das concepções docentes sobre ciência e nas práticas voltadas à educação científica na escola. Isto também é indicado nas pesquisas sobre formação de professores como apresentado a seguir.

Matthews (1994) afirma que não se trata da inclusão isolada da história, da filosofia e da sociologia das ciências, apenas como um item a mais a ser estudado. É preciso fazer uma contextualização da ciência. Com isto, espera-se que os estudantes melhorem seu conhecimento e a compreensão das formas que as ideias científicas tomam através do tempo, assim como a própria natureza destas ideias e sua aplicação, sendo afetadas por contextos políticos, sociais e morais, os quais devem ser caracterizados no espaço e no tempo em que se desenvolvem.

O futuro professor deveria ser capaz de distinguir entre as exigências e os argumentos baseados em evidências e dados científicos daqueles que provêm do senso comum. Deste modo, o desenvolvimento de uma ideia ou teoria científica concreta se relaciona com seu contexto filosófico, histórico, cultural e social, de modo que a reconstrução do conhecimento científico através de debates, análise de casos paradigmáticos e controvérsias científicas sejam formas que permitam aos estudantes entenderem como as teorias, modelos e formas de representar têm mudado ao longo do tempo.

Esta pesquisa parte do pressuposto de que o professor de ciências formado com suportes da História e da Filosofia pode ajudar seus estudantes a entender como a ciência

capta e não capta o mundo real. Isto é, compreender que os objetos teóricos da ciência são representações idealizadas que não correspondem aos objetos reais. Dessa forma, as explicações que se constroem no processo de ensino aprendizagem devem estar ancoradas em conhecimentos próprios da natureza da ciência, considerando que construímos modelos e representações sobre idealizações que não têm uma correspondência direta com o mundo real e que respondem a uma lógica que explica os fatos científicos com teorias, modelos e representações e que o professor deve interpretar para conseguir reconstruir explicações com exigência epistemológica. Para isso, precisa-se dominar a História, a Filosofia e a Sociologia da Ciência, entre outras, para entender e representar as construções elaboradas pelos cientistas do conhecimento científico escolar.

Medeiros e Bezerra (2000) retomam Lederman e Zeidler (1987) para explicar que existem dúvidas sobre a existência de uma relação direta entre as convicções filosóficas dos professores e os modos de eles se portarem em sala de aula, no tocante à produção do conhecimento. A este respeito, concorda-se com os autores quando eles enfatizam que é possível que o professor exiba um razoável conhecimento da Filosofia da Ciência sem que traduza, necessariamente tal conhecimento nas suas ações em sala de aula. Isto, em razão de que, além dos fundamentos filosóficos, sua aplicação envolve mudanças em seu pensar e em seu fazer, pois não é suficiente investir na fundamentação filosófica sem o professor ter um posicionamento frente ao ensino e ao que ele ensina e procurando sempre uma renovação didática e metodológica de suas aulas. Nesta postura os autores apontam que, de fato, tentar enfocar a produção científica fora dos padrões tradicionais do indutivismo ingênuo é um desafio para o qual nem todos aqueles filosoficamente aptos podem estar psicologicamente preparados e socialmente motivados.

Portanto, entende-se importante resgatar a articulação dos fundamentos filosóficos e do conhecimento pedagógico do conteúdo como uma condição necessária na formação do professor, contudo, levando em consideração que isto não seja suficiente para que o professor desenvolva em sala de aula uma atitude próxima à sua convicção sobre o que há de pensar e saber sobre o conhecimento científico. Deste mesmo modo, é importante uma compreensão dos temas filosóficos e dos mecanismos de validação do conhecimento para embasar o trabalho do professor para o desenvolvimento de atitudes em sala de aula que

agregaria estratégias didáticas em que ensinar esteja mais em sintonia com os contributos da moderna Filosofia da Ciência.

Segundo autores como Mc Comas (2008) e Matthews (1994), o que caracterizaria os trabalhos sobre a natureza da ciência no contexto da História e Filosofia das Ciências (HFC) e que poderiam se considerar um desafio para o professor no ensino da Ciência seriam, entre outras:

- Compreender que a Ciência fornece uma tentativa de explicar os fenômenos naturais o qual pressupõe, para fins práticos, que seu objeto de estudo é real;
- Assumir que a ciência busca descrever o mundo de uma maneira simples, ordenada e compreensível, o que não deve se entender como simplificada e linear;
- Caracterizar o conhecimento científico como provisório e confiável e;
- Construir argumentos científicos que se adequem aos princípios da razão lógica, entendendo os fatores que não cabem no âmbito racional e que influenciam a prática científica, os quais devem ser discutidos como parte da construção do conhecimento científico escolar.

Na mesma linha de raciocínio, Matthews (2005) apud Matinez e Guillaumin (2005), afirma que a natureza da ciência mais adequada para a prática profissional do professor de ciências deveria satisfazer os seguintes quesitos:

1. Ser uma reflexão de tipo epistemológica, ambientada na História da Ciência e advertida pela Sociologia da Ciência contra o dogmatismo e o triunfalismo do relato positivista tradicional;
2. Construir uma imagem da Ciência realista e racionalista moderada, fazendo destaque nas metas intelectuais e materiais das Ciências Naturais sem subtrair-se da discussão de suas limitações e de seus aspetos éticos ou "humanos" e;
3. Sintonizar com os conteúdos disciplinares, pedagógicos e didáticos que os professores recebem no percurso de sua formação e sua atividade.

Os mencionados autores afirmam que estes quesitos os têm levado a se interessar pela natureza da ciência centrada no conceito de modelo teórico que, embora seja dinâmico

e frutífero para organizar o ensino da Ciência, apresenta dificuldades para que os professores se entrosem com as exigências acima enunciadas, provavelmente pelo predomínio de ideias intuitivas dos professores sobre o conhecimento científico, constituídas por raciocínios que solapam com inferências e suposições que partem do senso comum. O que é consequência da falta de fundamentos conceituais sobre o conhecimento científico e a limitada abordagem didática e metodológica para transformá-lo em conhecimento escolar.

Nas palavras de Talanquer (2006), são ideias que se assemelham às ideias do químico intuitivo, inscritas na visão filosófica do Realismo Ingênuo, na qual o sujeito tem uma confiança extrema em seus sentidos, como instrumento de investigação e análise das propriedades dos objetos e os processos naturais, com a tendência a conceber os modelos científicos como representações fieis da realidade. É assim que a visão do mundo se complementa entre princípios intuitivos sobre a natureza e os processos heurísticos que guiam ou restringem seu raciocínio. No Quadro 1 (TALANQUER, 2006, p. 114), exibe-se o que seriam os princípios e processos que guiam e restringem o raciocínio do químico intuitivo.

Quadro 1. Princípios e processos que guiam e restringem o raciocínio do Químico Intuitivo.

Visão do mundo **Realismo ingênuo**	
Princípios intuitivos	**Processos heurísticos**
Continuidade Essencialismo Substancialismo Causalidade mecânica Teleologia	Associação Redução Fixação Sequenciação linear

Fonte: Talanquer (2006).

É interessante fazer uma análise do trabalho do professor à luz das características do químico intuitivo para indagar se esses pressupostos guiam seu saber e seu fazer, isto significaria que o professor acredita que:

- Os objetos e processos no mundo físico existem de maneira independente do observador;
- Os objetos e fenômenos no mundo físico são da maneira como os percebemos;
- Os sentidos nos proporcionam o conhecimento direto sobre a realidade;

- Os objetos físicos tendem a existir em estados "naturais" (normalmente estáticos e inertes). As coisas são como as pensamos e, portanto, só as transformações das propriedades anormais ou inesperadas requerem uma explicação;
- A Ciência estuda o mundo físico e, por isso, os conceitos e modelos científicos se referem aos objetos, propriedades ou eventos que existem no mundo real.

Fazendo parte do CPC encontra-se o conhecimento da matéria que, segundo Carvalho e Gil (2003), ajudaria o professor a conhecer os fundamentos filosóficos, históricos, sociais e culturais do conhecimento científico, permitindo que ele construa e planeje atividades didáticas e pedagógicas que favoreçam o ensino da ciência. No Quadro 2 apresentam-se como esses aspectos devem ser abordados para que o professor, além de conhecer a matéria a ensinar, consiga transformar este conhecimento científico em escolar, o que implicaria o desenvolvimento do saber e saber fazer em sala de aula. Isto na formação do professor constituiria a construção do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo, como será explicado a seguir.

Quadro 2. Conhecimentos da matéria a serem ensinados

1. Conhecer a História das Ciências	Conhecer os problemas que originaram a construção dos conhecimentos científicos (sem o que os referidos conhecimentos surgem como construções arbitrárias). Conhecer, em especial, quais foram as dificuldades e obstáculos epistemológicos (o que constitui uma ajuda imprescindível para compreender as dificuldades dos alunos).
2. Conhecer as orientações metodológicas empregadas na construção dos conhecimentos	Isto é, a forma como os cientistas abordam os problemas, as características mais notáveis de sua atividade, os critérios de validação e aceitação das teorias científicas.
3. Conhecer as interações Ciência/Tecnologia/Sociedade	Associadas às construções dos conhecimentos, sem ignorar o caráter, em geral, dramático, do papel social das Ciências; a necessidade da tomada de decisões.
4. Conhecer conhecimentos científicos recentes e suas perspectivas	Para poder transmitir uma visão dinâmica, não fechada, da Ciência. Adquirir, do mesmo modo, conhecimentos de outras matérias relacionadas, para poder abordar problemas afins, as interações entre os diferentes campos e os processos de unificação.
5. Saber selecionar conteúdos adequados	Que deem uma visão correta da Ciência e que sejam acessíveis aos alunos e suscetíveis de interesse.
6. Estar preparado para adquirir novos conhecimentos	Para aprofundar os conhecimentos e para adquirir outros novos.

Fonte: Carvalho e Gil-Pérez (2003).

1.1.1 A Formação Inicial de Professores: O que seria o Conhecimento Pedagógico do conteúdo e a Representação do conteúdo

Segundo Garcia (1999), identificar as metas e finalidades da formação de professores deve ser considerado o eixo articulador que norteia o processo formativo dos futuros profissionais. Assim o objetivo de qualquer programa tem de ser o de ensinar a "competência de classe ou conhecimento de ofício" (p. 80), de forma que os professores se tornem sujeitos peritos na tarefa de ensinar. Razão pela qual o Programa de Licenciatura em Química da Universidade Distrital (Bogotá-Colômbia) tem como meta para a formação do Licenciando em Química:

> O Licenciando em Química tem de ser uma pessoa cuja formação integral lhe facilite propiciar o desenvolvimento conceitual, afetivo e metodológico em seus futuros alunos. O profissional da educação em Química há de familiarizar-se com os grandes valores da cultura, sensibilização nas dimensões estética e ética, e a abertura de seu espírito no conhecimento crítico; igualmente com os processos de investigação científica e didática. Tem de partir de um conhecimento sólido da Química, condição sem a qual, não é possível cumprir os objetivos da educação da pedagogia e do ensino da Química, isto é, do conhecimento que faz possível o passo do saber, dos espaços nos quais dar-se a relação pedagógica. Portanto, quem ensina compromete-se com o processo de construção e sistematização do saber que corresponde a sua prática (DOCUMENTO RE-ACREDITACIÓN, 2010, p. 17, tradução própria).

A partir desta concepção, a formação inicial de professores deve estar embasada nos conhecimentos, nas competências e nas aptidões que devem possuir estes profissionais para fazer um bom ensino. Segundo Garcia (1999), o conhecimento não se refere apenas às áreas do saber pedagógico (conhecimentos teóricos e conceituais), mas também a áreas do saber-fazer (esquemas práticos de ensino), assim como pelo saber o porquê (justificativa da prática).

Assim o autor aponta para três tipos de conhecimentos: o conhecimento psicopedagógico, como aquele relacionado com estratégias, planificação curricular e organização dos processos de ensino e de aprendizagem e o desenvolvimento humano na sala de aula; o conhecimento do conteúdo, constituído pelo conhecimento substantivo (corpo de conhecimentos específicos e procedimentais próprios da matéria) e o conhecimento sintático (os paradigmas, questões de validade e de investigação); e o

conhecimento didático do conteúdo que resulta da combinação adequada do conhecimento pedagógico e didático e do modo de organização, de representação, do conhecimento a traves de analogias e metáforas.

Daremos ênfase no conhecimento didático do conteúdo, pois entendemos que ele nos dá sustentação para explicar como as representações científicas são trabalhadas pelos professores em formação e, também, porque ele permite questionar sobre qual é a natureza do conhecimento científico que é levado em conta pelos professores para trabalhar a representação do conteúdo na sala de aula.

A seguir explanaremos sobre como é entendido o conhecimento didático do conteúdo e sua nomeação como conhecimento pedagógico do conteúdo por diversos autores.

Segundo Cochran e Jones (1998), o conhecimento de um conteúdo específico torna-se um conteúdo pedagógico quando o professor reflete sobre ele, adapta materiais para as habilidades dos estudantes ou com suas concepções; encontra maneiras para representar a informação usando analogias, exemplos, metáforas etc. Para os autores, a conexão entre o conhecimento do conteúdo específico e o pedagógico se dá de maneira mais clara e sofisticada através de experiências de ensino.

A esse respeito, Shulman (1989) refere-se a ele como Conhecimento Pedagógico do Conteúdo, sustentando que, até então, a investigação em didática tinha dado pouca relevância ao estudo do conhecimento que os professores têm sobre o conteúdo de ensino e do modo como ele se transforma em conhecimento a ser ensinado; assim como, os princípios e estratégias de gestão e organização da sala de aula junto às atividades e estratégias realizadas pelo professor, sendo, então, o conhecimento de conteúdo pedagógico uma combinação entre o conhecimento da matéria e o conhecimento do modo de ensinar.

Segundo Shulman (1987) apud Garcia (1999), a transformação do conteúdo da Ciência em conteúdo escolar torna-se ponto fundamental na pesquisa educacional que focaliza na constituição dos saberes docentes. Além disso, propõe que se avalie o saber docente como uma liga entre o conhecimento e os procedimentos didáticos relacionados a ele, criando a categoria que ele denominou como *Pedagogical Content knowledge* (PCK), e que foi, erroneamente, traduzido por conhecimento do conteúdo pedagógico (GARCIA, 1999), ao invés de conhecimento pedagógico do conteúdo.

Cabe também mencionar que o termo Conhecimento Didático de Conteúdo é uma interpretação feita na cultura espanhola do PCK introduzido por Shulman, razão pela qual se adotou como referencial este último, por considerar que ele abrange e valoriza os fundamentos didáticos e pedagógicos na formação de professores. Para este autor, este tipo de conhecimento (CPC), orienta a pesquisa do conhecimento do professor sobre os conteúdos de ensino e aprendizagem, ou seja, a questão de qual conhecimento os professores têm dos conteúdos específicos e do modo como estes conteúdos se transformam durante o processo de ensino.

Segundo Magnusson *et al*. (1999), a consideração dos estudantes como aprendizes envolve o estudo das preconcepções, as ideias alternativas na construção dos conhecimentos e as dificuldades que os estudantes podem apresentar para aprender determinados conteúdos. A possibilidade de conhecer e compreender os estudantes permite ao professor interpretar as ações e ideias destes, de modo que pode organizar seu ensino de uma maneira mais efetiva, pois enfoca suas estratégias pedagógicas, construindo uma melhor representação do conteúdo.

O conhecimento pedagógico do conteúdo também está relacionado ao conhecimento do professor e aos procedimentos didáticos utilizados por este, ou recursos metodológicos utilizados para a transformação do conteúdo científico em conteúdo ensinável. Nesse elo entre conhecimentos de uma área do saber ao saber-fazer surge em autores como Shulman (1986), Carvalho e Gil-Pérez (2003), Garcia (1999), Talanquer (2004) e Loughran *et al* (2004) o uso da Representação do Conteúdo (ReCo) como um repertório de recursos para que isso ocorra.

Loughran *et al* (2004) abordaram o CPC através do que seria a Representação do Conteúdo ou "*Representational Content*" (ReCo) como uma proposta útil que inclui as formas mais comuns de representação de ideias, as analogias, as ilustrações, os exemplos, explicações e demonstrações, ou seja, os modos de representar e formular o assunto de modo a torná-lo compreensível para os outros. Isto implicaria que o professor desenvolvesse as seguintes atividades:

1. Preparação: interpretação e análise crítica de textos, estruturação e segmentação, desenvolvimento de um repertório curricular e clarificação dos propósitos. Ou seja, estruturação da matéria a ser ensinada.

2. Representação: uso de um repertório de exemplos, analogias, demonstrações, explanações, metáforas sobre o modo a trabalhar o tema.

3. Seleção: escolha dentre um repertório instrutivo de modos de ensino, organização e gestão, ou seja, transformação das ideias dos alunos em formas instrutivas.

4. Adaptação e ajustamento ou modelagem às características dos alunos: consideração de concepções alternativas, linguagem, idade, interesses, classe social, etc., ou seja, adaptação dos conteúdos ao modo de vida ou à cultura do aluno.

5. Em seguida, passa pela instrução, avaliação, reflexão e, novamente, a compreensão.

Existe uma ampla literatura a respeito do CPC e sua relação com o ReCo, porém, no ensino da Química são poucos os trabalhos realizados. Garritz *et al* (2004) fazem uma revisão e citam os seguintes:

a) Clermont, Krajcik e Borko (1993) estudam a natureza do crescimento do CPC em professores do ensino médio no ensino da Física e da Química, desenvolvendo cursos intensivos para produzir o repertório representacional dos professores. Os resultados revelaram que o crescimento varia com este tipo de atividades;
b) Os mesmos autores examinam outra pesquisa sobre o CPC de professores de Química, tanto experientes como principiantes, que usam como estratégia o ensino por demonstrações, já que este é considerado um componente importante do repertório pedagógico dos professores de ciências. Os resultados sugerem que os professores com experiência, se comparados com os novatos, possuem um melhor repertório representacional e adaptação para o ensino de conceitos.

Pesquisas como as de Jong; Veal e Van Driel (2002) fazem uma recopilação de estudos sobre CPC e concluem que:

i) Os professores de Química com insuficiente CPC dos tópicos específicos a ensinar podem, em alguns casos, realizar demonstrações de tópicos específicos que podem contrastar com as concepções alternativas dos estudantes e,

ii) O conhecimento do conteúdo, assim como saber o que aprendem os estudantes e o conhecimento das representações alternativas, são quesitos para a seleção e uso de explicações analógicas apropriadas e efetivas.

O estudo sobre o CPC das relações macroscópicas (características ou propriedades observáveis das substâncias) e as microscópicas (referem-se às propriedades inobserváveis das substâncias) no ensino da Química pelos professores em formação inicial, permitiu a Jong, Veal e Van Driel (2002) avaliar nos professores o conhecimento da matéria e sua experiência em sala de aula. Com o mesmo objeto de pesquisa, Treagust e Mamiala (2003) analisaram os tipos de explicações empregadas pelos professores no desenvolvimento de suas aulas de Físico-química e Química orgânica, chegando a resultados que evidenciaram as representações usadas pelos professores, sendo elas:

i) Analógicas (o fenômeno ou experiência familiar emprega-se para explicar alguma coisa pouco familiar).

ii) Antropomórficas (atribuem-se ao fenômeno características humanas para fazê-lo mais familiar)

iii) Relacionais (uma explicação que é relevante dado a suas experiências pessoais ou dos aprendizes)

iv) Baseadas em problemas (uma explicação demonstrada através da resolução de algum problema) e

v) Baseadas em modelos (utilizar o modelo científico para explicar um fenômeno).

Ainda assim, não bastaria ao futuro professor ter um repertório de representações científicas sem dominar os conteúdos científicos e sem ter uma ideia clara dos seus pressupostos e dos seus limites de validade revelados pelo contexto histórico no qual os mesmos tenham sido desenvolvidos (MEDEIROS, 1999). A este respeito, Justi e Gilbert (2002) afirmam que deve existir uma relação entre o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo que os professores necessitam e os processos de modelagem que eles elaboram, para transformar o conhecimento sobre os modelos químicos em conhecimento ensinável aos estudantes.

Por sua vez, Loughran *et al* (2004) desenvolveram suas pesquisas sobre o CPC abordando questões como: Qual o conhecimento básico que os professores necessitam para ser mais efetivos em suas salas de aula? Para isso, construíram uma bateria de perguntas que procurava indagar sobre o conhecimento que os professores desenvolviam no ensino de determinados conteúdos, assim como as finalidades específicas, a elaboração de estratégias adequadas, a construção de atividades apropriadas para o ensino e a aprendizagem e a avaliação do processo executado. As perguntas elaboradas para indagar sobre o CPC aparecem em continuação:

> 1.Por que é importante o ensino dessa ideia?
> 2.O que você pretende que seus alunos aprendam sobre esta ideia?
> 3.O que mais você sabe sobre esta ideia?
> 4.Dificuldades/limitações conectada com o ensino dessa ideia.
> 5.O conhecimento sobre o que pensam os estudantes influencia o ensino dessa ideia?
> 6.Outros fatores que influenciam o ensino dessa ideia.
> 7.Estratégias de ensino (razões particulares para usá-las no engajamento com esta ideia).
> 8.Maneiras específicas de comprovar a compreensão ou a confusão dos estudantes sobre a ideia (inclui uma gama de probabilidade de respostas) (LOUGHRAN; MULHALL; BERRY, 2004, p. 376).

O que eles acharam com respeito a estas pesquisas é que os professores incialmente não pararam para pensar nestas questões, razão pela qual estes raciocínios serviram para planejar melhor suas atividades de ensino e avaliar as aprendizagens de acordo com as intenções do professor. Neste caminho as pesquisas no campo do CPC propostas por Shulman (1989) têm avançado abrangendo outros aspectos como o papel do contexto, a avaliação e a relação teoria-prática. Deste modo, Rollnick *et al* (2008) apresentam um modelo que procura conectar as práticas observáveis dos professores aos seus **domínios de conhecimento.** Estes domínios seriam: conhecimento do conteúdo específico, o conhecimento dos alunos, o conhecimento pedagógico geral e conhecimento do contexto.

Segundo os autores, esses domínios transformam-se em uma amálgama de saberes que é evidenciado em sala de aula como **manifestações** do trabalho do professor, elas seriam: a representação do conteúdo, a ênfase no currículo, a avaliação e as estratégias de tópicos específicos. O modelo elaborado pelos autores para mostrar essas relações e como elas ganham sentido no saber fazer do professor aparece em continuação (Figura 1).

Figura 1. Modelo que relaciona os domínios do conhecimento do professor com as manifestações do CPC

Fonte: Rollnick et al. (2008).

As **manifestações** do conhecimento do professor serão utilizadas nesta pesquisa como elemento de análise para entender como a representação do conteúdo é vinculada a outros domínios quando os Professores em Formação Inicial de Química (PFIQ) trabalham em sala de aula ao atuarem em uma experiência de ensino de Química. Assim, determinaremos qual conhecimento foi levado em consideração pelos professores em formação, quando pensam no processo educativo e refletem sobre as intenções que mobilizaram seus saberes para determinar: os métodos de ensino, a organização, a gestão e a forma com que vão utilizar a representação do conteúdo (mediante o repertório de exemplos, analogias, demonstrações, explanações, metáforas e modelos sobre o conhecimento científico), para transformar os conteúdos disciplinares em formas representativas, que lhes permitam ensinar, avaliar, refletir sobre novas compreensões de seu saber e saber fazer em sala de aula.

Segundo Talanquer (2004), as teorias construtivistas de aprendizagem, que ressaltam o papel central dos alunos na construção do conhecimento em sala de aula, têm se convertido no paradigma dominante que não somente busca resolver o problema do que sabe e sabe fazer o professor, mas, também, como formar os professores. Entretanto, ainda

que existam trabalhos a respeito, são poucos os que trazem aportes sobre o impacto e a eficácia na atividade docente.

Neste sentido percebem-se tensões sobre o balanço entre conhecimento disciplinar e o conhecimento pedagógico e entre conhecimentos teóricos e a prática de sala de aula. É assim que, de um lado, encontram-se os que enfatizam a necessidade de fortalecer a formação científica do professorado mediante cursos que melhorem a compreensão dos conceitos, teorias científicas e filosóficas e da história das ciências; de outro, estão os que defendem a ideia de uma melhor preparação que inclua conhecimentos sobre métodos adequados de desenho curricular, ensino e avaliação. Finalmente estão os que dizem que é preciso fortalecer as duas áreas.

A esse respeito, Maldaner (2000) relata que uma maior preocupação com a Epistemologia na ação profissional, tanto na produção científica, quanto na produção de saberes e conhecimentos na relação pedagógica, poderá criar novos níveis de compreensão da constituição do saber profissional e das próprias produções realizadas. Na pesquisa científica haveria maior preocupação com a compreensão da Ciência em si, seu significado para a humanidade e os rumos que deveria tomar em suas projeções. Na educação formal, pela interação pedagógica, a preocupação poderia se voltar mais para a compreensão dos processos de constituição dos conhecimentos e dos próprios sujeitos envolvidos (estudantes e professores) e para a produção de orientações curriculares mais contextualizadas.

1.1.2 Por que a Interação Teoria-prática (T-P) é Chave no Processo Formativo?

A formação do professorado deve fundamentar-se numa adequada relação entre a teoria e a prática do ensino. Segundo Porlán *et al* (2001), para a administração educativa, o conhecimento teórico, entendido como conhecimento científico relacionado com as ciências da educação e com as disciplinas vinculadas aos conteúdos educativos, e o conhecimento prático, relacionado com o exercicio profissional, são os dois eixos que devem ajudar a estruturar e desenhar o *curriculum* dos cursos.

Esta interação entre teoria e prática foi um dos elementos que surgiu do processo desenvolvido nesta pesquisa. Ao longo da construção do referencial teórico, da proposta metodológica construída e da análise os dados foi se evidenciando que a relação Teoria-

Prática permeava as atividades e a construção da proposta de intervenção em sala de aula elaborada pelos envolvidos na pesquisa, isto é, a autora da pesquisa, os professores em formação inicial em Química (PFIQ) e os estudantes de Ensino Médio da escola (EEM).

Deste modo, baseando-se em Porlán *et al* (2001), foram retomados os elementos que estes autores sugerem e as justificativas que eles expõem para afirmar que a relação teoria-prática é um fundamento chave na formação do professor.

Os argumentos por eles expostos surgem da pesquisa sobre a formação de professores. São eles:

1. O professor possui saberes relacionados com sua ação profissional que devem ser considerados em seu processo formativo: "que o curso vai dirigido a profissionais que sabem muitas coisas, e que não trata-se de preencher suas mentes vazias, senão que partindo dessa profissionalidade e sua experiência para ser incorporada ao curso" (p. 44)

2. As mudanças que são sugeridas a partir da teoria têm que ser formuladas num nível próximo à experiência dos professores e dentro de sua zona de desenvolvimento: "[...] com isto [as mudanças profissionais] devem procurar não assustar o professor, pois isto pode fazer que o professsor desista de continuar." (p. 44)

3. Para uma adequada aprendizagem profissional devem estabelecer-se relações significativas entre as necessidades e saberes prévios dos professores e a nova informação que se propõe:

> "[...] um professor que recebe uma transmissão puramente verbal de conceitos novos, pelo fato de escutar esta informação não se garante o aprendizado. Terá que ter uma vinculação muito estreita entre o que são suas necessidades e o que professor já sabe e a nova informação que lhe é proporcionada." (p. 44)

4. O Conhecimento profissional não se transfere linearmente a partir do discurso teórico (palestras, cursos, etc) à conduta docente: "a primeira fase do curso, não pretende ser a fase teórica e logo continuam as fases práticas. Romper este esquema custa, já que este modo de proceder é o mais imediato, devido a que é o mais fácil." (p. 44)

5. Os cursos estão centrados nas didáticas específicas, já que estas disciplinas se encontram entre a teoria e a prática de sala aula: “o papel das didáticas específicas é fundamental, os cursos deveriam estar centrados nestas didáticas.” (p. 44)

Deste modo, Porlán et. *al* (2001), baseados em suas pesquisas no campo da formação de professores, chegaram a determinar princípios formativos e suas correspondentes justificativas como fundamentos que poderiam favorecer a relação teoria-prática no processo de formação docente. Seriam eles:

1. Considerar a experiência profissional dos participantes como um conteúdo formativo básico: “o fato de que um colega do curso mostre sua experiência provoca muitíssimo mais aprendizado que as recomendações de um pesquisador que às vezes está afastado da realidade.” (p. 46)

2. Partir de problemas práticos e curriculares: “...as relações teoria-prática serão favorecidas quando são trabalhados problemas que surgem por exemplo de trabalhos de área na escola, ou seja, problemas que surgem do exercício docente...”. (p. 46)

3. Apresentar a teoria por meio de casos práticos: “ utilizar metodologias transmissivas que são meramente teóricas e não têm nada a ver com os problemas práticos da sala de aula não conectam o que se está falando com o que se quer fazer no curso.” (p. 46)

4. Favorecer a tomada de consciência e a reflexão dos participantes: “nos cursos, a aplicação de unidades didáticas ajuda a estabelecer as relações e vínculos entre a teoria e a prática; trata-se de ir fazendo e ir analisando cada um dos passos e discutindo com eles.” (p. 46)

5. Vincular a teoria e a prática em todas as atividades: “segue sendo necessário avançar na vinculação entre teoria e prática em todas as atividades organizadas nas distintas fases do curso...” (p. 46)

6. Construir e experimentar propostas curriculares:

> "[...] a elaboração de uma unidade didática no curso pode supor um elemento muito importante para concretar e fazer dessa vinculação entre a teoria e a prática não só uma consideração formal, não só uma intenção, senão algo que tem um marco, um espaço e uma função concreta, a realização de cada um em sua sala de aula junto com a elaboração de uma memória reflexiva e posterior socialização..." (p. 46)

7. Selecionar palestrantes ativos e bem coordenados: "o trabalho em conjunto vinculando teoria e prática nos cursos, pode ter resultados bons, mas também nem sempre". (p. 46)

As pesquisas desenvolvidas pelos mencionados autores mostraram que trabalhar na formação de professores baseando-se na relação teoria-prática não é uma tarefa fácil, pois carrega uma série de obstáculos que são evidenciados durante o trabalho do professor. Na pesquisa realizada por Porlán *et al* (2001) os autores caracterizaram dois obstáculos:

> 1. Tendência a entender a relação teoria-prática como hierárquica e unidirecional, isto é, que vai da teoria para a prática em si mesma. Considerando que, no primeiro, são impartidos os conteúdos teóricos em uma fase intensiva e depois são feitas as atividades de tipo prático ou de aplicação da teoria, e
> 2. Tendência a considerar que os modelos, saberes e interesses se transferem sem modificações de uns níveis de decisão a outros de posição hierárquica inferior. Assim, a tendência a ignorar que entre saber e saber fazer há um conjunto de mediações que podem alterar a coerência de um determinado projeto. (p. 47-48)

Outros autores como Vasquez; Jimémez; Mellado, (2007, p. 382), adotando a concepção de obstáculo de Bachelard (1996) e a relação teoria-prática proposta por Porlán *et al* (2001), indicam como obstáculos os seguintes:

- Fragmentação e dissociação entre a teoria e ação e entre o explícito e o tácito;
- Simplificação e reducionismo, conservação adaptativa e rejeição à evolução-construtiva e
- Uniformidade e rejeição à diversidade.

As análises da ação dos Professores em Formação Inicial (PFIQ) em sala de aula foram realizadas considerando estes fundamentos.

Assim, como já foi colocado, essa relação teoria-prática surgiu naturalmente do processo de pesquisa construído e do desenvolvimento progressivo dos professores em sala de aula, do trabalho constante, da discussão dos conteúdos, assim como da construção e avaliação das atividades que foram elaboradas progressivamente. Foram sendo

constituídos numa amálgama de conhecimentos, saberes e saber fazer que alimentavam o agir do futuro professor, permtindo-lhe ao mesmo tempo refletir e reconstruir sua experiência para melhorar seu trabalho com os estudantes.

Outros dois fundamentos avaliados no trabalho desenvolvido com os professores em formação inicial foi o conhecimento disciplinar construído no percurso das atividades e discussões das temáticas relacionadas com o ensino de Química. Porém, este conhecimento esteve condicionado pela forma com que ele foi compreendido e incorporado pelo professor em sala de aula, isto é, a forma com que ele foi abordado a partir de subsídios de natureza epistêmica, didática e pedagógica, pois, segundo Porlán *et al* (2001, p. 54), os professores formadores deveriam levar em consideração os seguintes aspectos para caraterizar o conhecimento disciplinar:

1. O estudo daqueles conceitos científicos mais incorporados à cultura geral.
2. O conhecimento dos novos conteúdos disciplinares pouco incorporados ao currículo.
3. A análise das mudanças dos paradigmas nas disciplinas.
4. A reflexão epistemológica e filosófica sobre a natureza da área.
5. A análise pedagógica e didática das disciplinas no sentido de determinar seu potencial educativo em relação com a formação integral dos estudantes.
6. O estabelecimento de relações entre conceitos de uma mesma disciplina ou de disciplinas próximas, de forma a desenvolver a capacidade de globalização e de interdisciplinariedade e
7. Conceber o conhecimento disciplinar relacionado com as áreas curriculares como uma dimensão do conhecimento profissional, que lhes permita tomar decisões adequadas durante o processo de ensinar a aprender os conteúdos escolares.

Existen mentes que pueden recrearse contemplando con deleite magnitudes puras que se presentan a la vista como símbolos, y a la mente como una forma que sólo los matemáticos pueden concebir.

Hay otras que disfrutan más persiguiendo formas geométricas que dibujan en un papel, o que construyen en un espacio vacío que imaginan antes ellos.

Otras en cambio no están satisfechas hasta que consiguen proyectar toda su energía física en la escena que están evocando. A estos cuando comprenden la manera en que los planetas se precipitan en el espacio les invade una sensación de enorme gozo. Y al calcular la fuerza en que los cuerpos celestes se atraen entre sí, sienten tensos sus propios músculos por el esfuerzo.

Para estos hombres, el momento, la energía y la masa no son meras expresiones abstractas, resultado de la indagación científica. Son palabras llenas de fuerza, que agitan sus almas como los recuerdos de la infancia.

En consideración a estos tipos distintos de personas, la verdad científica debería ser presentada de diferentes formas, siendo cada una de ellas científica por igual, no importa si se presenta de forma solida y con el vivo colorido de una ilustración, o con la forma tenue e pálida de una expresión simbólica.[1]

[1] James Clerk Maxwell. Citação extraída de um discurso pronunciado frente a British Association em 1873, e que serve de prólogo à obra Nuclear physis and fotographas de CF Powell GPS Occhialini Ed: Oxford at the Clarendon Press, 1947. (Cuevas, 2010)

2. CAPÍTULO II. AS REPRESENTAÇÕES CIENTÍFICAS: FUNDAMENTOS FILOSÓFICOS

Com o intuito de determinar os limites que demarcaram a construção dos referenciais filosóficos que subsidiaram esta pesquisa, procurou-se estabelecer as relações entre a Formação Inicial de Professores e o Ensino de Química mediante o estudo das Representações Científicas apoiados em contextos Epistemológicos e Ontológicos. Com respeito à construção do conhecimento refutaram-se duas tendências, segundo Tardif (2003), uma ao mentalismo, pois ele pretende reduzir o conhecimento até a própria realidade em algumas de suas formas radicais, como a representação mental, cuja sede é a atividade do pensamento individual; e a outra ao sociologismo, que tende a eliminar a contribuição dos atores na construção do saber, tratando-o como uma produção social em si mesmo e por si mesmo, produção essa independente dos contextos de trabalho dos professores e subordinada, antes de tudo, a mecanismos sociais quase sempre exteriores à escola, sabendo que é impossível compreender a natureza do saber dos professores sem colocá-los em íntima relação com o que eles são, pensam e fazem nos espaços de trabalho cotidiano.

Por ora, são adotados fundamentos provenientes da Filosofia da Ciência para explicar o papel das representações científicas na construção do conhecimento científico, isto em razão de que no capítulo anterior apresentamos questões relativas ao compromisso dos formadores com a formação do conhecimento pedagógico do conteúdo, já que ele implica em que o professor reflita sobre seu saber e saber fazer e o impacto que suas decisões no contexto escolar devem ter na educação dos homens e mulheres que fazem parte de uma sociedade. Além disso, é necessário considerar que a grande quantidade de informação que chega muito rápido por distintos meios impede que seja entendida e assimilada, fazendo com que muitos conhecimentos fiquem na superficialidade, fazendo com que as mudanças e transformações permaneçam fora da compreensão do ser humano comum. Uma razão a mais para reconhecer o papel da escola na educação dos indivíduos, que deveriam parar para pensar e tomar decisões baseadas em fundamentos críticos e produto de consensos entre comunidades, que precisam agir diante dos avanços da ciência,

da tecnologia e de outros campos que afetam o desenvolvimento do ser humano e da sociedade.

Nesse caminho, é imperativo que o professor elabore estratégias levando em consideração as habilidades e concepções dos estudantes; encontre as maneiras para representar a informação usando analogias, exemplos e metáforas que ajudem os estudantes na construção de suas próprias representações. Dessa forma, para que isso seja atingido, o professor precisa conhecer a natureza do conhecimento e o processo de construção e contextualização das teorias e modelos que dão conta de explicar e interpretar, mediante diferentes representações, as realidades dos fenômenos científicos a que temos acesso, para conhecer o mundo químico como uma atividade humana caracterizada por ideologias, culturas e contextos situados histórica e socialmente.

Portanto, para compreender o conhecimento científico é preciso entender as implicações das teorias, modelos e representações na sua construção. Para isso, é preciso partir dos pressupostos oferecidos pela Filosofia da Ciência com a intenção de construir subsídios que permitam identificar as potencialidades das representações científicas no processo de ensino e como fundamento do conhecimento pedagógico do conteúdo do futuro professor.

2.1 A FILOSOFIA DA CIÊNCIA CONTEMPORÂNEA COMO SUSTENTO DAS REPRESENTAÇÕES

A ciência produz um tipo especial de saber (ou saberes) que se supõe distinto do saber do senso comum, proveniente da experiência cotidiana e formulado em uma linguagem ordinária. Por outro lado, para produzir o saber científico se introduzem novos conceitos, se formulam hipóteses e leis e, em última instância, se constroem teorias derivadas das práticas científicas, com a pretensão de que elas darão conta de explicar a realidade. Deste modo, o domínio do conhecimento científico pode ser considerado, quiçá, o objetivo intelectual da humanidade.

Porém, o estudo sobre a natureza da ciência e o modo como ela funciona precisa ser abordado pela Filosofia da Ciência, que tem por objeto de estudo precisamente a ciência, isto é, elucidar conceitos fundamentais próprios da atividade científica e seus saberes,

reconstruir esses sistemas conceituais produzidos pela ciência em teorias científicas, considerando o contexto histórico e cultural próprio das práticas científicas. Numa perspectiva de Filosofia da Ciência que assume que a Ciência está permeada por valores, construtos e leis produzidas por seres humanos que adotam posturas e dão valor a determinados fundamentos, dando lugar a sistemas de produção de conhecimento.

É importante ressaltar que existe uma distância entre o que é *saber Ciência* e *saber o que é a Ciência*. Pois, segundo Diez e Moulines (1999), são saberes que correspondem a níveis diferentes e que têm algo a mais sobre o saber da Ciência do que seus conteúdos, assim como tem algo a mais a se saber de uma língua do que falá-la. Isto significa que o saber relativo a uma atividade não se esgota em praticá-la. Saber em que consiste sua prática significa ser capaz de formular regras ou princípios que se seguem, é assim que o primeiro saber não é condição suficiente para saber o que é para o segundo saber.

É possível realizar-se corretamente a prática sem ser capaz de explicitar as regras seguidas. Ser um praticante competente de uma atividade facilita a investigação sobre a mesma, mas também não é condição necessária para um conhecimento profundo sobre o que é a Ciência. Sendo assim, é possível falar corretamente sem ter realizado antes cursos de gramática, o que não significa que se tenha conhecimento sobre o que é uma língua.

A discussão anterior permite afirmar que o professor precisa *saber Ciência* e *saber o que é a Ciência*. É preciso saber Química, mas, além disso, é necessário saber que ela é uma ciência cujo processo de construção de teorias e modelos atende a determinadas práticas científicas em contextos específicos, que envolvem concepções sobre o que é a Ciência e o papel que ela cumpre na humanidade. Depende também do seu envolvimento com outras ciências. A Filosofia da Ciência precisa ser ensinada para prover esses fundamentos ao professor durante sua formação para apropriar estes saberes. Deste modo, nesta pesquisa, será imprescindível discorrer sobre os fundamentos a partir dos quais se propõe entender as representações científicas, visando a sua contextualização no ensino da Química como sustento conceitual e metodológico na formação dos professores.

Resulta problemático definir o que é representação. Geralmente ela se associa a outros tipos de conceitos como: modelo, representação mental, analogia, modelo icônico, entre outros, o que dificulta sua delimitação. No entanto, adota-se a definição citada por Van Fraassen (1994) para definir a representação como uma atividade intencional,

convencional na seleção de aspectos, cuja precisão é decisiva e relativa ao contexto estabelecido pelos elementos precedentes.

Em concordância com esta ideia, Giere (1999) defende certo tipo de realismo construtivo a respeito da Ciência assumindo que o modelo pode estar constituído por representações alternativas elaboradas para um mesmo sistema físico. Porém não existem modelos e representações melhores que outras. Mas isso não pode ser especificado apelando exclusivamente ao que o mundo é, pois nada no mundo fixa os aspectos a representar, nem estipula quão boa é uma representação. Tal especificação deve apelar necessariamente a interesses humanos e não só epistemológicos ou científicos, mas também a interesses práticos de diversos tipos.

Por conseguinte, a definição de Van Fraassen e Giere sobre a representação é considerada como um processo construtivo direcionado pelo interesse de quem está decidindo o que é conveniente representar, influenciado por argumentos filosóficos, históricos, científicos, sociais, entre outros. Estes fatores são determinantes na escolha do que é, como é, e para quem é construída tal representação. Localizar o conceito de representação em determinado contexto é complexo já que isto envolve questões filosóficas que são congruentes com alguns elementos que se pretendem abordar na pesquisa.

2.1.1 Uma Síntese Sobre a Filosofia da Ciência

Acreditamos pertinente fazer uma revisão do processo de constituição da Filosofia da Ciência baseados em autores como: Lorenzano (2002), Hacking (1996) e Van Fraassen (2006) para caracterizar os pressupostos que dão origem a uma conceitualização sobre as representações científicas, identificando os pressupostos que conduzem a explicações filosóficas contemporâneas, que aportem fundamentos teóricos e metodológicos no ensino da ciência e na formação do professor.

Segundo Lorenzano (2002), a Filosofia da Ciência surge no Círculo de Viena, em 1929, como uma disciplina com especificidade própria, conformada por um grupo de filósofos que se reuniam para tratar e refletir sobre o positivismo lógico aplicado ao conhecimento científico. Este grupo consolidou-se com a migração dos filósofos centro-europeus aos Estados Unidos, como consequência da ascensão do nazismo na Alemanha,

situação que os colocou em risco devido a suas divergências com o regime político, econômico, social e científico.

Esta mobilização acaba dando inicio à denominada Concepção Herdada, caracterizada por escolas vinculadas ao positivismo lógico, em cujas discussões se debatiam os critérios de demarcação que caracterizaram o conhecimento cientifico do que não é. Assim como a distinção entre conceitos observacionais e conceitos teóricos. Embora existissem acordos, ao considerar que as teorias eram um conjunto de enunciados organizados dedutiva e axiomaticamente, discordava-se no modo em que isso devia ser entendido e o papel que os conceitos teóricos jogavam na forma de proceder da Ciência.

Só no final dos anos cinquenta do século XX começa a ser proposta uma série de críticas a esses fundamentos da Concepção Herdada, tais como: a aplicação quase exclusiva de um formalismo lógico, rígido e limitado. A centralização na Filosofia da Ciência geral aludindo-se na necessidade de uma análise que outorga validez universal ao conhecimento científico, em detrimento das Filosofias específicas. E a restrição das análises da Filosofia da Ciência ao contexto de descobrimento, subvalorizando a análise baseada no contexto de justificação.

Em 1960, com a incidência de novos filósofos, surge a intenção de recuperar uma perspectiva histórica, a qual foi trabalhada por Bachelard em seu livro *O novo espírito científico*, publicado em 1934. Esta retomada se esforça em criticar aspectos que colocam em dúvida a distinção entre o contexto de descoberta e o contexto de justificação como parte do contexto histórico. Esta situação foi superada com a introdução dos estudos sociais da ciência. Também o problema da carga teórica das observações e da incomensurabilidade das teorias, as noções de progresso e racionalidade atribuídas à Ciência, junto ao alcance das análises formais, constituíram as teses de discussão dos filósofos e cientistas da época tais como: Thomas S. Kuhn, Imre Lakatos, Paul Feyerabend, S. Toulmin, Larry Laudan, entre outros, no que fora denominado como o período historicista.

Algumas pesquisas na Didática das Ciências e na Formação de professores foram e são desenvolvidas tomando como referência o período historicista da Ciência. Período que foi caracterizado por resgatar o papel da História na construção das ciências, adotando como fundamentos de explicação: o paradigma de Kuhn, os programas de investigação de Lakatos e as tradições científicas de Laudan. Fundamentos fortemente criticados pela falta

de abordagem formal dos aspectos teóricos da Ciência, já que defendiam que a complexidade e riqueza dos elementos envolvidos na Ciência escapam a qualquer intento de formalização.

Este modo de pensar e agir sobre a ciência em 1980 deu lugar à pesquisa no campo da Sociologia da Ciência que começou a formar parte das discussões filosóficas. Uma mudança no reconhecimento dos estudos sociais junto com a necessidade de resgatar a formalização da Ciência como subsídio das pesquisas rotuladas como "epistemologias naturalizadas" (Lorenzano, 2002) que pertencem também aos enfoques cognitivistas e evolucionistas característicos da época. Dando passo a outro período demarcado como contemporâneo e caracterizado por embates em uma nova perspectiva assumida com o nome de Realismo Científico.

Ao final de 1970, já começavam a ser focadas novas caracterizações das teorias e práticas científicas com as contribuições do período historicista e com a confiança na viabilidade das análises formais ou semiformais do período clássico da Ciência envolvendo, ao menos em alguns de seus âmbitos, o relativo à natureza das teorias, considerando-as como unidades básicas da Ciência. Isto em razão de que os experimentos e operacionalizações instrumentais só têm sentido na medida em que formam parte de um contexto teórico. Esta teorização sobre a Ciência deu lugar a uma etapa da Filosofia da Ciência que acaba colocando-se sob o título de *Concepção Semântica ou Modelo-Teórico das Teorias.*

2.1.1.1 A Concepção Semântica e a Representação Científica

A Concepção Semântica ou Modelo Teórico não constitui uma única concepção senão uma família de pensadores e filósofos contemporâneos que compartilha alguns elementos gerais relativamente unitários em comparação com as caracterizações da Concepção Herdada. A esta família, segundo Diez e Moulines (1999), pertencem Suppes, seu pioneiro nos anos cinquenta e sua escola de Stanford; Van Fraassen, Giere e Suppe nos EUA; Dalla Chiara e Toraldo da França e na Itália; Przelecki e Wójcicki na Polônia; e a *concepção estruturalista das teorias,* iniciada nos EUA por Sneed e desenvolvida na Europa, principalmente por Stegmüller, Moulines e Balzer.

Segundo Lorenzano (2002, s/p), um duplo proceder é característico desta Concepção Semântica:

> Por um lado utiliza o máximo de recursos lógico matemáticos para analisar a estrutura da ciência e por outro não nega os aspectos que não se deixam formalizar completamente, mas que aceita aqueles que podem ser tratados por uma análise conceitual mais rigorosa. Esta "dupla estratégia" que pretende recuperar o melhor de cada um dos períodos precedentes- constitui uma das características fundamentais deste enfoque.

Esta dupla estratégia supera o antigo pensamento antagônico entre o formalismo próprio do período positivista, cujo foco se centrava nos axiomas e construções lógicas produzidas indutivamente, e os estudos históricos da Ciência, fundamentados em princípio nos pressupostos de Kuhn e ampliados pelos estudos Sociológicos da Ciência. Este pensamento antagônico transformou-se em uma forma de proceder complementar, apresentando as teorias como teorizações, considerando o modelo como um componente básico de identidade que pretende dar conta de como representar de maneira mais ou menos idealizada ou aproximada certos dados, fenômenos e/ou experiências correspondentes a determinado âmbito da realidade.

Esta identidade está relacionada não somente com elementos semânticos e sintáticos, mas também atende as concepções pragmáticas que representam aspectos diacrônicos e sincrônicos da Ciência, as quais se desenvolveram ao longo da História da Ciência, tais como o paradigma, a Ciência normal, a revolução científica e o programa de investigação, dentre outros.

Como fundamentos das concepções semânticas, segundo Diez e Moulines (1999), pode-se afirmar que apresentar uma teoria não é expor um tipo de enunciado. As teorias não se identificam metateoricamente com conjuntos de enunciados. Comunicar uma teoria é apresentar um tipo de modelo e é assim que as teorias têm paridade metateórica com conjuntos de modelos.

A noção de modelo é fundamental na análise da Ciência; uma extrapolação permitiria afirmar que os modelos, na perspectiva das representações científicas, são funcionalmente interpretados na ordem da concepção semântica que admite uma análise mais abrangente, contemplando vários elementos formais e não formais. Tais elementos foram explorados no desenvolvimento desta pesquisa durante o trabalho realizado com os professores em formação inicial ao analisar a construção formal e não formal da Teoria

Atômica à luz do contexto da Teoria Quântica. Em alguns aspectos isso foi proveitoso, pois permitiu uma maior compreensão das teorias e modelos trabalhados, assim como as representações privilegiadas pelos futuros professores na hora de trabalhar em sala de aula com os estudantes.

Outros trabalhos que utilizam a representação como atividade inseparável das práticas científicas são apresentados por Lynch e Woolgar em 1980 (Suárez, 2007). Estes ressaltaram que as diversas representações que os cientistas utilizam, como o uso de tábuas, gráficos, desenhos, equações e fotografias, dentre outros, além de ser um recurso em seu trabalho, dão conta da funcionalidade e do reconhecimento que fazem os cientistas do seu poder explicativo em contextos específicos. Inclusive, uma análise sociológica e histórica pode por em relevo contextos de produção científica de determinada época, assim como os avanços e participações de culturas e comunidades de especialistas que trabalham ao redor de uma problemática.

À maneira de exemplo do antes exposto, é só revisar na História da Química os trabalhos de Boyle, que mostraram descrições não somente sobre os experimentos realizados com a bomba de vácuo, senão que ilustravam também as imagens elaboradas com técnicas avançadas de desenho para a época, com a intenção de comunicar os avanços no conhecimento prático. Esta arte, como diria Hoffmann (1997), cumpriria um papel técnico e social, já que a reprodução de exemplares do desenho construído permitiu a divulgação e socialização do conhecimento na época.

A partir de 1980, com a entrada dos estudos sociais da Ciência, junto com análises de tipo linguísticas e o papel que cumpriam o experimento, os recursos como as metáforas e as analogias na comunicação do conhecimento, constituiu-se um cenário rico no desenvolvimento do campo científico que, junto com a criação de representações sobre os aparatos, as técnicas, os instrumentos e os modelos, mostravam o papel das práticas científicas, que por seus avanços exigiam ser compartilhadas e discutidas pelas comunidades de cientistas.

As contribuições e colaborações realizadas entre os cientistas consolidaram um campo que mobilizou a construção de saberes que hoje são pesquisados em distintos campos da Ciência, na Filosofia da Ciência e na Educação Científica, permeando as

comunidades que estudam as ciências em diferentes cenários científicos, sociais, econômicos políticos e culturais.

Segundo Suárez (2007), a construção das representações leva em consideração a criação de símbolos que dependem de nosso aparelho sensorial e conceitual. Esta relação não é direta com o objeto representado, por isso, as representações do mundo físico não podem ser outra coisa mais do que símbolos e signos naturais que designamos para as coisas e que aprendemos como usar para regular nossos movimentos e ações, vinculando-os à nossa percepção sensorial.

Isto acontece na analogia do mapa utilizada por Fourez (2007). O mapa não se assemelha ao lugar que representa, porém, a pessoa que sabe utilizar o mapa pode planejar o roteiro, sem a necessidade de ir até o lugar. O mapa representa as dificuldades do terreno e as possibilidades para se deslocar. A representação é, portanto, um objeto material (o mapa) que. em um dado contexto, toma o lugar da situação sobre a qual se quer intervir; não é considerado um instrumento, nem um recurso, dada a sua funcionalidade para resolver um problema, é mais que isso, a representação está carregada de teoria e de hipótese para poder determinar a melhor via para atingir o objetivo.

No caso do mapa, achar o roteiro para conseguir chegar até o lugar que se tem previsto, significaria estabelecer o caminho hipotético que, segundo uma teoría, seria a melhor opção para chegar ao lugar desejado, tomando decisões nas situações e resolvendo as dificuldades, o que depende da habilidade para pensar, agir e comunicar o conhecimento que oferece o mapa.

Porém, como diz Latour (1988), reduzir o problema da representação científica à visualização, à escritura e à produção de imagens (isto é, a um problema de percepção), equivale a reviver um tipo de misticismo, aquele de substituir o poder explicativo da palavra pela imagem. Para Latour, a escritura e a produção de imagens não podem por si mesmas explicar as mudanças que ocorrem na sociedade científica.

Este raciocínio é compartilhado por Aguero (2003) citado em Minhot e Testa, (2003), para quem representar algo não é uma faculdade da mente nem da linguagem, ainda que tenha sentido falar de representações mentais ou de representações linguísticas. A representação como uma atividade conceitual revela a natureza mais íntima do que chamamos “compreender” ou captar o significado de algo. Deste modo, a representação

também pode modelar-se sobre as práticas da interpretação ou tradução, isto é, as práticas se baseiam em modificar ou substituir um texto conservando sua estrutura conceitual ou sua constituição lógica, cotejando a estrutura com as relações inferenciais e circunstanciais na aplicação dos conceitos. A representação conceitual é uma atividade parcialmente criativa enquanto modifica algo e parcialmente restrita enquanto conserva algo.

A Ciência tem o papel de construir os modelos científicos que são representações racionais de fenômenos e entidades, que são manipulações teóricas que utilizamos para entender as causas e os efeitos para averiguar algo. A ciência utiliza as entidades teóricas para se referir a todas as coisas postuladas pelas teorias que não se podem observar, o que implicaria aproximar-se a certo tipo de realismo, discussão que merece atenção, como se mostra a seguir.

2.2 O REALISMO CIENTÍFICO É UM CONTEXTO PROBLEMATIZADOR PARA PENSAR A REPRESENTAÇÃO?

Pensar no realismo implica perguntar-se sobre: o que o mundo é? Que coisas há nele e o que é verdadeiro acerca dessas coisas? O que é a verdade? E são verdadeiras as entidades postuladas pela ciência ou só são construções da mente humana? A mente humana não cria verdades? Não são estas as únicas verdades? Para ser verdade há que ter uma correspondência mundo real/dito sobre ele? Qual o critério de julgamento? Questionamentos estes que deveriam ser feitos por quem ensina ciências, já que deixar de lado reflexões em torno destes fundamentos pode levar o professor a assumir uma posição ingênua e realista, como foi delineado no capítulo um.

Há representações de diferentes tipos, como modelos, analogias, metáforas, esquemas, gráficos, equações e outras expressões, que combinam linguagens verbais e não verbais, as quais podem ser interpretadas como produto de efeitos de realismo e que, em si, nada tem a ver com a realidade, mas que por serem interpretados como instrumentos lógicos para conhecer o mundo e interagir com ele podem ser tomados como verdadeiros e reais.

A discussão sobre o realismo envolve questões ontológicas e epistemológicas. No decorrer deste item serão abordadas algumas questões, tais como: Quais conhecimentos científicos possibilitam as representações científicas? Como são construídas essas

representações para dar explicação ao funcionamento do mundo químico? As representações dão conta da existência de algo, mas esse algo existe como tal na realidade? As representações podem ser assumidas como verdadeiras?

Segundo Chalmers (2000), uma posição realista incorpora uma noção de verdade acerca de que, se as teorias são verdadeiras, sua descrição correta do mundo é real. Isto é, uma sentença é verdadeira se corresponde com os fatos e se as coisas são como a sentença diz que são. Caso contrário, seria falsa. Porém, este tipo de correspondência para validar o conhecimento científico a partir do ponto de vista da linguagem, pode simplesmente cair em inferências baseadas no senso comum. O exemplo de que a neve é branca é verdadeiro se ela corresponde com os fatos. No entanto, julgar pelas aparências tal formulação não deixa de ser uma noção de verdade construída no quotidiano (que tem sentido e aplicabilidade graças à linguagem), o que não é suficiente para explicar os fatos. Sendo assim, é necessária uma explicação usando metalinguagens. Pois, "os fatos à que a teoria se refere e à que se tenciona que ela corresponda somente podem ser falados usando-se conceitos da própria teoria, os fatos não são acessíveis nem deles pode-se falar, independente de nossas teorias". (p. 198)

Deste modo, a busca da verdade usando esta teoria correspondentista é problemática, já que os fatos podem ser explicados usando teorias distintas, em contextos e situações complexos, de tal modo que a concepção sobre o que é a Ciência e suas teorias estão em constante revisão e mudança, sendo elas produtos humanos que estão sujeitos a transformações permitindo pensar que a ciência não pretende ser uma verdade objetiva e absoluta, já que ela é produto de práticas científicas que não estão isoladas do desenvolvimento social, tecnológico, cultural, entre outros.

Como observa Matthews (1998), cada declaração sincera é uma tentativa de dar uma explicação verdadeira sobre algo assumindo-o como real, essa é a essência da Ciência. Não é possível concebê-la sem o pressuposto de que a linguagem na qual estão expressas suas leis é capaz de representar, pelo menos em parte, o mundo ao qual ela procura se referir.

As representações científicas, já como fora explicado no item anterior, fazem referência à relação entre as teorias científicas e o mundo em que se tenciona aplicá-las. Isto é, segundo Chalmers (2000, p. 208):

> [...] de maneira que nossas ideias de senso comum entendem que nossa linguagem descreve gatos e mesas. Podemos avaliar nossas teorias do ponto de vista da extensão que lidam com sucesso com algum aspecto do mundo, não podemos avaliá-las do ponto de vista da extensão em que descrevem o mundo como ele é realmente, simplesmente porque não temos acesso ao mundo independente de nossas teorias, de maneira que nos capacite a avaliar a propriedade daquelas descrições.

O Realismo Científico surge como uma crítica ao positivismo lógico que defende a sistematização do conhecimento fundado em um método axiomático caracterizado pela indução para atingir a verdade. Contra esta forma de pensamento consolida-se o realismo que, segundo Van Fraassen (2006, p. 24), denota uma posição exata sobre a questão de como deve ser entendida uma teoria científica e o que realmente é a atividade científica. De acordo com o citado autor, uma visão realista ingênua seria pensar que a Ciência nos dá o retrato verdadeiro, fidedigno nos detalhes do mundo, cujas entidades postuladas na Ciência realmente existem.

A Química em particular tem sido declarada como uma Ciência baseada no realismo ingênuo, pois, segundo Bachelard (1991, p. 54), "no século XIX, não se passou um lustro sem que um novo corpo não fosse descoberto. Então, como é possível não ser realista perante esta realidade crescente". Porém, os avanços na síntese das substâncias químicas implicaram a organização do pensamento científico, imprimindo-lhe, com o passar do tempo, concepções que tenderam ao abandono do realismo; verifica-se pouco a pouco que a lei antecede ao fato, que a ordem das substâncias impõe-se como uma racionalidade.

Com isso, Bachelard explica, em parte, que a Química em seu começo foi construída sobre as representações científicas que podiam ter sido assumidas como verdadeiras e cuja correspondência direta com a realidade dá conta de dizer como é o mundo. Por isso é preciso questionar constantemente o conhecimento para evitar a sedução das primeiras impressões, da observação primeira, que normalmente se apresenta cheia de imagens, sendo mais concreta e pragmática e, portanto, mais próxima do senso comum. É preciso manter, constantemente, uma vigilância epistemológica que mobilize a razão e a libere dos preconceitos dos conhecimentos mal estabelecidos e pouco questionados (BACHELARD, 1996). Do contrário, resulta convincente aceitar que os avanços da Ciência são resultado de descobertas fortuitas, em que não tem participação a invenção e

criação e dando o caráter de que as teorias de hoje são corretas, isto significaria cair em uma posição ingênua.

> É verdade que o Químico procede, primeiro, guiado por uma metafísica realista. Mas, ao procurar qualidades, ele acaba encontrando leis. A partir daí, sua pesquisa muda de sentido. Ele tende a *generalizar a qualidade*. Assim mesmo arriscando provocar uma confusão, será preciso apresentar ao leitor estes dois pontos de vista: o ponto de vista da pesquisa em compreensão e o da pesquisa em extensão. Será então mais cômodo indicar como o realismo primitivo da Química experimental abriu as vias para o racionalismo da Química matemática. (BACHERLARD, 2009, p. 26)

Porém, podemos ter representações dos objetos, mas estas não devem ser entendidas como cópias da realidade. Existe um mundo independente do sujeito e criam-se teorias e representações para entender como esse mundo funciona. No entanto, conhecer os objetos em sua totalidade é o objetivo inatingível da Ciência, pretender que aquilo que conhecemos dos objetos seja real, no mundo do observável pode ser possível, mas não se conhece o mundo do inobservável da mesma forma, já que correspondem a naturezas diferentes.

Assim o explica Bacherlard (1996), ao referir-se à formação do pensamento científico, que passa por um estado concreto, em que a primeira representação é geométrica fundada em um realismo ingênuo que permanece ligado ao aparente (que podemos interpretar como o mundo macroscópico); seguido de um estado concreto-abstrato, no qual o espírito sente-se mais seguro de sua abstração, em que possa ser representada por uma intuição sensível. A configuração do pensamento abstrato ocorre entre as formas construídas que se desligam da experiência imediata (o que pode corresponder ao mundo microscópico e simbólico) para entrar em polêmica declarada com a realidade.

Esta interpretação atribui certo dialogismo na construção do conhecimento, pois é preciso pensar nos objetos aparentemente reais e ao mesmo tempo desconstruir tal representação para reconstruir outra que não pretende ser real, mas que procura explicar, interpretar, inferir sobre o mundo, para atingir os objetivos da Ciência.

A este respeito, Hacking (1983) define o Realismo Científico da seguinte forma:

> "Las entidades, los estados y los procesos descritos por teorías correctas realmente existen. Los protones, los fotones, los campos de fuerza y los hoyos negros son tan reales como las uñas de los pies, las turbinas, los remolinos de una corriente y los volcanes […] Las teorías acerca de la estructura de las moléculas que transportan el material genético son o bien

> verdaderas o bien falsas y una teoría genuinamente correcta sería una teoría verdadera". (p. 39)

Uma interpretação do Realismo Científico defende que as teorias visam nos dar um relato literalmente verdadeiro de como o mundo é, e sua aceitação envolve a crença de que ela é verdadeira. O sentido que se dá aqui, como literalmente verdadeiro, significa que a linguagem deve ser literalmente interpretada, e, assim interpretada, o relato é verdadeiro, o que garante a existência das entidades que fazem parte da teoria.

Por outro lado, o mesmo autor define o Antirrealismo Científico como segue:

> "No hay cosas tales como electrones. Seguramente hay fenómenos eléctricos y de herencia, pero lo que hacemos es construir teorías acerca de los estados, procesos y entidades diminutas, únicamente para tener la capacidad de predecir y producir sucesos que nos interesan. Los electrones son ficticios. Las teorías acerca de ellos son herramientas del pensamiento. Las teorías son adecuadas, o útiles, o admisibles, o aplicables, pero no importa que tanto admiremos sus triunfos especulativos, no deberíamos considerar verdaderas ni si quiera sus teorías más reveladoras. (HACKING, 1983, p. 39).

Assim, o objetivo da Ciência pode ser bem atendido, sem a obrigação de fazer tal relato verdadeiro, que leve consequentemente a aceitação de uma teoria, pode sim, de modo apropriado, envolver algo pelo menos com a crença de que ela é verdadeira. Deste modo, os filósofos propõem dois tipos de antirrealistas, aqueles que afirmam que a Ciência procura ser verdadeira, isto é, ela é interpretada apropriadamente (não literalmente) e os que defendem que a Ciência não deveria ser entendida literalmente e suas teorias não precisam ser verdadeiras para serem boas. Van Fraassen (1994) defende esta última posição.

Hacking (1996) retoma a Newton-Smith (1978) para fazer uma caracterização do realismo científico mediante três ingredientes:

> 1. Um ingrediente *ontológico:* as teorias científicas são ou bem verdadeiras ou bem falsas e uma teoria é em virtude do que o mundo é.
> 2. Um ingrediente causal: se uma teoria é verdadeira, os termos teóricos da teoria denotam entidades teóricas que são causalmente responsáveis dos fenômenos observáveis.
> 3. Um ingrediente epistemológico: podemos ter crenças justificadas em teorias ou em entidades (ao menos em princípio). (p. 46).

O problema implica uma abordagem ontológica que permite perguntar se as entidades existem ou não, já que nem sempre ser realista nas teorias significa ser realista

nas entidades. Neste campo filosófico existe diversidade de posturas, uns defendendo o realismo nas teorias e nas entidades, outros sendo antirrealistas nas teorias e nas entidades e aqueles que, como Hacking, aceitam que as *entidades* existem, mas que não é preciso acreditar em *teorias* verdadeiras para explicar seu comportamento e fazer predições, portanto o autor concordaria com o pressuposto 1 e não necessariamente com os pressupostos 2 e 3.

Buscamos sintetizar de modo geral, no Quadro 3, algumas versões sobre o realismo e antirrealismo a partir das ideias até agora descritas.

Quadro 3. Realismo e Antirrealismo das teorias e das entidades

	Realismo	**Antirrealismo**
Teorias	As teorias visam nos dar um relato literalmente verdadeiro de como é o mundo e sua aceitação envolve a crença de que elas são verdadeiras.	As teorias são adequadas, úteis, admissíveis e aplicáveis, elas não devem ser consideradas verdadeiras.
Entidades	As entidades, os estados, os processos descritos por teorias corretas realmente existem.	Não existem tais coisas como os elétrons, eles são ficções lógicas ou parte de um instrumento intelectual para razoar sobre o mundo.

Fonte: Crédito da Pesquisadora, 2012.

O referencial abordado até o momento permite questionar: Qual é o sentido que poderia ser dado às representações e seria lógico acreditar no que elas representam ou não? E os objetos que elas representam são uma cópia dos objetos do mundo químico? Geralmente as explicações sobre o mundo químico envolvem uma relação entre teoria e realidade que pode ser representadas sem a pretensão de que tenham uma correspondência unívoca em cada elemento da realidade.

No entanto, segundo Bachelard (2009), o realismo químico corresponde a descrições não atomísticas ligadas às qualidades imediatas que oferece o fenômeno, as quais geram explicações intuitivas que permanecem ancoradas à experiência sensível e que fazem supor que o inobservável existe tal e qual o imaginamos e se legitima na existência de teorias verdadeiras. Será que esta descrição é equiparável à forma como o professor pensa os objetos do mundo e os representa aos estudantes no ensino da Ciência?

Esta correspondência entre o mundo químico e a realidade deve ser enxergada como problemática ao assumir que existe uma relação biunívoca entre os objetos que são

representados e o mundo, esta concepção da representação como uma imagem real traz implicitamente a condição de verdade quando a correspondência é dada. Em contraponto, cabe citar aqui a seguinte analogia: pode-se acreditar em Deus e dizer que existe, no entanto, estabelecer uma teoria verdadeira acerca da sua existência é em princípio impossível.

Podemos, então, dizer que os elétrons existem ainda que nenhuma descrição completa deles tenha possibilidade de ser verdadeira, o que destrói o argumento de correspondência. Deste modo, concorda-se com Hacking (1996), a respeito de que as teorias estão em constante revisão para propósitos diferentes. Os modelos são utilizados com ontologias diferentes e incompatíveis dos elétrons, que não se tomam como literalmente verdadeiros, porém isto não significa que não é possível pensar na existência deles.

Esta forma de pensar sobre como é construída a ciência, leva a se pensar sobre: como o professor de Química representa teorias, modelos e entidades? E qual é a concepção epistemológica e ontológica de Ciência que o professor assume de maneira implícita ou tácita para ensinar a Química? Uma em que os elétrons existem e podem ser localizados materialmente, ou uma na qual os elétrons são ficções? E, se é assim, quais implicações isto têm para o ensino da Química?

Segundo Bachelard (1991), na Química pareceria bastante cômodo entregar-se a um realismo totalitário e unitário e considerar que tudo é real – o elétron, o núcleo, o átomo; e utilizar modelos que tornam essa realidade manipulável para a compreensão e predição dos fenômenos. Por acaso não acontece isto na sala de aula? No ensino de Química os estudantes aprendem, por exemplo, que o átomo é um sistema material, concreto, realista, cujos elétrons percorrem clássicas trajetórias bem definidas (GRECA; SANTOS, 2005).

Na Física acontece de forma diferente da Química, pois a interpretação sobre o elétron não pode ser associada a uma partícula clássica, pois pelo princípio de incerteza ele não possui nem dimensão, nem posição, o que faz com que a Física se fundamente na equação de Schröndiger para explicar seu comportamento. No caso do ensino de Química, o fato de que a representação do átomo permaneça ligada a representações pictóricas como a de um pudim de passas, ou de um sistema planetário, acaba por influir na maneira como a

Química é compreendida. Razão pela qual se opte por ensinar as Ciências usando explicações de tipo matemático que, como diz Bachelard (1996), o papel da matemática na física contemporânea supera a simples descrição geométrica. O matematismo já não é descritivo e sim formador. A ciência da realidade já não se contenta com fenomenológico; ela procura o porquê matemático (p. 8).

Assim, pensar o átomo quimicamente remete-nos a esses desenhos que consistem em análogos, que não têm por objetivo representar a realidade em sua totalidade, mas que geram ideias estáticas, realistas e positivistas sobre como funciona o mundo químico. Porém, esses modelos e suas correspondentes representações continuam sendo ensinados desta forma, sem atender a explicações matemáticas, físicas e químicas que, tratadas de forma interdisciplinar, ajudariam o estudante a ter uma visão ontológica, epistemológica, histórica e cultural mais interpretativa e menos literal sobre os modelos, as entidades e os fenômenos científicos.

A discussão até agora delineada permite refletir sobre os fundamentos que podem contribuir para responder as questões: Qual é o sentido outorgado pelos professores em formação inicial às representações científicas? E, é feita uma análise filosófica durante o processo de ensino e de aprendizagem, ao atribuir critérios de realidade e ao buscar interpretar e representar o mundo de forma racionalista quando se pretende explicar os juízos e decisões próprias da prática científica? Que concepções de teoria, modelo e representação persistem no discurso e no uso de linguagens verbais e não verbais que o professor escolhe para contextualizar o ensino de Química?

Uma análise inicial destas questões pode ser feita a partir de Fourez (2007), ao apontar que empregar uma representação é uma escolha arriscada, sobretudo quando não existem fundamentos que levem a priorizar estas escolhas e se acredita que a representação tem a pretensão de ser um retrato da totalidade da realidade. Caso contrário, seria pensar em sua existência como uma construção e criação consensual e dialógica que transita entre o realismo e o racionalismo na elaboração do conhecimento científico.

Refletir sobre o realismo científico como um contexto problematizador para pensar-se a representação, significa compreender de que forma devem ser interpretadas as representações e como elas são introduzidas no ensino da Química. Assim, em concordância com Scerri, apud Labarca (2010), é possível adotar uma posição

intermediária entre o normativismo e o naturalismo, pois se bem algumas entidades não possam ser observadas, de alguma forma, como professores, temos que recorrer a diversas formas de representar o conhecimento para ensiná-lo. Por vezes, o fato de ser realista exige um tratamento cuidadoso para identificar as limitações que esse tipo de representações apresenta para não passar uma compreensão ingênua e realista de uma ciência como a Química, cujos modelos e teorias são caracterizados com representações pictóricas que são apresentadas fora de seus contextos de constituição.

2.3 A RELAÇÃO TEORIA, MODELO E REPRESENTAÇÃO: O EPISTEMOLÓGICO E O ONTOLÓGICO

No discorrer desta subseção serão expostos os fundamentos que justificam o estudo das representações, considerando que é imprescindível continuar este estudo com uma análise das relações que se estabelecem entre *teoria, modelo e representação*[2], pois resulta problemático fazer uma caracterização diferenciada de cada uma destas três categorias, sobretudo quando, em alguns momentos, uma define a outra.

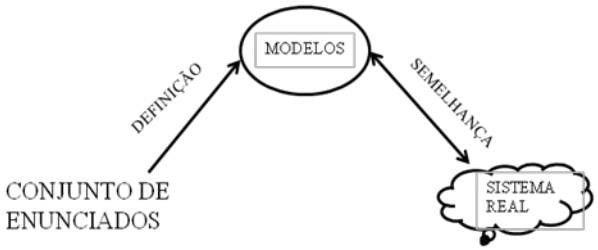
Na Filosofia da Ciência é frequente encontrar o *modelo* definido como uma *representação* incompleta da realidade (GIERE, 1999; CHAMIZO, 2006; ADÚRIZ-BRAVO; IZQUIERDO-AYMERICH, 2009) e as *teorias* são identificadas como famílias de *modelos* e conjuntos de hipóteses que as vinculam à realidade. A proposta de Giere (1992, p. 109), apresentada na Figura 2 e a proposta de Chamizo (2010, p. 34), na Figura 3, ilustram tal relação.

O esquema da Figura 2 apresenta a proposta de Giere (1992) em congruência com seu realismo construtivo. Para ele o modelo é uma representação mental interna, abstrata e não linguística da realidade, a qual é parte de um mundo imaginado. Não existem em nenhum lugar, exceto nas mentes dos cientistas ou como objetos abstratos das descrições verbais que os cientistas escrevem. O modo em que estes modelos se conectam à realidade é mediante relações analógicas que são denominadas relações de semelhança ou de similaridade entre um modelo e um sistema empírico que é validado pelas hipóteses

[2] Os conceitos de *representação, modelo e teoria*, aparecem grifados para facilitar a leitura texto.

teóricas que surgem das relações estabelecidas entre enunciados teóricos e fenômenos empíricos mediados por regras de correspondência.

Figura 2. Modelos, enunciados e realidade.



Fonte: Giere, (1992, p. 109)

Figura 3. Modelo: real, mental e material.

Fonte: Chamizo, (2010 p.34)

Na Figura 3, o esquema proposto por Chamizo (2010), o *modelo* mental é uma representação construída pelos sujeitos para produzir explicações, predizer situações, elucidar inferências, sobre o mundo real. O *modelo* material corresponde aos modelos empíricos aos quais temos acesso devido a que eles são construções mentais que depois de passar por consensos na comunidade científica se transformam em expressões comunicáveis já que resultam adequadas para explicar determinadas situações científicas, que procuram explicar a realidade.

Greca e Santos (2005) afirmam que outro elemento que aparece pouco diferenciado nos trabalhos é a distinção entre *modelo* e *representação*. Embora os *modelos* possam ser pensados, tanto na Física quanto na Química, como *representações* simplificadas de fenômenos ou processos, nem toda *representação* corresponde a um *modelo*. Tal distinção, mesmo parecendo óbvia, é pouco reconhecida pelas pesquisas no ensino das ciências, em razão de que a *representação* das *entidades*, *modelos* e *teorias* precisam de explicações ontológicas e epistemológicas para ser entendidas e o professor pouco se envolve nestas questões.

Assim, quando é solicitado aos estudantes que *representem* microscopicamente o conteúdo de uma garrafa de coca-cola (aberta e fechada), assumindo esta como uma mistura de aparência homogênea de líquido e gás, os estudantes poderão elaborar

representações com base em algum *modelo* de comportamento microscópico do sistema. Entretanto, não podemos considerar que suas representações pictóricas sejam literalmente o *modelo teórico ou material* utilizado para tal construção (GRECA; SANTOS, 2005).

No processo pedagógico é papel do professor fazer a distinção entre *modelo* e *entidade* para avaliar as *representações* dos estudantes e as interpretações que eles fazem das *entidades,* dependendo do *modelo material* ao qual eles recorrem para elaborar explicações dos fenômenos científicos para explicar a realidade.

A dupla funcionalidade que oferecem as conceitualizações de *modelo* e de *representação* é complexa e pode ficar subordinada a uma relação simétrica em razão de que o *modelo* pode ser entendido como uma *representação* e uma forma de *representação* pode ser um *modelo,* com a implicação de que nem toda *representação* corresponde a um *modelo*. Embora o tratamento que é dado a estas duas categorias têm epistemologicamente as mesmas pretensões, a não conquista da verdade, cujo propósito é explicar e representar os fenômenos científicos como uma possibilidade de entender como funciona o mundo real.

Seguindo o raciocínio proposto por Hacking (1996),

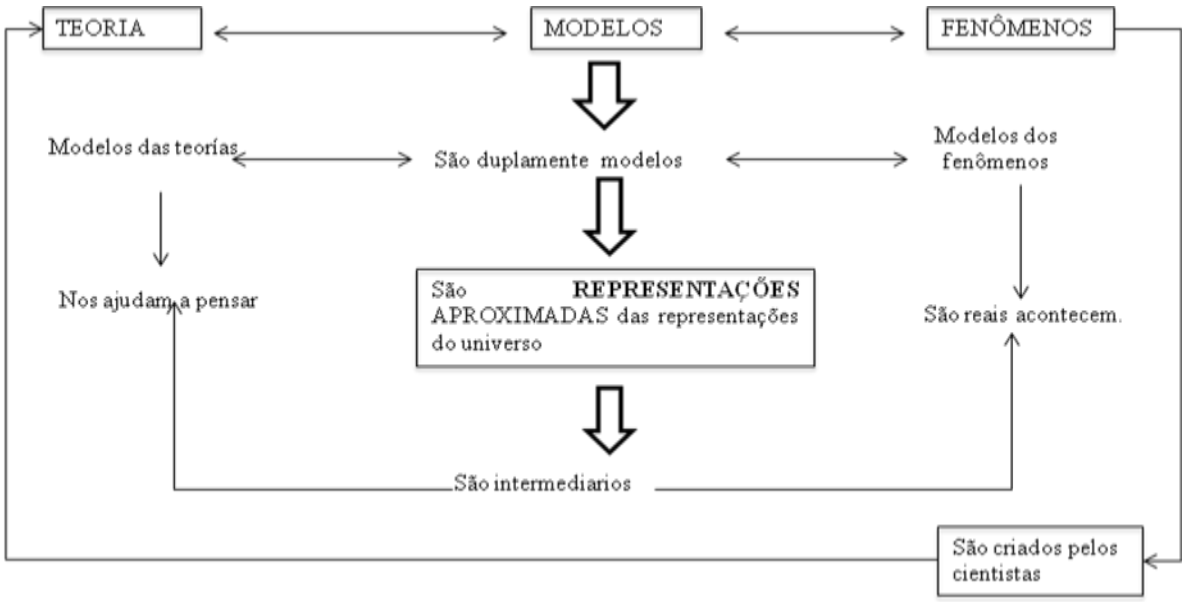
> Suponhamos que temos teorias, modelos e fenômenos, uma ideia natural seria que os modelos são duplamente modelos, isto é são modelos dos fenômenos e são modelos da teoria. O que significaria que as teorias são complexas para que possamos discernir suas consequências, para tanto as simplificamos em modelos maleáveis e ao mesmo tempo estes modelos são representações aproximadas das representações do universo. (p. 246).

Procurou-se ilustrar esta relação no esquema da Figura 4. Porém, é preciso distinguir que a interpretação que o autor tem sobre esses conceitos corresponde a uma postura realista para os *fenômenos* (eles realmente acontecem), antirrealista nas *teorias,* pois elas dirigem-se à verdade e os *modelos* são intermediários que subtraem alguns aspectos dos *fenômenos* reais e os conectam às *teorias* que explicam os *fenômenos*. Uma crítica a esta forma de pensar a Ciência é que nas práticas científicas nem sempre funcionam assim, os *modelos* são robustos e os cientistas utilizam *modelos* incompatíveis que muitas vezes não são dedutíveis da *teoria* e facilmente conectáveis com a realidade, aliás, a *teoria* não contém verdade, ela é uma *representação* que permite pensar o mundo.

Estabelecer uma distinção do modelo, enquanto a sua dupla função só tem sentido no contexto da situação que se quer representar, pois o modelo nos ajuda a pensar o mundo

real (o qual não sabemos como é) mediante as teorias que a ciência constrói baseados em hipóteses sobre o que se espera que aconteça na realidade. Sua distinção, pois, fica dependente de sua funcionalidade.

Figura 4. Relação teoria, modelo e fenômeno.



Fonte: Esquema elaborado pela autora baseada em Hacking (1996)

A proposta de Hacking (1996) parece levar à ideia de que *teoria, modelo* e *fenômeno* convergem na *representação,* assim o argúem Moreira *et al* (2002):

> [...] o modelo é um sub-rogado (isto é, um substituto) do sistema real sob estudo. A complexidade desse sistema, com numerosas componentes ricamente inter-relacionadas, faz impossível abordá-lo cientificamente; portanto, os cientistas trabalham com *representações* ("restituir em ausência") do sistema que só retém alguns elementos essenciais de interesse. Assim, esta consideração de que o modelo (tanto em seu significado 1. axiomático, de exemplo, como em seu significado 2, operacional, de imitação funciona como um facilitador para a compreensão do mundo real. (p. 44)

O fato de o estudo das *representações* permitir uma abordagem dos *modelos* e *teorias* para compreender como funciona o mundo não significa que seu papel seja o de simplificador das estruturas conceituais envolvidas no processo, reduzindo-a a um recurso meramente instrumental e técnico. Razão pela qual a ideia de que o *modelo* é uma *representação* interna do mundo externo (MOREIRA *et al*, 2002) não deve entender-se

como linear e direta, também não pode considerar-se um reflexo ou uma imagem especular de um mundo no outro.

Estabelecer os limites entre *teoria*, *modelo* e *representação* continua sendo complexo na concepção de Harrinson e Tregaust (2000); o *modelo* pode ser considerado como uma forma de fazer ou *representar* alguma coisa. Mas, como é indicado por Gutierrez e Pintó (2009), precisa-se não só dos fundamentos epistemológicos, mas também dos fundamentos ontológicos que permitam teorizar sobre os *modelos* e caracterizar o papel das *representações*. Filósofos, como Bunge (1974-1989), explicam que os *modelos* contemplam três fundamentos ontológicos: a) A natureza do *modelo* é uma *representação*; b) Os constituintes do *modelo* são as entidades com suas propriedades enunciadas e leis que põem em relação ditas entidades e c) As funções do *modelo* são a predição e a explicação. Esta relação ontológica entre o *modelo* e a realidade consolida-se de maneira material na construção de uma *representação* que pretende de algum modo explicar parte dessa realidade por meio das propriedades das entidades que conformam o *modelo* ou mediante as relações que se estabelecem entre si. A funcionalidade que a *representação* tem dentro de um determinado *modelo* determina quão útil ela é para construir inferências sobre comportamentos, processos, regularidades entre outros. A possibilidade de transitar em outros modelos não se reduz simplesmente à realidade, ao contrário, dota de pluralidade e divergência o conhecimento, por isso não é o objetivo da *representação* representar toda a realidade.

Os fundamentos antes explorados foram úteis no processo didático e pedagógico para definir as *representações* como novas estruturações organizadas para apresentar "algo", que não podem ser julgadas como verdadeiras ou falsas, já que sua correspondência com o mundo não é uma cópia fiel e direta. Contudo, o conhecimento científico é uma *representação*, não é a realidade nem se assemelha a ela, mas a representa. Definidas assim as representações, podemos pensar que ensinar ciências significa estruturar um sistema de *representações* que são interpretadas e modeladas pelo professor dependendo de sua concepção de ciência, teoria e modelo, para interpretar e recriar os fenômenos científicos, recorrendo ao Conhecimento Pedagógico do Conteúdo para ensinar uma Ciência.

Com a intenção de situar o fundamento teórico que permitira na pesquisa fazer uma análise das representações científicas, recorre-se aqui a uma caracterização em dois sentidos: a "*representação de"* entendida como uma materialidade (signos, símbolos, linguagens, gráficos, textos, entre outros); e a "*representação como"* constituída pela relação entre os objetos e o mundo (analogia, modelo, teoria, metáfora, representação mental) a qual não pode ser reduzida conceitualmente à primeira "de", pois ela leva implícita uma funcionalidade. Ainda que a primeira não esteja isenta de elementos interpretativos, na segunda, a interpretação converte-se em um elemento central. Na primeira, é prioridade a representação no sentido de projeção geométrica, enquanto na segunda, esta propriedade, ainda que esteja presente, não é relevante por si só. A "*representação como"* é construída e tal construção pode ser representada de várias formas, as quais dependem da função que elas se dispõem a cumprir, já que o comportamento dos fenômenos permite diferentes interpretações (REYES, 2001).

Defende-se a *representação como*, em consideração de que, se o pensamento científico tende para a unicidade na explicação, ele logo tende para a diversidade na descoberta e na invenção. No raciocínio de Bacherlard (2009), esta abrangência da representação prontifica as possibilidades de interpretação de distintas realidades, ele afirma que, "assim antes de tudo o pensamento unificante deve facilitar uma nova diversificação. Aí é que ele mostra o seu verdadeiro valor. Afinal vê-se o pensamento filosófico e científico mover-se numa dialética que vai do diverso ao uniforme, para voltar do uniforme ao diverso". (p. 15)

Como será explicado no capítulo seguinte, a ideia de que a representação tem a vantagem de materializar-se em uma gama de posibilidades, utilizando linguagens verbais e não verbais, é o que se tomou como um critério fundamental para avaliar as representações que os futuros professores construíram e introduziram no processo de ensino da Química. Esta pluralidade é reiterada por Bachelard (2009) como o pluralismo coerente:

> [...] O pluralismo da Química contemporânea é um pluralismo coerente. Nele a diversidade torna-se orgânica, a experiência é sustentada por ligações racionais, que podem por sua própria extensão, multiplicar a diversidade. De modo paradoxal, é possível dizer que se reduz a diversidade aumentando-a. Pois ao se introduzir corpos novos em séries de corpos incompletamente conhecidas, substitui-se o conhecimento dos corpos particulares pelo conhecimento em série. Simplifica-se completando. Isto é

> também uma aproximação do ideal racional: substituem-se pela lei os fatos dispersos, pela regra os exemplos. (p. 24)

Não se procura a melhor representação ou aquela que seja verdadeira, são procuradas representações que dão explicação a determinados objetos, fenômenos e entidades em determinadas situações. Neste sentido, não existe uma única representação. Existem diferentes formas de pensar o mundo para ser representado. Não existe uma hierarquia entre os tipos de representação, mas sim uma harmonia que é coordenada, sem pretender ser supra ou subordinada. A supremacia de uma representação está dada pela função que ela desempenha no momento, porém, em outro, ela pode ser deslocada por outra que pretende explicar outra realidade.

> Tal pluralismo coerente se afirmaria ainda mais se fosse possível destacar tudo o que pertence à categoria de comunidade no método experimental do químico. Essa categoria reúne de certo modo a categoria de substância e a de causalidade. Essa categoria de comunidade em termos kantianos chega a substituir os princípios de subordinação pelos princípios de coordenação [...] é preciso chegar à coordenação dos atributos entre si, depois a coordenação da substancias entre si. Quando se quer aprender a experiência química no que ela tem de essencialmente correlativo, bem como o pensamento teórico no que ele tem de indutivo. Só assim se explica que uma substância possa revelar outra. Objetivamente falando todas as propriedades químicas são relativas. Destacar o caráter correlativo das noções de química é a verdadeira tarefa da filosofia química. (BACHELARD, 2009, p. 25).

Em concordância com o pluralismo coerente de Bachelard, os autores Lombardi e Labarca (2010) abordaram este problema procurando a autonomia da Química em relação à física a partir de uma "perspectiva estritamente ontológica, na base de um realismo pluralista de origem kantiano inspirado no internalismo de Putnam" (p. 4). Segundo esta posição Filosófica, deve-se abandonar os sonhos metafísicos de onisciência, pois não existe a perspectiva do "Olho de Deus", a qual permitirão conhecer a realidade independente, tal como é em si mesma. O objeto de conhecimento estará sempre constituído como uma síntese entre a realidade independente e o esquema conceitual que aporta o sujeito. Mas, a diferença de Kant é que ele situa o sujeito e seu sistema de categorias no âmbito do transcendental.

Esta pesquisa assume um raciocínio diferente, já que o sujeito está situado historicamente e culturalmente, assim que o acesso na compreensão do ontológico resulta da contribuição de seu próprio esquema conceitual, o qual precisa ser construído mediante o processo formativo que acontece no contexto escolar.

O regate da autonomia da Química com respeito à Física como disciplina científica, segundo Labarca (2010), deve-se a que, no período clássico, a Física foi considerada como a Ciência "fundamental", que representa a realidade tal como é em si mesma. Por outro lado, a Química foi catalogada como uma disciplina meramente "fenomenológica", que só descreve os fenômenos tal como eles são apresentados. Porém, uma vez que se reconhece que não existe um mundo "já feito" ao qual se tem acesso direto e que cada quem constrói seu próprio esquema conceitual, que se constitui na sua própria Ontologia, redimindo-se esta Ciência de caráter fenomenológico e colocando-a em outro patamar que permite justificar que ainda que a Química pudesse ser reduzida epistemologicamente à Mecânica Quântica, entidades como orbital, molécula e propriedades químicas, como quiralidade, ligação química ou estrutura molecular, não necessitam ser referidas às leis físicas para adquirir legitimidade ontológica. Estas são propriedades pertencentes ao mundo da química, cuja existência objetiva não depende de sua redução ou emergência ontológica no que diz respeito às propriedades supostamente mais básicas da Física, mas sim do fato de poder ser descritas por uma disciplina como a Química, cuja fecundidade pragmática atualmente não deveria ser posta em dúvida.

Os fundamentos colocados permitem justificar a necessidade de uma formação de professores de Química que comprometa pressupostos ontológicos e epistemológicos que, ao serem incorporados na compreensão das teorias, modelos e representações de uma Ciência como a Química, se traduzam em ações pedagógicas e didáticas que possibilitem ao professor fazer um processo de ensino contextualizado, baseado em fundamentos sociais, políticos e culturais.

Os trabalhos sobre este campo das representações, utilizando fundamentos filosóficos, centram-se na defesa desta autonomia e produzem teorias que procuram argumentos que ajudem a uma melhor compreensão da Ciência. Assim, uma teoria combinatória das representações é apresentada por Ibarra e Mormann (2000, p. 5-6),

atribuindo-lhe funções próprias às representações baseadas no pluralismo ontológico, os autores supracitados caraterizam as representações científicas da seguinte forma:

> 1. A representação é não isomórfica, ela não é um reflexo nítido da realidade, ainda que se estabeleça uma relação entre o mundo interno e o externo, a representação de símbolos, imagens, gráficos e esquemas, poderia ser um exemplo, pois funcionam como análogos de similaridade, mas não pretendem ser a realidade mesma. O tipo de representação isomórfica carece de interesse teórico.
> 2. As representações não são únicas, existem diversos tipos de representações materiais que desempenham uma função essencial nas práticas científicas, produzem diferentes formas de representar um mesmo conhecimento.
> 3. As representações não aparecem isoladamente senão em grupos, ou em sistemas, elas podem combinar-se e completar-se de diversos modos. Uma teoria completa das representações científicas deve dar conta do caráter plural de muitas representações. Na Ciência real as representações são com frequência sistemas mistos de representações que combinam representações matemáticas com representações materiais de distintos tipos.
> 4. As representações não são evidentes, não "falam por sim mesmas", necessitam ser interpretadas. Uma boa parte da prática científica consiste em interpretar e reinterpretar as representações. A representação é um conceito reflexivo e conseguintemente, uma teoria das representações deve considerar diversos tipos de representações.
> 5. O objetivo básico das representações científicas é o raciocínio homológico, o qual permite transferir inferências e resultados obtidos no domínio representante a propriedades e relações identificadas no domínio representado. Este tipo de raciocínio sub-rogado permite explorar o rendimento das teorias identificáveis no domínio representante aplicando-as ao domínio representado. (p. 5-6)

Uma representação é de algo e por algo, porém ela é situada, isto é, atua num contexto ou em uma situação particular para captar o sentido e o significado desse algo. Os autores citados propõem quatro tipos de representações que permitem identificar algumas condições que se apresentam nas representações, sem que isto signifique que estas condições sejam aceitas em todos os casos:

> 1. A representação como isomorfa, caracteriza-se pela necessidade de que exista uma semelhança entre os dois objetos da representação. Por exemplo, cópias de mapas, planos e gráficos são exemplos clássicos deste tipo de representação. Este tipo de representação não é privilegiado na ciência, já que a ideia de imagem especular é criticada por ser realista e passar o sentido de redução do conhecimento científico a verdades absolutas e descontextualizadas.
> 2. A representação como substituição, é entendida como aquilo que pode chegar a substituir o objeto representado. Os números e outras magnitudes

> matemáticas "funcionam como substituto das entidades empíricas de diversos tipos".
> 3. A representação como homomorfia, corresponde à concepção de representação "como aplicação preservadora da estrutura", entendida como representações que conservam sua estrutura em domínios teóricos e empíricos. Por exemplo, a massa e a longitude, consistem em fazer corresponder um número que represente a cada objeto a medir.
> 4. A representação como homologia é aquele tipo de representação que não depende nem da semelhança com o objeto e nem com a estrutura, senão aquelas que conservam a lógica baseada na relação entre uma categoria empírica e uma categoria simbólica, isto pode ser análogo com o que propõe Van Fraassen (1980) existe uma correspondência entre as subestruturas empíricas e os fenômenos observáveis como critério construtivo da teoria. (idem, p. 9)

Qualquer que seja o tipo de representação submetido a estudo trata-se bem seja como substituição, ou homomórfica ou como homológica, de todos os modos a característica comum a todas elas é que não coexistem de maneira independente, já que formam uma complexa rede representacional. Nessa rede é possível identificar distintos tipos de combinações entre elas, daí o interesse em construir uma teoria combinatória das representações.

A representação não é só uma questão mental, como parece ser colocada por alguns autores que defendem a existência de uma relação direta entre o mundo representado e o representante, atendendo às explicações que se estabelece entre os objetos com a realidade. Esta correspondência trata-se, então, de uma semelhança, ou algo parecido, uma aproximação ou é uma questão de similaridade entre teorias, modelos, fenômenos e a realidade? Valeria a pena questionar este tipo de relação, já que muitas vezes os livros texto e os professores introduzem as representações no processo de ensino sem pensar nestes tipos de relações; a repercussão nos estudantes é que eles podem conceber a ciência como real, absoluta e determinada.

3. CAPÍTULO III. AS REPRESENTAÇÕES CIENTÍFICAS NO ENSINO DAS CIÊNCIAS: UMA PROPOSTA NA FORMAÇÃO INCIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA

A seguir encontram-se os fundamentos teóricos reportados por algumas pesquisas relacionadas ao ensino de Química e o papel das representações científicas na construção e reconstrução das teorias, modelos e fenômenos elaborados pelos cientistas, professores e estudantes para compreender como funciona o mundo químico. Esses referenciais, já abordados nos capítulos anteriores, compõem o embasamento teórico que orientou a elaboração e desenvolvimento de uma proposta de ensino de Química cujos sujeitos de pesquisa foram os professores em formação inicial de um programa de Licenciatura em Química.

Uma reflexão sobre o ensino e a educação em ciências é apresentada por Nardi e Almeida (2008) ao sustentar que existem evidências hoje de uma nova perspectiva na maneira de entender a educação científica escolar, isto partindo da ideia de que a Ciência deve ser vista como uma construção coletiva que tem mitos, regras, paradigmas e leis próprias, que foram elaborados no percurso do tempo por filósofos, cientistas, instituições, grupos e profissionais dos tipos mais variados. Além disso, para que o ensino das ciências se estabelecesse como disciplina escolar e objeto de estudo dos especialistas, percorreu-se um longo caminho que, assim como qualquer outra construção humana, foi se constituindo histórica e socialmente.

A reflexão anterior remete a pensar que os trabalhos publicados, os avanços nos campos de pesquisa, o papel dos pesquisadores do ensino, a formação de professores em ciências e a conformação de organizações que procuraram gerar investigação na escola abordando diferentes problemáticas, darão conta da constituição da área de Educação em Ciências, também denominada Ensino de Ciências. Esta área é caracterizada por desenvolver pesquisas com fundamentos conceituais e metodológicos que se constroem sobre referenciais teóricos que a fortalecem e que, por sua vez, tem mostrado divergências e convergências nas problemáticas que abordam.

Os campos sobre os quais avançam as pesquisas na Educação em Ciências têm sido o papel da linguagem e o discurso em sala de aula, a interdisciplinaridade, a pesquisa em Educação Ambiental, a entrada da Geologia na área, a presença da História e da

Filosofia da ciência na pesquisa em Ensino das Ciências. Assim mesmo, o papel das Faculdades de Educação na construção dos referenciais teóricos como fontes de futuras pesquisas que contribuíram na Formação Inicial e Continuada de Professores.

Os avanços destes campos na formação de pesquisadores, assim como a influência das tecnologias da informação e comunicação, o papel da linguagem vista como uma construção mediante a qual é possível conhecer os sentidos das falas e discursos utilizados pela comunidade educativa, favoreceram as pesquisas que buscaram revelar e analisar as concepções, representações, modelos, dentre outras formas de expressão dos professores e estudantes que, por encontrar-se inseridos em um contexto sociocultural determinado, estão carregados de ideologias e sentidos característicos próprios do homem como sujeito situado cultural e temporalmente.

Outras pesquisas na Educação em Ciências são desenvolvidas baseadas em aspectos históricos, sociológicos, formais e semânticos da Ciência. Ressalta-se a relevância dos aspectos semânticos para a compreensão atual da atividade científica fornecendo uma visão representacional da Ciência, superando a visão linguística e algorítmica do positivismo lógico e da concepção herdada, integrando visões historicistas e internalistas da nova Filosofia da Ciência, de modo que esta concepção seja de utilidade no desenvolvimento da Didática da Ciência.

Estes fundamentos teóricos e metodológicos possibilitaram estudos e pesquisas na Formação Inicial de Professores, visando um impacto no ensino das ciências partindo da perspectiva semântica, que considera que a *teoria* está definida por *modelos* que terão a pretensão de *representar* adequadamente os fenômenos. Isto é, existe uma relação substantiva entre o modelo e o sistema empírico que se materializa em uma ou distintas representações que são elaboradas para explicar, predizer, interpretar, reconstruir e procurar fundamentos que ajudem os professores e os estudantes a recriar o mundo da ciência. Esta perspectiva semanticista poderia ser considerada como uma alternativa para orientar o ensino e os currículos de ciências na escola.

A perspectiva semântica é apropriada para analisar o papel das representações e os modelos no ensino da Química, por isso foi adotada nesta pesquisa. Retomando as considerações de Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2009) sobre a concepção de modelo

como uma representação útil para o professor no ensino das ciências, no sentido de que as Teorias sejam consideradas como Representações científicas, já que:

> 1. Dão ao mundo e a quem as aplica (agentes cognitivos que incluem aprendizes e mestres) uma proximidade semântica, pragmática e retórica, mais que uma lógica e linguística.
> 2. Não se reduzem a um saber proposicional, incluem também um "saber sobre como" poder intervir no mundo.
> 3. Ao serem interpretadas mediante uma análise de conjuntos de modelos contribuem para uma reinterpretação das mesmas, baseadas em suas representações científicas que nas mesmas teorias.
> 4. Não tem correspondência direta entre o que se diz (proposições) e o fenômeno, esta mediação está dada pelos modelos enquanto representações não linguísticas do mundo, pois, as representações não são redutíveis nem a enunciados, nem à realidade, já que representações e modelos são autônomos e,
> 5. Podem ser representados mediante diversos modelos teóricos, porém nenhuma de suas representações tem supremacia sobre as outras. (ADÚRIZ-BRAVO; IZQUIERDO-AYMERICH, 2009, p. 5),

Da mesma maneira, a Concepção Semântica de modelo científico de Giere (1992) é entendida como uma representação sub-rogante em qualquer meio simbólico, que permite pensar, falar e agir com rigor e profundidade sobre o tema/objeto de estudo. Na sua concepção, há os modelos abstratos que correspondem às maquetes, imagens, tabelas, gráficos, desenhos, redes e analogias que podem ser considerados como representações, e também há os modelos teóricos que habilita a quem os usa a explicar, predizer, interpretar e intervir na construção dos fenômenos científicos.

A concepção de Giere, sobre o modelo-teórico, foi adotada nesta pesquisa para conceitualizar as representações científicas, considerando que ambos cumprem a mesma função, ou seja, mostram que as construções das teorias e dos modelos na Ciência foram feitas para comunicar e compreender o conhecimento científico. Segundo Quintanilla (2006a), a compreensão sobre a Ciência possibilita uma integração entre o saber científico e o saber cotidiano mediante representações mentais elaboradas pelos sujeitos para poder intervir no mundo.

O fato de assumir a concepção semântica fundada na Filosofia da Ciência, na proposta de pesquisa, justifica-se na relevância de trabalhar a Educação Científica levando em consideração as discussões baseadas nos pressupostos filosóficos das ciências, assim

como visando contribuir com a proposição de estratégias para fazê-lo na formação de professores, já que, segundo Quintanilla (2006), uma grande parte do professorado não valoriza os aspetos filosóficos que têm de ser vinculados com a Didática das Ciências como disciplina metacientífica, para desenvolver nos estudantes competências científicas e para mobilizar nos professores o saber e saber fazer na sua prática docente.

3.1 AS REPRESENTAÇÕES CIENTÍFICAS NO ENSINO DA QUÍMICA

A Química continua sendo considerada pelos estudantes uma disciplina difícil, pois exige o entendimento de uma série de abstrações sobre suas teorias, seus modelos e fenômenos, envolvendo linguagens específicas, formalizações e a representação de entidades que, por sua natureza, não são perceptíveis. Além disso, exige-se dos estudantes que deem conta de fenômenos físicos e também que operem com substâncias, processos, sistemas e comportamentos que correspondem a diferentes níveis, macroscópicos, microscópicos e simbólicos, que tornam complexa a compreensão da Química, dado que as relações que se estabelecem entre estas representações e os significados que elas procuram implicam diversos níveis de abstração.

Por exemplo, a utilização de metáforas e analogias no ensino de Química, como uma forma de aproximar o conhecimento químico do conhecimento cotidiano, é uma prática muito comum nas salas de aula, principalmente no nível de Ensino Médio. No entanto, seu uso está permeado por concepções de tipo realista, substancialista e empirista que aparecem nas explicações e representações feitas por professores e estudantes, principalmente quando se trabalha com conceitos abstratos para explicar os fenômenos do mundo microscópico.

Além disso, a ideia de que a mente constrói modelos internos do mundo externo para razoar e tomar decisões provoca confusões sobre o que faz parte de nossas representações internas e o que não. Segundo Johnson-Laird (1983; 1996), o modelo mental representa uma possibilidade para reproduzir e compreender os fenômenos, situações ou processos, captando seus elementos e atributos mais característicos. Do mesmo modo, os modelos mentais podem representar relações entre entidades tridimensionais ou abstratas, podem ser estáticos ou dinâmicos e podem servir de base a imagens, que nem sempre

apresentam componentes perceptíveis. Os modelos mentais não têm estrutura sintática: são representações que reproduzem, de modo análogo, a estrutura daquilo que se intenta representar. O estudo dos modelos mentais como mapa interno do mundo externo tem recebido muitas críticas devido à dificuldade de poder estabelecer limites entre estes dois mundos e a correspondência entre eles.

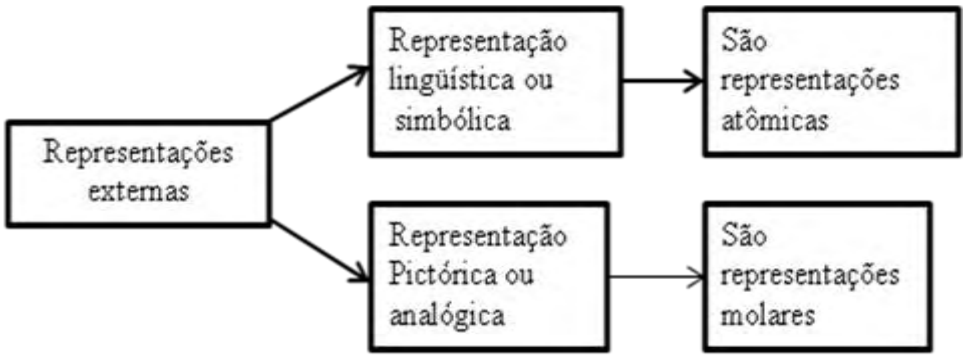
Os modelos mentais podem ser interpretados como ideias alternativas. A este respeito, Moreira, Greca e Palmero (2002, p. 18) afirmam que é um erro chamar de modelo com "estabilidade cognitiva" as "concepções alternativas" pelo fato de que algumas concepções são muito estáveis e resistentes à mudança. Isto em razão de que as concepções alternativas não podem ser consideradas modelos mentais, pois são representações construídas na memória episódica para dar conta de situações novas. Além disso, os modelos são representações um tanto abstratas que podem ser vistas a partir de qualquer ângulo e que, de forma geral, não pretendem reter aspectos específicos de um objeto ou evento.

Estabelecendo relação com o ensino, cabe perguntar-se: como funcionam as representações na construção do conhecimento escolar? Nesse sentido, a ideia básica se fundamenta em que o modelo conceitual (ou representação científica) pode ser considerado um instrumento de ensino. Mas o instrumento de aprendizagem é o modelo mental. Naturalmente, o modelo mental pode ser semelhante em parte ao modelo conceitual, pois a função do modelo mental é só a de permitir sua construção e dar significado ao modelo conceitual ensinado e, portanto, ao sistema físico modelado. Para Moreira *et al* (2002), os modelos mentais são representações que atuam como formas intermediárias que a mente humana utiliza como ferramenta para adquirir compreensão, movem-se no campo do psicológico e tem a possibilidade de que se constituam no substrato que dá lugar às concepções alternativas. Por isso, a relação entre as concepções alternativas e os modelos mentais é um tema que deve ser aprofundado teórica e empiricamente.

Os autores Eysenck e Keane (1990), Lombardi e Caballero (2007) referem-se às representações externas como linguísticas e pictóricas caracterizadas mediante a relação entre o símbolo e o que ele significa. As representações linguísticas (RL) são representações atômicas de caráter simbólico que se caracterizam pela relação arbitrária entre o sinal linguístico e o que este representa (Figura 5). Por outro lado, as

representações pictóricas (RP) são representações molares cuja estrutura se assemelha à do mundo que representa, isto é, são analógicas. O sentido dado para os termos atômicos e moleculares têm um significado análogo com a forma de representar e sua funcionalidade, razão pela qual os autores adotaram estes nomes em sentido análogo a como são utilizados na Química, para explicar o significado dado às RL e RP.

Figura 5. Uma interpretação das representações externas.



Lombardi e Caballero, 2007

De forma geral, segundo Lombardi e Caballero (2007, p. 387), as representações pictóricas caracterizam-se por: a) oferecer informação espacial para informar sobre o mundo, mais que as representações linguísticas, já que proporcionam a informação com um sentido de conjunto e b) ser percebidas basicamente de forma visual, obtendo informação que pode ser percebida e utilizada diretamente.

De igual forma, encontra-se um segundo tipo de RP cuja relação do mundo representado com o mundo representante é arbitrária. Por exemplo, aquela em que a relação está mediada pela linguagem matemática, como nos casos de: a) gráficos cartesianos, b) representações linguísticas e matemáticas utilizadas em Química para representar substâncias e reações químicas. Nesses casos, recorre-se a expressões simbólicas que combinam letras e números para representar as fórmulas químicas e, para representar as transformações químicas, se utilizam de equações que simbolizam as reações químicas. Estes sistemas de representação devem cumprir regras, tais como, se devem escrever os reagentes do lado esquerdo em uma equação química.

Porém, nem todas as RP guardam uma relação de analogia com aquilo que representam; é possível identificar um primeiro grupo de representações pictóricas que são análogas ao modelo conceitual. Por exemplo, a representação de átomos por esferas está mediada por uma representação de tipo pictórica.

De outro modo, as representações internas, entendidas como um estado interno que existe em nossa cabeça e faz parte do mundo representante, permanecem ainda ocultas e dificilmente teremos acesso a elas diretamente. Assim, não sabemos se o que chamamos de mundo externo existe realmente fora da mente. Os psicólogos cognitivos em geral assumem que parte do mundo representado existe fora e parte dentro. Estas divergências são as que levam a pensar que existem algumas confusões sobre os modelos cognitivos ou mentais, denominados também como representações internas e que são consideradas como individuais, idiossincráticas e incompletas; e os modelos científicos que, ainda sendo considerados como representações externas, têm uma natureza diferente ao serem produzidos e consensuados em uma comunidade de especialistas, dotados de critérios empíricos e teóricos com validade provisória e com pretensão à completude.

A diferença estabelecida entre o modelo mental e o modelo conceitual permite distinguir a maneira como a Ciência produz o conhecimento na forma de modelos e representações científicas e como as pessoas representam o mundo elaborando modelos mentais e como estas construções tomam sentido para professores e estudantes no processo de ensino favorecendo a compreensão da Ciência produzindo estratégias de ensino que facilitem sua aprendizagem. Assim, é possível considerar que as representações científicas, sejam elas linguísticas, pictóricas, verbais ou não verbais, constituem-se em recursos semióticos que permitem desenvolver processos de compreensão nos aprendizes que conduzem à interpretação e atribuição de significados em contextos e conteúdos específicos.

Tais aspectos aproveitados eficazmente favorecerão uma educação científica de qualidade que forme cidadãos mais críticos e responsáveis perante as implicações do conhecimento científico na vida das pessoas.

Com relação a isto, segundo Fourez (2007), geralmente ensina-se as ciências como se fossem a representação verdadeira de um mundo feito de uma vez por todas. Se oculta, assim, o fato de que uma mesma situação possa ser observada mediante distintas óticas

estabelecidas ou representadas em função de distintos projetos. Ao mesmo tempo, se desconhece também que as representações científicas são o resultado de uma escolha arriscada, que na maioria das vezes corresponde a uma lógica absoluta que conduz a uma única verdade da natureza.

Maldaner e Basso (2010) argumentam que a compreensão do que é a Ciência e como ela é produzida influência em muito o ensino escolar da mesma. Assim, por exemplo, o professor, que assume que a Ciência está constituída por um conjunto de verdades estabelecidas e que seus enunciados coincidem com a realidade das coisas do mundo natural e dos fatos, terá a tendência a ensinar a Ciência baseado nestas concepções e fará todo o esforço para que os seus alunos saibam repetir, exatamente, esses enunciados.

Dessa forma, o professor produz apenas argumentos retóricos, isto é, argumentos que buscam convencer os estudantes sobre estas verdades, suas aulas tendem a dificultar o diálogo e a colaboração na construção e recontextualização dos conhecimentos no âmbito da escola, sendo privilegiados ao ensinar os formalismos matemáticos, as aplicações de fórmulas algorítmicas e a reprodução de práticas experimentais, que em nada recriam outros contextos como o cultural, social, político e histórico, que bem contribuiriam à construção do conhecimento científico. Deste modo, ensinar a Ciência envolve dois tipos de aprendizagens: a dos saberes formalizados das disciplinas e os destinados a capacitar para construir representações de situações precisas. Cada uma dessas aprendizagens confere aos cidadãos um poder sobre sua existência e lhe outorga a possibilidade de escolher de forma ciente o que mais convêm para sua vida, identificando as vantagens e desvantagens de cada situação que se enfrenta.

Ensinar ciências é essencial em uma sociedade que procura ser democrática e valorizada. A Ciência como processo social e humano é também um processo histórico-cultural que deve ser significado e ressignificado em processos sociais interativos (MALDANER; BASSO, 2010). Construir esses significados coloca o ser humano como um ser construtor de histórias. Quando interage com os outros e com a realidade, o único mundo que existe para ele é aquele que vem da realidade consciente dos sujeitos; esta interação, denominada por alguns como subjetivista, opõe-se à existência de uma realidade objetiva isenta de intervenção do ser humano.

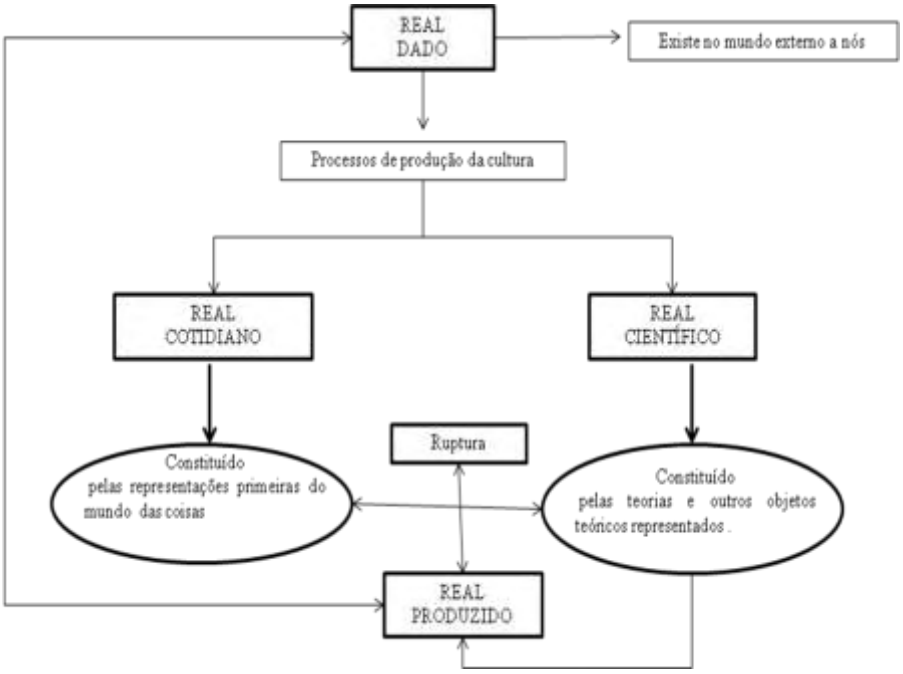
Segundo Maldaner e Basso (2010), reconhecem-se duas abordagens sobre o aprendizado dos conceitos: uma em que estes são produzidos em interação com o mundo e se tranformam em entidades mentais relativamente estáveis, presentes nas mentes dos indivíduos; e a outra em que se reconhece a existência de conceitos apenas nas linguagens naturais ou em sistemas de representações elaboradas pelos sujeitos.

Adotou-se na pesquisa a última ideia do autor, por fornecer subsídios conceituais e metodológicos que nos permitiram avaliar a construção de representações científicas nos discursos dos professores quando ensinam uma Ciência como a Química. Isto quer dizer que o professor tem a possibilidade de saber o que o estudante aprende mediante a interpretação do sistema de representações que ele constrói e expressa nas atividades que desenvolve, nas explicações e argumentos que elabora, nas questões que formula, nos textos que elabora, de modo que o professor sempre esteja se questionando sobre o que está ensinando e como o está fazendo em sala de aula.

No processo descrito, tanto o professor como o estudante dotam de significado aquilo que existe no mundo externo a nós, ou seja, o que pode ser denominado como o *real dado.* Sobre esse real há dois processos de produção da cultura: o *real cotidiano,* de grande importância para a vida das pessoas; e o *real científico* que, segundo Bachelard (1996), se produz na ruptura declarada com a percepção primeira de nossas impressões, para constituir-se em teorias e outros objetos teóricos (como modelos e representações) com os quais podemos pensar e compreender de alguma maneira o real dado mediante a construção de novas representações que se transformam no *real produzido*. (MALDANER; BASSO, 2010, p. 341) Uma interpretação dessa formulação é elaborada pela autora desta pesquisa na Figura 6.

Nesse sentido, passa-se do real dado ao real produzido numa relação que pode ser caracterizada como dialógica (o real dado consegue ser modificado pelo real produzido e vice-versa), mediada por interações entre o sujeito, os objetos do conhecimento e o contexto no qual se encontra inserida a produção de novas formas de significar e pensar o mundo.

Figura 6. Uma interpretação da construção do conhecimento científico



Fonte: Interpretação da proposta de Maldaner e Basso (2010) realizada pela pesquisadora

Neste contexto, é papel dos professores recontextualizar as teorias, modelos e representações para dotá-las de significado quando são refletidos, argumentados e debatidos pelos estudantes, utilizando elementos sociais, culturais, políticos e ideológicos transformando o conhecimento científico em conhecimento escolar.

Segundo Maldaner e Basso (2010, p. 346), cabe à escola a função social de ensinar o "conhecimento poderoso", que no caso dos professores de Química são os conhecimentos químicos entendidos como fenômeno sociocultural de grande impacto na vida de todos. Esse conhecimento não é aquele do cotidiano, no qual nos constituímos das relações do dia a dia, nas conversas em contato com a mídia. É um conhecimento de natureza epistêmica e ontológica que precisa ser trabalhado na escola para poder ser apropriado e relacionado com o conhecimento do real dado e o real produzido para que faça sentindo a quem aprende.

A proposta destes autores pode ser analisada em concordância com o exposto por Vygotsky (1991) para fundamentar que a construção do conhecimento decorre de uma ação partilhada num processo de mediação entre sujeitos. Nessa perspectiva, a interação social é condição indispensável para a aprendizagem. A heterogeneidade do grupo enriquece o diálogo, a cooperação e a informação, ampliando consequentemente as

capacidades individuais. As relações sociais convergem em funções mentais, como processos de internalização, mediante as representações do real dado (que existe em si mesmo) e que se transforma pelas interações entre o real cotidiano e o real científico, para constituir-se em uma nova construção diferenciada das construções anteriores e que pode ser considerada como o real produzido. Vygotsky (1991) apresenta esse processo de internalização da seguinte forma:

> a) Uma operação que inicialmente representa uma atividade externa é reconstruída e começa a ocorrer internamente. É de particular importância para o desenvolvimento dos processos mentais superiores a transformação da atividade que utiliza signos, cuja história e características são ilustradas pelo desenvolvimento da inteligência prática, da atenção voluntária e da memória.
> b) Um processo interpessoal é transformado num processo intrapessoal. Todas as funções no desenvolvimento da criança aparecem duas vezes: primeiro, no nível social, e, depois, no nível individual; primeiro, entre pessoas (interpsicológica), e, depois, no interior da criança (intrapsicológica). Isso se aplica igualmente para a atenção voluntária, para a memória lógica e para a formação de conceitos. Todas as funções superiores originam-se das relações entre indivíduos humanos.
> c) A transformação de um processo interpessoal num processo intrapessoal é o resultado de uma longa série de eventos ocorridos ao longo do desenvolvimento. O processo sendo transformado, continua a existir e a mudar como uma forma externa de atividade por um longo período de tempo, antes de internalizar-se definitivamente. Para muitas funções, o estágio de signos externos dura para sempre, ou seja, é o final do desenvolvimento, tornando-se gradualmente funções interiores. Entretanto, elas somente adquirem o caráter de processos internos como resultado de um desenvolvimento prolongado. Sua transferência para dentro está ligada a mudanças nas leis que governam sua atividade; elas são incorporadas em um novo sistema com suas próprias leis. (p. 75)

O processo antes descrito começa com o passo do processo interpessoal ao intrapessoal e cumpre tanto a ação de representação quanto a de generalização, o que permite a reconstrução do real ao nível do simbólico, essa reconstrução representa a condição de criação de um universo cultural e a construção de sistemas lógicos de pensamento, que possibilitam a elaboração de sistemas explicativos da realidade. Esses sistemas não devem ser entendidos como cópias da realidade, da qual procuramos nos aproximar o mais possível.

A analogia do mapa que apresenta Fourez (2007) mostra-se apropriada para entender o que seria a representação pois, no caso do mapa, ele não se assemelha ao lugar que representa, porém a pessoa que sabe utilizar o mapa pode planejar o roteiro sem a

necessidade de ir até o lugar. O mapa, entre outras coisas, representa as dificuldades do terreno e as possibilidades para se deslocar (real dado), ele toma o lugar do objeto material da situação que se quer representar. A interação do sujeito com o mapa depende do significado (real produzido) que ele lhe atribui e do conhecimento e apropriação que se tem sobre o mapa para poder subtrair informação dele e atingir o objetivo esperado. Esta habilidade na manipulação do mapa depende também das experiências anteriormente construídas com os outros e da internalização pelos sujeitos na medida em que foram compreendidas e significativas. Sobre isto, Fourez (2007), expõe que:

> Todo conhecimento científico é uma representação. Não é a "realidade" nem se lhe assemelha, mas a representa. Ocupa o seu lugar em alguns debates. No entanto, se o conhecimento reflexo prescinde da representação. O conhecimento representativo amplia-se na abstração e na linguagem. Ensinar as ciências é introduzir um sistema de representações. (s/p)

Não obstante, ao definir assim o conhecimento científico deve-se levar em consideração assumir que uma representação não é nem verdadeira nem falsa, só que ela representa mais ou menos bem a situação ou a realidade à qual se remete. A representação não pretende ser, portanto, única e verdadeira, ou seja, não diz que algo é válido para representá-lo, pois isto é arriscado, já que ela só aponta um número limitado de elementos considerados como significativos da situação ou realidade em foco e não pretende explicar a totalidade. De fato, o professor acredita que é preciso escolher uma representação para ensinar, o que implica uma responsabilidade. Contudo, provavelmente ele se limita a apresentar aquela que está no livro-texto, ou aquela com a qual está mais familiarizado, sem questionar qual será aquela que é mais adequada para compreender e contextualizar o conhecimento a ser ensinado. De qualquer modo, a representação só atinge a uma parte daquilo que se assume como realidade, pretender que ela explique a totalidade é caminho à ingenuidade.

No processo de aprendizado, os estudantes têm pouca motivação para aprender, não achando interessante o que o professor propõe na sala de aula devido à falta de estratégias ou diferentes formas de representar e modelar o conhecimento na hora de ensinar, de tal maneira que os conteúdos se apresentam desligados de seu quotidiano. Esta falta de contextualização e construção de representações do conhecimento científico tem

gerado uma atitude negativa à aprendizagem da Ciência. Deste modo, a exigência para que o professor consiga envolver e motivar os estudantes depende de como ele compreende a Ciência que ensina e a forma em que ele há de assumir as transformações dos conteúdos, os processos e os conhecimentos, tornando-os mais interessantes e próximos do contexto escolar.

O mundo muda constantemente e a formação do professor não está de acordo com estas mudanças, assim, a pesquisa em educação deve atingir a escola em todos os planos que fazem parte deste contexto. Tais mudanças devem também se aplicar ao ensino de uma Ciência como a Química, que carrega uma mitificação de ser uma Ciência difícil, com muitos formalismos, os quais não têm nada a ver com a vida do estudante. Ainda que o professor se esforce em afirmar que a Química faz parte de tudo quanto nos rodeia, é preciso mostrar como funciona e como os modelos e representações construídas pelos cientistas lhes permitem interagir com o mundo e o conhecimento desenvolvendo atividades práticas que envolvem temáticas de interesse, cuja abordagem por parte de professores e estudantes requer discussões críticas e argumentos científicos acerca de temas sociais, tecnológicos, ambientais e culturais que precisam ser problematizados.

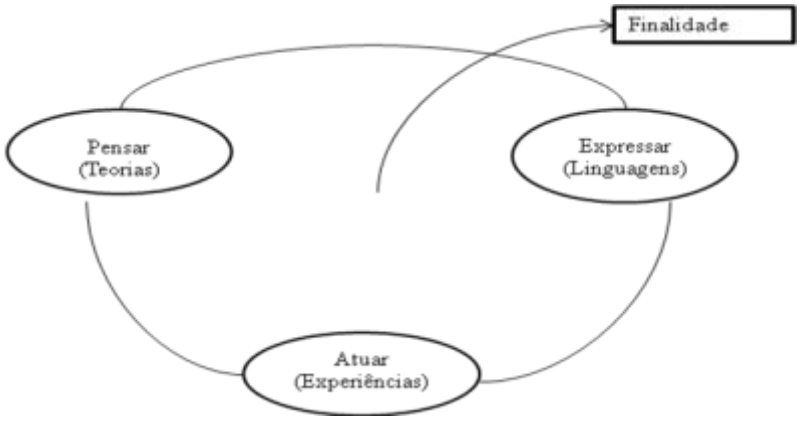
Assim, é preciso pensar que, para aprender, é necessário algo a mais. As pessoas têm diversas capacidades cognitivas (Figura 7) que se apresentam segundo diversas dimensões e situações. Segundo Izquierdo-Aymerich (2004, p. 118), estas capacidades seriam:

1. *O pensamento:* que opera mediante representações da realidade, que em ciências correspondem às teorias científicas;
2. *A ação:* que se deriva da capacidade de desenvolver atividades de transformação do mundo, que em ciências correspondem à experimentação; e
3. *A comunicação:* que se manifesta mediante diversas linguagens, que em ciências correspondem às especializadas das diferentes disciplinas.

Desenvolver estas dimensões cognitivas ajudaria o estudante a construir representações que lhe permita entender a relação entre o mundo e a realidade dos objetos; os fatos, os fenômenos, o mundo da abstração das teorias e os modelos. Talvez isto favoreça um clima apropriado que propicie a criação de argumentos, fundamentos,

linguagens e representações que lhe permitam significar e intervir no mundo para poder entender como ele funciona.

Figura 7. Dimensões cognitivas de ensino e de aprendizagem



Fonte: Izquierdo-Aymerich (2004, p. 118)

A respeito disto, Vygotsky (1991b) afirma que:

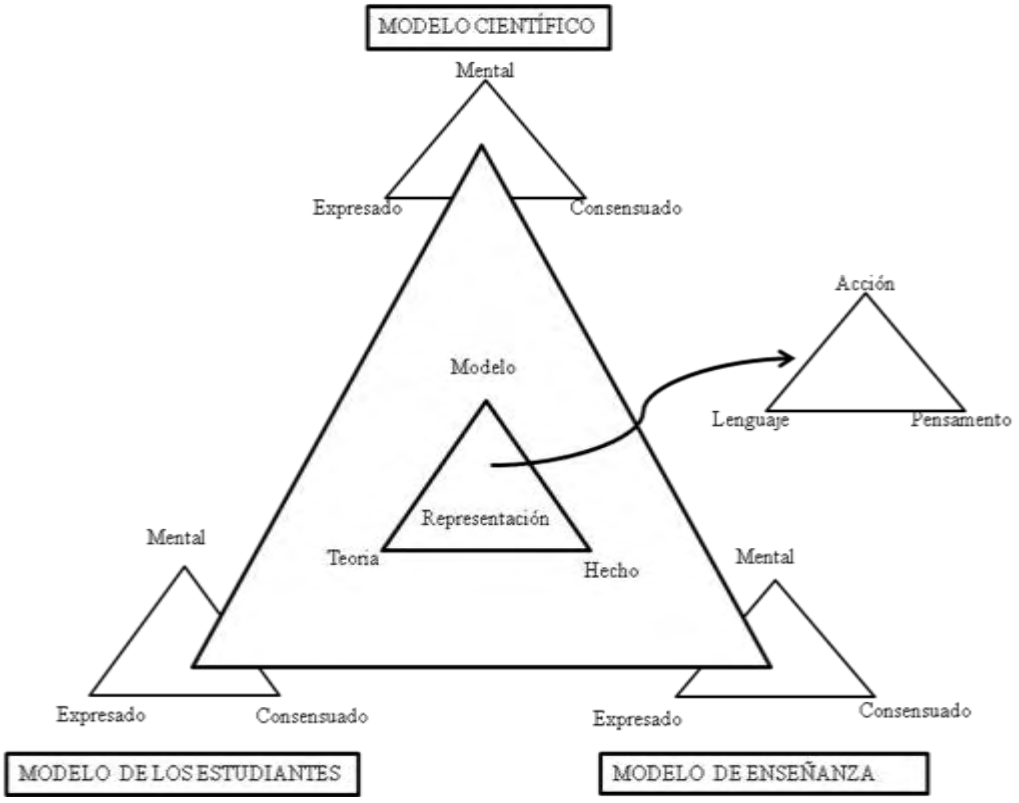
> O significado duma palavra representa uma amálgama tão estreita de pensamento e linguagem que é difícil dizer se trata-se de um fenômeno de pensamento, ou se trata de um fenômeno de linguagem. Uma palavra sem significado é um som vazio; portanto, o significado é um critério da palavra e um componente indispensável. Pareceria, portanto que poderia ser encarado como um fenômeno linguístico. Mas do ponto de vista da psicologia, o significado de cada palavra é uma generalização, um conceito. E, como as generalizações e os conceitos são inegavelmente atos de pensamento, podemos encarar o significado como um fenômeno do pensar. [...] O significado das palavras só é um fenômeno de pensamento na medida em que é encarnado pela fala e só é um fenômeno linguístico na medida em que se encontra ligado com o pensamento e por este é iluminado. É um fenômeno do pensamento verbal ou da fala significante – uma união do pensamento e da linguagem (p. 102)

Porém, a função da linguagem não deve ser entendida como um espelho do pensamento. Assim interpretada, ela assume uma função realista e determinista que a limita a um simples reflexo dos objetos na mente. Por isso, não se pode vestir o pensamento com palavras, o pensamento passa por transformações que tomam distintos caminhos e sentidos que são atribuídos pelos sujeitos antes de converter-se em fala. Desse modo, as aulas de ciências têm de implicar nos fenômenos relevantes e significativos e a sala de aula há de procurar propiciar uma dinâmica que permita pensar, fazer e comunicar de maneira

coerente o proceder da Ciência como uma comunidade permeada de valores, projetos e elementos próprios do contexto escolar. (IZQUIERDO-AYMERICH, 2004).

Uma interpretação da proposta de Espinet *et al* (2010), apresentada na Figura 8, considera que os modelos como representações constituem uma parte fundamental das narrativas de Educação em Ciências, podendo se identificar o sistema alvo o modelo científico como aquilo que existe na experiência coletiva e que é objeto da representação.

Figura 8. Esquema sobre o papel da linguagem na modelização do mundo natural



Fonte: Espinet *et al.* (2010)

Neste sentido, o modelo mental é uma representação pessoal do alvo. E o modelo expresso é uma versão do modelo mental, que é expresso por um indivíduo mediante a ação da fala ou a escrita. O modelo consensual como um modelo expresso, que foi submetido a testes por um grupo social (por exemplo, pertencente à comunidade científica e sobre o qual se concorda que apresenta algum mérito). E o modelo de ensino como um modelo especialmente construído e usado para auxiliar na compreensão do modelo consensual.

Analisando esta proposta podemos argumentar que os professores se valem de modelos científicos (construídos inicialmente como modelos mentais pelos cientistas) que, ao serem expressos e comunicados, são aceitos por uma comunidade específica. Esses modelos são apropriados pelos estudantes, os quais também constroem modelos mentais, que são expressos mediante atividades realizadas que lhes permitem socializar, interagir e construir novos modelos que são usados para explicar os fenômenos utilizando algum modelo científico.

Assim, o modelo de ensino empregado pelo professor está constituído por atividades escolares que colocam em cena a relação entre o mundo e a realidade dos objetos; os fatos e os fenômenos; e o mundo da abstração das teorias e os modelos, sem desconhecer o contexto de construção de tais representações e o legado cultural que envolve estas construções mediadas pela linguagem, favorecendo que os estudantes se apropriem deles para falar, discutir e escrever a ciência escolar (IZQUIERDO-AYMERICH; SANMARTÍ; ESPINET, 1999).

3.2 AS REPRESENTAÇÕES NA QUÍMICA E NA CONSTRUÇÃO DA CIÊNCIA ESCOLAR

No caso particular da Química, dominar sua linguagem implica que o aprendiz consiga estabelecer as relações conceituais entre representações de diferentes níveis, assim como transformar uma representação entre um nível e outro. Para Wu (2003), a aprendizagem e o desenvolvimento de competências representacionais implicam realizar ações que permitam ao sujeito que aprende:

> a) Gerar representações para um propósito particular;
> b) Utilizar as representações para dar explicações;
> c) Utilizar as representações em um contexto social, por exemplo, na escola, para comunicar sua compreensão e,
> d) Estabelecer as relações entre diferentes representações. (p. 831)

Outra pesquisa desenvolvida pelos autores Wu e Krajcik (2000), cujo objetivo foi promover a compreensão das representações químicas dos estudantes mediante o uso de ferramentas visuais, deu como resultado que as dificuldades no entendimento do mundo microscópico se devem à necessidade de explicar o comportamento das substâncias através de representações de entidades invisíveis e abstratas que não têm correspondência com o

mundo perceptível (macroscópico). Processo que corresponderia ao real dado antes explanado. Razão pela qual se pensa que o estudante não consegue entender os fenômenos químicos e relacionar os tipos de representação: macroscópica, microscópica e simbólica.

Os pesquisadores verificaram que o uso de ferramentas tecnológicas, assim como a utilização de software especializado para o ensino de conceitos químicos, como estrutura molecular, melhora a compreensão dos fenômenos por parte dos estudantes, no sentido de que lhes permite interpretar múltiplas representações para uma mesma situação, desenvolvendo habilidades cognitivas, ajudando-lhes a constituir o mundo do real produzido.

Do mesmo modo, estas revisões permitiram nesta pesquisa a formulação e realização de práticas experimentais que envolveram a resolução de problemas favorecendo nos sujeitos a estruturação dos conceitos para construir representações fundadas sobre comportamentos microscópicos. Em outros casos, em que a contextualização histórica foi utilizada para entender como foram elaboradas as teorizações científicas e como elas se constituem como resultado de determinadas práticas científicas que deram origem às representações do mundo real, isto possibilitou mapear os fatores e os contextos que influíram na produção de um conhecimento que, mediante diversas situações, foi se tornando público no sentido em que se consolidou como um domínio ao qual todos os participantes podiam ter acesso.

A respeito disso, autores como Hoffmam e Lazlo (1991) argumentam que as representações em Química são metáforas, modelos e construtos teóricos que surgem da interpretação que os químicos fazem da natureza e da realidade. Deste modo, ao estudar as fórmulas, as estruturas, os símbolos utilizados na Química, os desenhos das estruturas moleculares e as redações das fórmulas químicas, se está estudando teorias, leis, conceitos, processos culturais e até ideologias.

Em concordância com isto, pode-se afirmar que as construções e os experimentos elaborados pelos cientistas estão carregados de ideologia e de teoria, já que eles contêm mensagens sobre a evolução das teorias que são reveladas no processo de construção histórica da Química. Portanto, as representações químicas estão fundamentadas no conhecimento, em suas transformações e mudanças, em construções e criações que refletem a unificação e reconstrução do conhecimento teórico e experimental.

As representações químicas cumprem diferentes propósitos e podem ser consideradas como modelos adequados para fins específicos. Por exemplo, o modelo molecular utilizando pinos e bolas, representa as posições físicas dos átomos e moléculas e os modelos de preenchimento de espaço proporcionam informação sobre o tamanho dos átomos, que é fundamental para determinar a conformação da molécula.

Contudo, a Química tem se convertido numa ciência microscópica, que passou de uma simples compreensão macroscópica de fenômenos observáveis, a uma interpretação e explicação do comportamento visível das substâncias a partir de fundamentos atomísticos. É assim que, ao explicar a cor de um corante, pode-se justificar esta propriedade em termos mecânico-quânticos, assim como a ação farmacológica de uma molécula está relacionada com seu poder eletrostático, propriedades que são analisadas a partir do mundo microscópico.

A partir do que foi dito anteriormente, pode-se deduzir que a compreensão das representações fica longe de uma simples intuição e percepção do recurso visual empregado para sua tradução pictórica ou escrita. No entanto, os químicos transformam a informação sensorial dos processos químicos explicando-as através de condutas atômico-moleculares em nível de partículas, e assim transpõe-se na forma de fórmulas e símbolos que façam sentido para eles explicarem um fenômeno em específico.

Uma representação é uma forma de ver o mundo, assim o aponta Hoffman e Lazlo (1991); são signos e símbolos expressados numa linguagem científica como uma forma que temos de pensar (são instrumentos da mente) para produzir o pensamento. A representação só é possível com a significação dos signos. Esse é o sentido que é dado aos conceitos. Razão pela qual sua função de comunicar e interagir com os outros é, então, uma das formas de representação que serve aos químicos. Função que pode ser análoga ao trabalho dos professores e dos estudantes no processo de ensino e de aprendizagem.

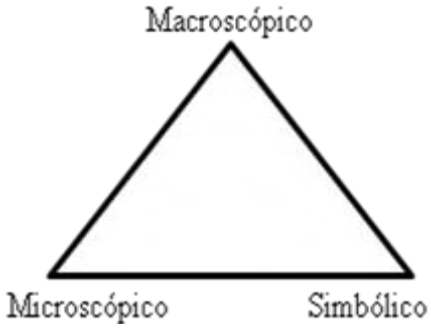
Em suma, as representações são modelos carregados de teoria que os químicos elaboram para interpretar a natureza. Definidas assim, cada tipo de representação proporciona informação sobre alguns conceitos, mas se desvanece em relação a outros. Elas fazem parte da linguagem química que é utilizada para a comunicação entre os especialistas, como uma forma de divulgar o conhecimento produzido pela pesquisa, o que requer consensos teóricos e metodológicos das propostas elaboradas pelos cientistas. Na

escola, a função da representação é ajudar o estudante na promoção e no desenvolvimento de competências científicas que o auxiliem na compreensão sobre o conhecimento químico.

A respeito disto, os trabalhos de Galagovsky *et al* (2003) mostraram as dificuldades com relação à aprendizagem dos conceitos químicos, por serem considerados como entes abstratos mediados por analogias, desenhos, experiências de laboratório e representações simbólicas fornecidas pelos professores, que às vezes cumpriam o papel de dar definições, regras, leis e teorias que, no lugar de ajudar, terminavam provocando dificuldades para entender a ciência.

Os trabalhos de Johnstone (2006, p. 11) trazem uma proposta que apresenta os níveis de representação na Química, fundamentando que o comportamento macroscópico das substâncias refere-se a descrições concretas baseadas em características tangíveis, o microscópico dá conta do comportamento molecular no nível do não visível e o simbólico representa mediante símbolos e signos aspectos microscópicos, macroscópicos, matemáticos, entre outros. Tais níveis surgem de uma concepção de compreensão do pensamento químico baseado no modelo de processamento da informação. O conhecido triângulo apresentado por Johnstone aparece na Figura 9.

Figura 9. Níveis de representação de Jonhstone (1993; 2006)



Fonte: Jonhstone (1993)

Outros como Chittleborough; Treagust; Mocerino (2002) descrevem estes níveis da seguinte forma:

> Nível Macroscópico: Corresponde ao real observável dos fenômenos químicos inclui as ideias e experiências dos estudantes.
> Nível Simbólico: A representação do fenômeno químico usando uma variedade de modelos, imagens, formas matemáticas e formulações computacionais e,

> Nível Submicroscópico: Representação de partículas (átomos, elétrons, moléculas) submicroscópicas que não podem ser observadas diretamente. (s/p)

Porém, existem contraposições ao triângulo de Jonhstone e seus níveis de representação. Para Labarca (2010), nenhum destes níveis é superior ao outro, senão que cada um complementa os restantes. Para o autor, a proposta dos três níveis tem gerado controvérsia. Como tudo aquilo que é novidade e é contrário ao que é amplamente aceito na comunidade de investigadores da Didática da Química.

Porém, chama a atenção o erro filosófico não advertido na proposta do triângulo, no referente a uma clássica confusão com respeito aos planos de argumentação. Tal confusão refere-se à falta de distinção do plano ontológico com o plano linguístico e conceitual, e deste, por sua vez, com o plano matemático. Como é explicado por Labarca, uma distinção conceitual permite entender que os vértices do referido triângulo são qualitativamente diferentes, no entanto, dois deles correspondem ao ontológico, o restante corresponde a uma mistura dos âmbitos matemático e conceitual.

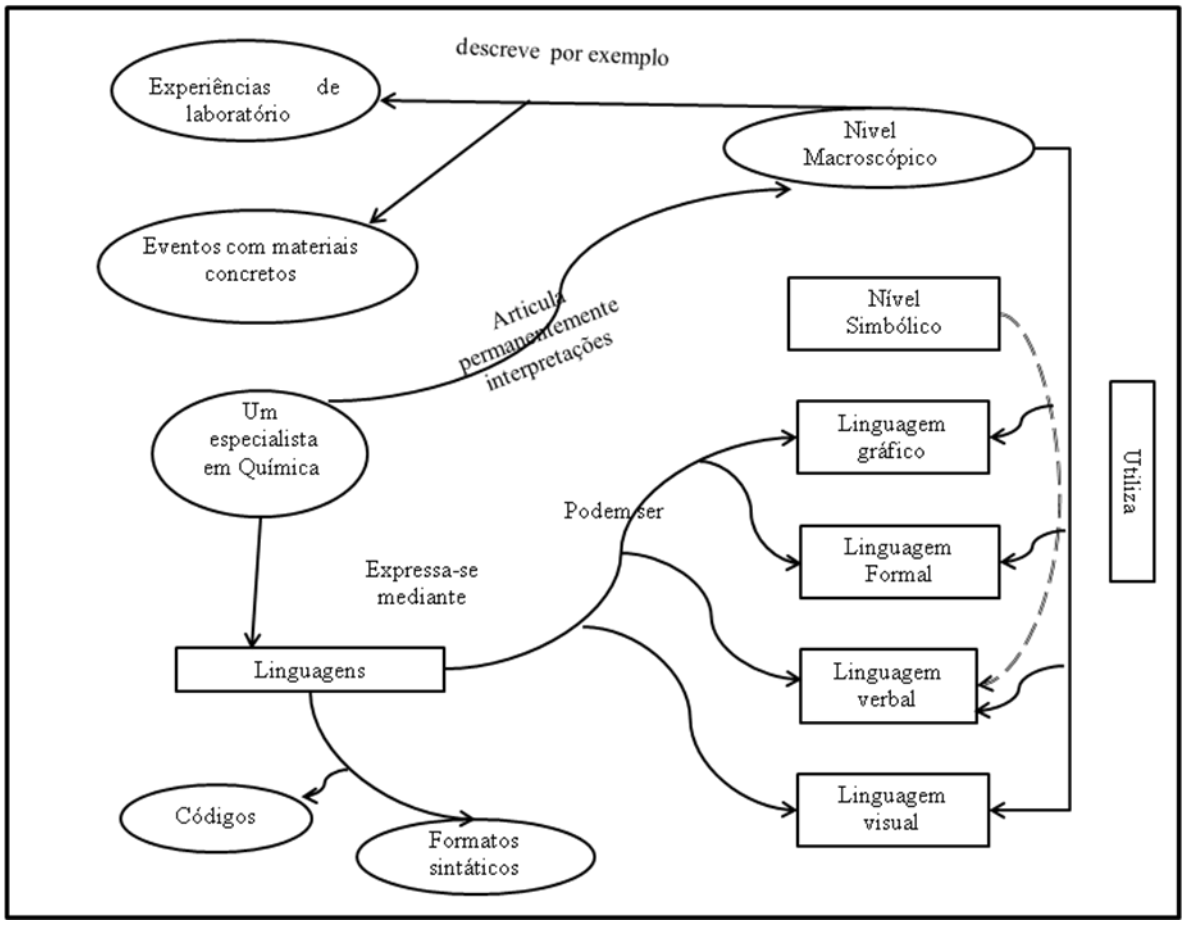
De acordo com estas considerações, então, indicaremos que o sentido do termo 'nível', empregado por Johnstone, deveria corresponder, na verdade, a itens ontológicos, e não a itens conceituais ou matemáticos. Portanto, já não se trata de reinterpretar seu triângulo, senão de apreciar, simplesmente, que os diferentes planos de argumentação não conformam triângulo nenhum. Acreditamos que estas análises são um bom exemplo para mostrar que a Filosofia da Química é um recurso essencial para a Educação em Química, já que contribui para uma melhor compreensão de sua natureza e permite visualizar melhor sua função no contexto do ensino das ciências naturais.

Os argumentos de Labarca (2010) a respeito à proposta de Johnstone (1993) demonstram que o triângulo constituído por níveis se centra em fundamentos baseados no campo da percepção. Seria melhor pensar em níveis de representação utilizando fundamentos como a natureza das ciências, o pluralismo ontológico, o papel da linguagem verbal e não verbal e o contexto histórico e social para, assim, dar uma função integradora e pragmática para as representações na construção do conhecimento.

Galagovsky *et al*. (2003, p. 113) fundamentaram-se na proposta de Jonhstone (1993) para determinar as relações entre os níveis macroscópico e simbólico. O nível submicroscópico é interpretado como um caso especial do nível simbólico, no qual se

apresentam explicações mediante esquemas de partículas, expressas em uma linguagem gráfica que utiliza códigos específicos. O esquema elaborado pelos autores (Figura 10) mostra como o especialista da disciplina utiliza diferentes níveis de representação e consegue articulá-los empregando linguagens verbais e visuais que tentam tornar inteligível o nível macroscópico, elaborando explicações do tipo simbólico que podem utilizar linguagens gráficas, formais e verbais.

Figura 10. Níveis de interpretação e linguagens utilizados por um especialista em Química



Fonte: Galagovsky *et al*. (2003, p. 113)

A habilidade do especialista e do professor consiste em articular e utilizar qualquer tipo de representação para explicar os conceitos científicos em diversos contextos. A respeito do papel das representações utilizadas para explicar os conceitos pode-se afirmar que os estudantes explicam o comportamento das substâncias usando o modelo particulado, atribuindo-lhe às partículas características observáveis, isto é, empregam o nível

macroscópico para explicar o nível microscópico. Por isto é comum, por exemplo, que os estudantes desenhem as partículas coloridas. Esta última situação fez com que os autores (GALAGOVSKY *et al*., 2003) introduzissem um novo nível, além dos propostos por Jonhstone, este foi denominado como "semiparticulado", para referir-se a um nível intermediário, entre o macroscópico e o submicroscópico, o qual daria conta de explicar a correspondência na forma de representar aspectos perceptivos de um fenômeno e as ideias alternativas adquiridas durante a instrução dos estudantes.

Segundo Izquierdo-Aymerich (1995), o conhecimento, a experimentação e a linguagem interagem para transformar o mundo. Assim, ensinar a raciocinar seria uma condição ou competência na qual o aluno é impelido a refletir, a tomar consciência de seus processos de aprendizagem para agir de maneira crítica e a expressar seus argumentos. A ciência escolar deveria conseguir que os estudantes aprendam a utilizar modelos teóricos (o que corresponde ao real dado) para representar e dar sentido aos conjuntos de dados que se obtêm sobre os fatos do mundo e vice-versa (para construir o real produzido) utilizando os dados do mundo para dar sentido aos modelos que lhes oferecem os textos e os diferentes meios de acesso à informação em geral e os recursos de que se dispõe atualmente para a divulgação científica.

Segundo García e Perales (2006), uma aprendizagem centrada na conversão das representações e, portanto, na coordenação de diferentes tipos de registros semióticos produz uma compreensão efetiva e integradora, que possibilita a transferência dos conhecimentos aprendidos e gera resultados positivos nas tarefas de produção e compreensão como leitura, escrita e resolução de problemas.

Por outro lado, os estudantes apresentam alguns problemas ao utilizar e compreender as representações semióticas: pois não sabem compreender sua natureza mediática e metafórica, quando analisam várias representações e se centram em só uma delas (a mais familiar e concreta) e em suas características superficiais (não as relevantes conceitualmente); igualmente, quando usam diferentes representações têm dificuldades em sua coordenação e integração, não realizando conexões entre elas quando se enfrentam processos em que se tem que resolver situações que requerem distintos processos de cognição. Mas essa dificuldade natural de constituir o pensamento conceitual não deve

servir de pretexto para buscar subterfúgios que impeçam o desenvolvimento do processo de significação interpessoal.

Assim, para que a Química seja ensinada com sucesso, os professores devem ter um bom conhecimento do tema e das ideias das quais eles estão se ocupando, a natureza disto tem de ser abordada a partir de fundamentos da Filosofia da Química, precisando da análise epistemológica e ontológica. Devem também ter um bom conhecimento do conteúdo pedagógico (CPC), a capacidade de comunicar a natureza do conhecimento aos estudantes mediante o enfoque da filosofia e a educação química (JUSTY; GILBERTH, 2002).

3.3 COMPETÊNCIAS REPRESENTACIONAIS E A LINGUAGEM DA QUÍMICA NO ENSINO

Nos trabalhos de Kozma e Russell (2005), a Competência Representativa ou Representacional é um termo utilizado para descrever um sistema de habilidades e de práticas que permitam a uma pessoa pensar, comunicar e atuar sobre os processos e entidades físicas imperceptíveis, utilizando uma variedade de representações ou de visualizações. Segundo os autores, existem dois tipos de representações que os químicos utilizam para entender os fenômenos químicos: as representações mentais internas e as expressões simbólicas externas.

Ainda de acordo com os autores supracitados, os químicos desenvolvem a capacidade de ver a Química em suas mentes em termos de imagens de moléculas e de suas transformações. Esta visão, um tanto realista, pretende mostrar que de alguma forma os químicos constroem, transformam e utilizam uma gama de expressões de representações simbólicas externas, tais como desenhos, equações, gráficos, entre outros, para comunicar seus achados e entrar em consenso com seus colegas para estabelecer e defender suas teorias. Retomando Vygotsky, podemos afirmar que a linguagem exterior permite realizar o pensamento, isto é, a comunicação é o resultado do movimento da linguagem interior (representações na mente) para a linguagem exterior (representação para o processo intermental, processo comunicativo e de interação social).

Assim, os químicos, em suas conversações, desenham espontaneamente equações e diagramas estruturais para representar visualmente os componentes de seus modelos mentais. Segundo Hoffman, o estudo do especialista em Química é caracterizado pela habilidade de entender as transformações simbólicas aplicadas aos objetos gráficos. (HOFFMAN E LASZLO, 1991)

Por outro lado, as visualizações são consideradas como imagens simbólicas dos objetos no mundo físico, utilizadas para representar aspectos de fenômenos químicos que não podem ser vistos e que são elaboradas pelos cientistas mediante representações mentais. No século XVIII, a forma de representar em Química influiu na maneira de trabalhar dos químicos, isto é, o passo do qualitativo ao quantitativo e o desenvolvimento de um sistema de nomenclatura utilizando símbolos e signos transformaram as práticas científicas da época.

Para Lavoisier, a conexão entre a elaboração da linguagem e as atividades científicas experimentais mostrou o caminho da construção da Ciência Moderna, a evolução de conceitos, como fórmula química, permitiu que os químicos exibissem como se decompõem e se combinam as moléculas e como essas expressões simbólicas corresponderam aos procedimentos experimentais usados no laboratório para transformar e combinar substâncias químicas.

Assim, a linguagem química e o sistema de símbolos foram estruturados de tal modo que operar com os símbolos correspondia, no sentido análogo, a operar com substâncias. A nomenclatura química funciona como um sistema de símbolos cujo foco são as características físicas e a composição. Deste modo, Lavoisier, Kolbe, Van't Hoff, Kekulé, Frankland e outros cientistas, criam um novo modo de entender a Química como um sistema de práticas e representações de moléculas e substâncias resultantes dos processos de análises e sínteses realizadas por comunidades de especialistas.

O posterior desenvolvimento da Química no século XX continuou com avanços na forma de representar e visualizar os fenômenos químicos, além da síntese, desenho, formação de moléculas, fórmulas estruturais, ligações de átomos e moléculas representados em modelos químicos mostraram a influência das formas de representação elaboradas pela Ciência. A partir dos anos trinta, os químicos construíram os modelos físicos estruturais tridimensionais, comumente chamados de bolas e pinos, utilizados para representar ligações

entre átomos de elementos. Essas estruturas ajudaram os químicos na organização dimensional dos átomos e permitiram a rotação e a inspeção da molécula.

Com a chegada dos computadores sofisticados e de softwares especializados na modelagem molecular nos anos sessenta, foi muito mais fácil construir os modelos de bolas e pinos, espaço preenchido, densidade eletrônica, inclusive para moléculas muito grandes. Tais desenhos moleculares interativos substituíram as moléculas do laboratório por modelos físicos, que passaram a ser manipulados pelos cientistas na pesquisa teórica.

A evolução das práticas científicas e as concepções sobre a Ciência têm mudado as formas de comunicar, expressar e pensar o conhecimento químico, que muda principalmente com as novas linguagens, transformando-o. Isto também tem efeito no ensino e na aprendizagem, pois a compreensão de que as representações são recursos gráficos ou desenhos definidos, únicos e estáticos passa a ideia de que a Ciência é unidimensional, baseada em interpretações macroscópicas, cujas construções se apresentam de forma descontextualizada como se nada tivessem a ver com o desenvolvimento cultural, social e político da sociedade.

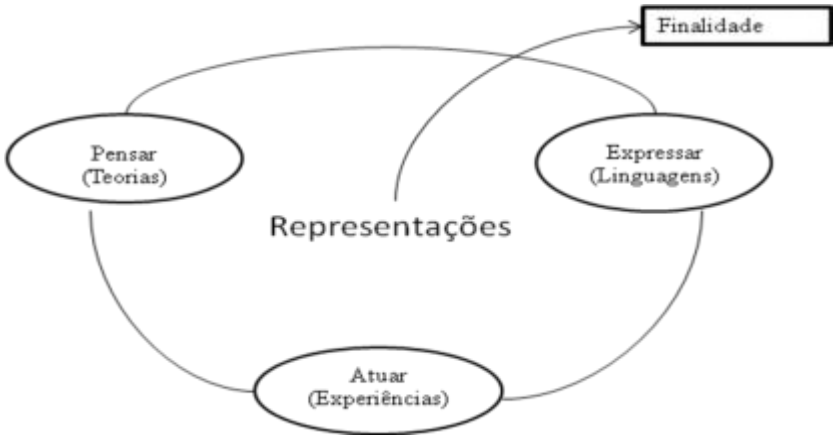
Dessa forma, é possivel pensar como a representação das teorias, modelos e fenômenos deve ser considerada no processo de ensino e aprendizagem da ciência. Kozma e Russell (2005) propõem que os estudantes podem desenvolver competências representacionais para:

> - Gerar a capacidade de traduzir uma representação, num conceito químico numa situação específica;
> - Ter a capacidade de selecionar ou gerar uma ou várias situações apropriadas para explicar, predizer e justificar teorias, modelos e fenômenos científicos;
> - Identificar como as representações podem expressar características superficiais (por exemplo, mudança de cor de uma sustância) que se apresenta numa mesma substância, mas que se explicam a partir de diversos princípios;
> - Utilizar as representações para descrever fenômenos observáveis em termos de entidades e processos subjacentes;
> - Incorporar a linguagem verbal no caso de modos não verbais, para identificar e analisar as características da representação (matematização, desenho, formulações e algoritmos abstratos);
> - Descrever como diversas representações podem ilustrar uma mesma ideia em formas diferentes e como uma representação pode ilustrar algo diferente ou algo que não pode ser explicado por outra, devido a suas divergências e limitações;

> - Fazer conexões mediante diversas representações, identificando as características da transferência de um tipo de representação sobre os de outro e explicar as relações entre as características;
> - Compreender que as representações são reconstruções de fenômenos ou de conceitos que são distintos dos fenômenos reais;
> - Utilizar as representações e suas características teóricas associadas, como provas metodológicas para apoiar as demandas, inferências de processos e para fazer predições;
> - Gerar ou selecionar recortes da realidade que explique por que é mais adequada uma representação que outra;
> - Tomar uma posição epistemológica que caracterize as representações e sua correspondência com os fenômenos observáveis; e
> - Estabelecer relações com outros fundamentos como o histórico, social, cultural entre outros. (p. 10)

Entendidas as finalidades das representações e sua potencialidade no processo de ensino, nesta pesquisa estabeleceram-se relações entre estas finalidades e o modo como elas contribuem no processo de modelização da Ciência. Neste sentido, uma adaptação da proposta de Izquierdo (2004) incorporando as representações como potencializadoras das compentências científicas é apresentada na Figura 11:

Figura 11. O papel das representações na modelação em ciências



Fonte: Adaptação de Izquierdo (2004)

Uma vez que estas competências são desenvolvidas um principiante deve poder utilizar eficazmente uma variedade de representações, de tal modo que consiga progredir em cada uma das competências representativas. Ainda que a proposta de Kozma e Russell (2005) aborde os fundamentos teóricos para compreender a finalidade destas competências, estudos empíricos precisam ser feitos para determinar como funcionam estas habilidades

em sala de aula. Além disso, Kozma e Russell indicaram que os estudantes, na medida em que progridem nestas competências, podem atingir certos níveis que darão conta de sua capacidade representativa e da compreensão da Ciência.

No Quadro 4 foi construída uma proposta adotando os Níveis de Representação Científica de Kozma e Russell (2005) e estabelecendo relações com os fundamentos filosóficos que permitiram caracterizar cada nível. Isto com a intenção de estabelecer relações entre o Didático e o Filosófico; para poder compreender como podem ser interpretados e analisados estes níveis no processo desenvolvido pelos professores em formação durante a construção do seu saber e do seu saber fazer que se fez explícito na experiência de ensino desenvolvida na escola.

Estes níveis podem ou não ser interpretados de forma progressiva, pois entendemos que o processo de aprendizagem dos estudantes não é linear e o uso de determinadas representações depende de diversos fatores e escolhas que são determinadas pelas ideias, crenças e conhecimentos de cada sujeito.

Assim, uma suposição subjacente de que os estudantes podem demonstrar diversos níveis de competência representativa, depende de sua capacidade para abordar os problemas mediante o uso de determinada representação ou uma combinação delas. No entanto, é importante definir um aspecto que esteja relacionado com o ato de representar, o simbolismo químico. O professor de Química trabalha a partir do pressuposto de que cada símbolo, fórmula e equação de uma reação têm um significado no mundo das substâncias, embora isto não indique que estes significados sejam trabalhados e negociados na sala de aula, por eles estarem interpretados literalmente como verdadeiros.

Por exemplo, a relação entre "NaCl" e seu significado como um torrão de sal, pode ser analisada como um problema semântico sujeito a discussões epistemológicas. Assim, a semântica química discute o "sentido" das representações linguísticas (ex.: símbolos, fórmulas ou equações de reação) no referente à prática química. A semântica química é importante, mas a maioria das recentes discussões tem se centrado só em aspectos literais do simbolismo químico.

Quadro 4. Articulação dos níveis de representação científica com os Fundamentos Filosóficos

Níveis	**Descrição do nível**	**Fundamentos Filosóficos**
Nível Um: Representações como imagem	As representações que se geram ou se interpretam baseadas somente em características físicas.	Epistemologicamente Realista Ontologicamente Realista
Nível Dois: Representações Como Habilidades simbólicas	As representações se baseiam em características físicas e alguns elementos simbólicos interpretados literalmente, para acomodarem-se as limitações do contexto.	Epistemologicamente Realista Ontologicamente Realista
Nível Três: Uso sintático de Representações formais	São representações que levam em conta tanto características físicas observáveis como características inobserváveis de entidades ou de processos. Porém, nem sempre estas representações podem ser consideradas como científicas porque suas interpretações subjazem de descrições para atribuir-lhes significado. Embora as semelhanças entre as representações se baseiem somente nas características superficiais.	Epistemologicamente Realista Ontologicamente Racionalista
Nível Quatro: Uso semântico de representações formais	As representações utilizam um sistema de símbolos para as entidades inobserváveis e para outro tipo de processos representados, baseando-se em regras sintáticas cujo significado subjaz da situação representada. A representação pode ser utilizada nesta etapa para solucionar um problema, para explicar um fenômeno, ou para fazer predições. Além disso, as múltiplas representações podem ser comparadas baseando-se em sua funcionalidade e seu significado.	Epistemologicamente Racionalista Ontologicamente Racionalista
Nível Quinto: Uso reflexivo de representações	São construídas múltiplas representações que se utilizam para explicar relações entre as propriedades físicas, as entidades e os processos subjacentes de um fenômeno. As construções do aprendiz se apoiam em representações que lhe permitem explicar porque uma representação particular é mais apropriada que outra. Além disso, o aprendiz aceita representações como substituições para os fenômenos reais e as entende como uma possibilidade enquanto uma forma de representação.	Epistemologicamente Pluralismo epistemológico Ontologicamente Pluralismo ontológico

Fonte: Crédito da pesquisadora, 2012

Segundo Lemke (1998), o objetivo do ensino da Ciência deveria ser habilitar os alunos a usar todas essas linguagens e negociar os significados de maneiras apropriadas e, acima de tudo, habilitá-los para integrar funcionalmente todas as formas de usar estas linguagens nas atividades de compreensão científica. Porém, às vezes, a linguagem natural

se vê limitada para explicar certas variações. É aqui que outros tipos de representações são utilizados como apoio para ilustrar melhor aquelas coisas que a linguagem somente consegue descrever. Por isso se aprende a usar a matemática como uma ponte entre a linguagem verbal e os significados que lhe atribuímos a determinadas representações visuais.

Ainda que a semântica Química seja ideal para descrever a relação entre as substâncias existentes e suas representações linguísticas, a sintaxe Química permite aos profissionais da Química escrever novos símbolos que representam substâncias ainda não sintetizadas. A aproximação e o distanciamento entre os aspectos sintáticos dos aspectos semânticos do simbolismo químico têm gerado confusões no que diz respeito ao papel da linguagem e do simbolismo químico.

Assim, por exemplo, o significado de "NaCl" pode ser definido como sal comum, com todas as suas características (químicas, físicas, sociais e culturais). Este significado é aceito na linguagem natural sem depender de sua escrita e correta ortografia. Pois, ainda que sabendo que a escrita correta é "NaCl" e não é "Na_3Cl", pouca importância tem no contexto quotidiano que sua correção gramatical aceita seja como: $2Na + Cl_2$ produz $2NaCl$", e não como "$Na + Cl_2$ produz NaCl", já que isto não muda sua funcionalidade neste contexto.

Mais importante que a correção sintática de uma fórmula é seu significado na representação de um processo de reação ou de síntese. Assim, uma vez que se tenham estabelecido as regras sintáticas, podemos criar corretamente novas fórmulas sem entrar em contradição com seu significado. A clara distinção entre as regras sintáticas e semânticas permite uma assimetria importante entre as operações com a linguagem e as operações com os compostos e seus significados (JACOB, 2001, p. 133)

O papel da linguagem e dos signos tem uma incidência direta na compreensão e manipulação da ciência, pois a linguagem utilizada pela ciência está constituída por signos e símbolos que não têm uma relação direta entre si e na forma como eles são visualizados e como eles se apresentam. A linguagem da química contém sua própria estrutura morfossintática que faz sentido para quem conhece o seu significado e sabe sua funcionalidade, isto é, a construção desta linguagem surge de processos e atividades

científicas, portanto, são necessários conhecimentos que não fazem parte do senso comum para sua compreensão.

Por isso a dificuldade para os estudantes surge quando eles necessitam compreender estas linguagens e elaborar explicações sobre diversos fenômenos que se tornam abstratos dada a sua complexidade. Por exemplo, não é o mesmo colocar o desenho do sol e pedir para o estudante que o identifique, ou colocar o desenho da molécula de cânfora para ser identificada. Esta assimetria pode dificultar ou facilitar o processo de assimilação para eles.

No primeiro caso, a palavra sol tem uma formação que provém de uma construção cultural e o estudante pode identificar o desenho do sol dentre outros desenhos, porém a representação do sol não é um reflexo da palavra sol, ela é apenas um instrumento usado pela memória para mediar com a realidade que foi construída em interação com outros sujeitos. Segundo Vygotsky (1999), o papel da cultura é um fato marcante no processo de internalização dos signos, que faz o estudante compreender um conceito:

> A potencialidade para as operações complexas com signos já existe nos estágios mais precoces do desenvolvimento individual. Entretanto, as observações mostraram que entre o nível inicial (comportamento elementar) e os níveis superiores (formas mediadas pelo comportamento) existem muitos sistemas psicológicos de transição que estão entre o biologicamente dado e o culturalmente adquirido. Referimo-nos a esse processo como a história natural do signo. (p. 61)

É importante destacar, também, que a atividade cognitiva não se limita ao uso de instrumentos ou signos, existem outros elementos que envolvem essas construções; o papel do contexto influencia o desenvolvimento dos sujeitos favorecendo ou não a construção e apropriação de signos, cujo significado é construído mediante mediações entre o que está dado no sujeito e aquilo que está sendo significativo para desenvolver capacidades que lhe permitem aprender e dar valor ao que está apropriando.

3.4. AS REPRESENTAÇÕES SE CONSTROEM NAS INTERAÇÕES DISCURSIVAS

O processo de construção das representações dos PFIQ nesta pesquisa foi evidenciado no seu saber e saber fazer em sala de aula. Assim, a fala e a ação que, em última instância, provocam a internalização do campo visual, constitui o objeto central de qualquer análise da origem das formas caracteristicamente humanas de comportamento. Contudo, ainda são poucos os trabalhos que têm se preocupado por compreender como os

professores dão suporte ao processo pelo qual os estudantes constroem significados dos conceitos científicos e em como estes são produzidos e desenvolvidos de modo que acabem favorecendo a aprendizagem dos estudantes. (BOZELLI; NARDI, 2012)

Segundo Coll e Onrubia (1998), a construção de significados compartilhados em sala de aula é entendida como uma atividade conjunta, mediada por dispositivos semióticos que são desenvolvidos no acompanhamento mútuo entre professor e alunos. Deste modo, o ensino é considerado como uma prática social cuja finalidade é a de contribuir para o crescimento das pessoas, assim os processos discursivos gerados nesta atividade conjunta favorecem a construção interpessoal e social e a ressignificação das representações escolares dos PFIQ. A respeito da construção de significados, os autores defendem três fundamentos que sustentam a finalidade do discurso:

1. O discurso como instrumento a serviço da construção de significados compartilhados deve-se à semiótica e à sua capacidade para inserir-se na atividade conjunta entre professor e estudantes ao longo dos processos de ensino e de aprendizagem.
2. A análise do discurso deve observar, integrar, e inter-relacionar diversos níveis de aproximação à atividade conjunta e à própria atividade discursiva. Somente assim será possível avaliar o seu impacto sobre as diferentes formas de organização que a atividade conjunta pode adotar e a sua evolução no transcurso das atividades de ensino e de aprendizagem.
3. A análise de discurso deve incorporar três dimensões que caracterizam a atividade conjunta em sala de aula: 1) A estrutura de participação social que rege as obrigações e os direitos comunicativos dos participantes; 2) A estrutura da tarefa acadêmica em torno da qual é articulada a atividade conjunta; e 3) A finalidade ou intencionalidade instrucional que preside essa atividade.

Em suma, a caracterização dos processos discursivos em sala de aula oferece aos professores e pesquisadores elementos de análise que podem contribuir na melhora da educação científica. A introdução de investigações neste campo permitiu a incorporação de

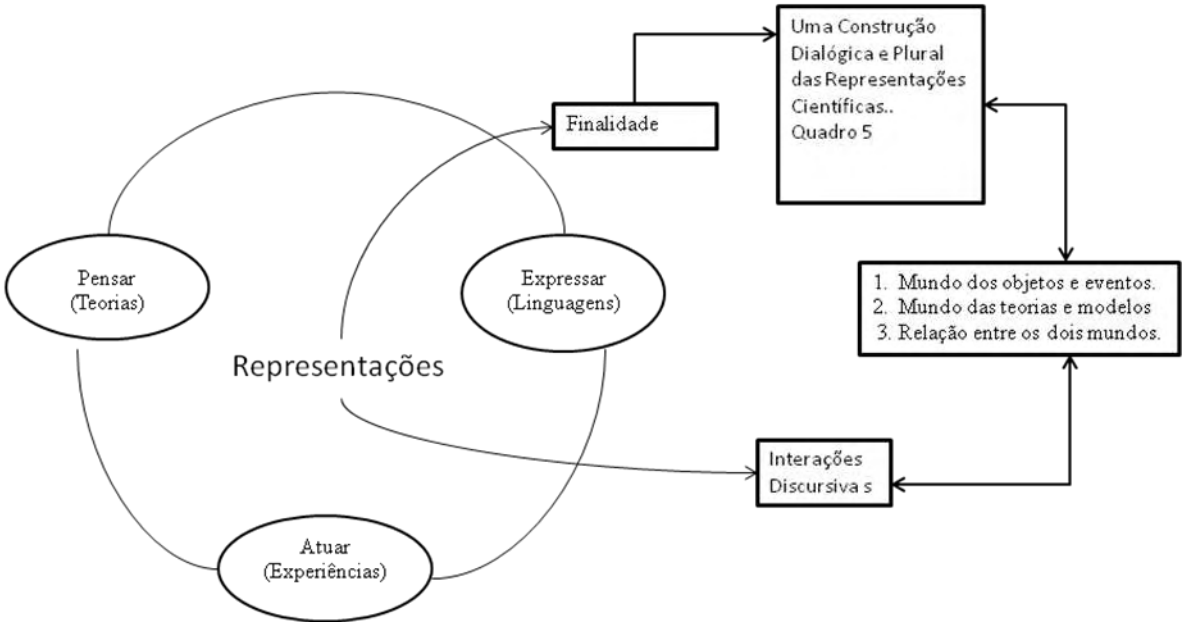
metodologias de pesquisa baseadas nos processos interativos e discursivos, nos quais o papel da linguagem, por sua dupla função (comunicativa e representativa) possibilita às pessoas torná-las públicas, também, comparar, negociar e finalmente modificar suas representações sobre a realidade no transcurso das relações que mantêm com outras pessoas, o que transforma a linguagem em ferramenta essencial para a construção do conhecimento.

Esta nova forma de conceber os processos de ensino e aprendizagem implicou o deslocamento do entendimento individual sobre os fenômenos específicos (ensinados pelos PFI) para um novo contexto. Ou seja, para um viés de construção de significados em um contexto social de sala de aula, direcionando-os à construção e reconstrução das representações científicas dos estudantes mediante atividades conjuntas que mostraram que os significados assim trabalhados devem ser vistos como polissêmicos e polifônicos. E criados na interação social e internalizados pelos indivíduos, mediante processos contextualizados de mediação entre professor, estudante e conhecimento.

Por sua vez, o processo de aprendizagem é assumido como uma negociação de novos significados, num espaço comunicativo no qual há o encontro entre diferentes perspectivas culturais, inter-relacionando-as com o processo de crescimento mútuo, dado pela interação entre os sujeitos que agem devido à bagagem histórica, cultural e ideológica que carregam e que lhes permite dar significado a seus atos e pensamentos, os quais têm sido internalizados e produzidos nos discursos dos sujeitos.

Nesta pesquisa foi observado o processo de construção de conhecimento em sala de aula por meio da interação discursiva entre professor e alunos. Para isso focou-se, especificamente, no movimento discursivo entre os sujeitos interlocutores, no caso, os alunos e os futuros professores em uma experiência de ensino em sala de aula, enfocando as interações verbais e não verbais evidenciadas no pensar, atuar e comunicar o conhecimento escolar (Figura 12), mediante uma construção dialógica e plural das Representações Científicas que são explicitadas no Quadro 5.

Figura 12. Relações entre dimensões cognitivas, representacionais e interações discursivas.



Fonte: Uma adaptação baseada em Izquierdo (2004)

Ao invés de analisar somente as ações dos futuros professores, com relação à aprendizagem dos alunos, também foi foco de preocupação as condições de interação discursiva que são criadas e como são desenvolvidas na construção de significados das representações construídas pelos professores em formação ao desenvolver atividades de ensino. Assim, para interpretar e entender esses processos de construção das representações científicas assume-se o que Quintanilla (2006) propõe: "O mundo se interpreta com teorias (representações modelo-teóricas). O método interpretativo é evolutivo e natural e, portanto muito diverso. O modelo e sua interpretação devem ter um sentido humano". (p. 19)

Retomando a proposta anterior, segundo Mortimer *et al* (2005), do ponto de vista epistemológico, uma atividade central da ciência é a construção de modelos do mundo físico, por meio dos quais as pessoas pensam sobre os fenômenos, explicando-os e fazendo predições sobre eles. Deste modo, com a intenção de interpretar e entender estes processos de construção das representações científicas adotou-se como subcategorias de análise as relacionadas à construção do conhecimento científico baseadas nos fundamentos Epistemológicos e Ontológicos a seguir:

> - O mundo dos objetos e eventos: Quando as discussões envolvem aspectos observáveis e mensuráveis de um determinado sistema em análise, situam-se no mundo dos objetos e eventos.
> - O mundo das teorias e dos modelos: Quando as explicações dão conta de compreender as entidades tais como átomos, moléculas, partículas ou outras que são criadas por meio do discurso teórico das ciências.
> - Relação entre os dois mundos: Passagem de um mundo ao outro, por exemplo, no uso de analogias, ou descrevendo empiricamente um processo ao mesmo tempo em que representa esse processo por meio de símbolos próprios da Química, explicitando as diferenças entre os dois mundos. (SILVA e MORTIMER, 2010, p. 13).

Embora tais entidades teóricas possam adquirir, no discurso do professor e dos alunos (como foi articulado na figura 12), um status de entidades reais, assumindo certa materialidade, elas pertencem a um campo conceitual, não decorrendo diretamente dos fenômenos em si mesmos (SILVA; MORTIMER, 2010).

A compreensão da interação discursiva foi embasada no fundamento anterior, mas pensando no papel das representações científicas no processo de ensino em sala de aula com os estudantes. Dessa forma, distinguem-se episódios, tipo de conteúdo do discurso, sequências do discurso, principais ideias das sequências discursivas, segmentos discursivos, operação sistêmica, nível de referencialidade e modelagem.

Finalmente, o que segue pretende mostrar como o referencial adotado nos capítulos I, II e III é utilizado como subsídio nesta pesquisa para construir as categorias de análise, visando atingir o objetivo proposto, que foi o de analisar as representações científicas construídas pelos PFIQ, quando são confrontados para explicar as teorias e modelos científicos, buscando reconstruí-los para transformá-los em conhecimento escolar.

Construiu-se uma caracterização das representações (quadro 5) baseada nos fundamentos filosóficos, didáticos e os correspondentes à natureza da Química, como se apresenta no Apêndice 3, para o qual a autora desta pesquisa levou em consideração a compreensão das representações científicas em relação a:

1. Competência representacional e como habilidade cognitiva: considerando as habilidades que os sujeitos desenvolvem ao apropriar as representações, o que envolve habilidades de pensamento, ação e comunicação (KOSMA; RUSSELL, 2005; IZQUIERDO-AYMERICH, 2004).

2. Natureza da Química: a compreensão do comportamento químico das substâncias responde à sua natureza macroscópica, microscópica e simbólica (JONHSTONE, 2006).
3. Linguagem da Química: corresponde à expressão da Química mediante a significação de signos e símbolos verbais e não verbais que fazem sentido dentro da ciência e cujo significado tem sido consenso entre os cientistas. (GARCÍA; PERALES, 2006; GALAGOTZKY *et al*, 2003).
4. Filosofia da Ciência: as concepções epistemológicas e ontológicas sobre a Ciência e como estas influenciam a construção de pensamentos realistas ou racionalistas, mediante as quais são compreendidas as Representações Científicas (IBARRA; MORMANN, 2000).

Ao mesmo tempo, foi estabelecida uma relação entre estes quatro fundamentos para elaborar uma síntese que reuniu as características que identificam cada um dos níveis propostos de acordo com a proposta de Kosma e Russell sobre as Competências Representacionais, pois esta incorpora alguns dos elementos das propostas anteriores, mas carece de outros que foram incorporados na síntese.

Aliás, a síntese feita visou dar conta de caracterizar as Representações Científicas baseado nos fundamentos citados anteriormente e, ao mesmo tempo, de estabelecerem relações com pressupostos Epistemológicos e Ontológicos mostrando as correspondências entre os níveis de representação e os fundamentos usados. O produto desta articulação é trazido no Quadro 5 apresentado a seguir:

Quadro 5. Uma construção dialógica e plural das representações científicas.

Níveis	**Competências Representacionais**	**Síntese das características de cada nível de representação**	**Fundamentos da Filosofia das Ciências**
Nível 1	Representações como imagem	1. Baseadas somente em características físicas. 2. Corresponde ao real observável dos fenômenos químicos e inclui as ideias e experiências do (s) sujeito (s). 3. Descrições em nível macroscópico, para representar esquemas de partículas, utilizam fórmulas matemáticas ou químicas. 4. Existe uma correspondência entre os	Epistemologicamente Realista Ontologicamente Realista

		objetos teóricos e o mundo.	
Nível 2	Representações como Habilidade simbólica	1. Baseiam em características físicas e alguns elementos simbólicos interpretados literalmente. 2. Atribuem características perceptíveis a entidades –conceitos– não perceptíveis. 3. Descrevem em nível macroscópico, para representar esquemas de partículas, utiliza fórmulas matemáticas ou químicas em planos. 4. Funcionam como substituto das entidades empíricas de diversos tipos existindo uma semelhança entre os objetos e o análogo da representação.	Epistemologicamente Realista Ontologicamente Realista
Nível 3	Representações sintático – formal	1. Levam em conta características físicas observáveis e não observáveis de entidades ou de processos, cujas interpretações subjazem de descrições para atribuir-lhes significado às representações. Embora as semelhanças se baseiem somente nas características superficiais e subjetivas. 2. Representam entidades não perceptuais para fazer uma interpretação particular da matéria. 3. Utilizam fórmulas matemáticas ou químicas, códigos com formatos sintáticos convencionais e consensuais. 4. Funcionam como substituto das entidades empíricas de diversos tipos.	Epistemologicamente Realista-racionalista Ontologicamente Realista
Nível 4	Representações semântico-formais	1. Utilizam um sistema de símbolos para as entidades inobserváveis e para outro tipo de processos representados, baseando-se em regras sintáticas cujo significado subjaz o da situação representada. 2. Representam entidades não perceptuais para fazer uma interpretação particular da matéria. 3. Expressam mediante linguagem verbal e visual e se elaboram explicações que são interpretadas utilizando códigos e linguagens verbais e gráficas. 4. Conservam sua estrutura em domínios teóricos e empíricos, p. ex., a massa e a longitude, consistem em fazer corresponder um número que represente a cada objeto a medir.	Epistemologicamente Racionalista Ontologicamente Pluralismo Ontológico
Nível 5	Representações Construção reflexiva	1. São construídas múltiplas representações que se utilizam para explicar relações entre as propriedades físicas, as entidades e os processos subjacentes de um fenômeno. Explica porque uma representação	Epistemologicamente Pluralismo Epistemológico Ontologicamente Pluralismo

		particular é mais apropriada que outra. Aceita representações como substituições para os fenômenos reais. 2. Elaboram explicações que são interpretadas utilizando códigos sintáticos convencionais e consensuais. 3. Não depende nem da semelhança com o objeto e nem da estrutura, senão daquelas que conservam a lógica baseada na relação entre uma categoria empírica e uma categoria simbólica, isto pode ser análogo com o que propõe Van Fraassen (1980), de que existe uma correspondência entre as subestruturas empíricas e os fenômenos observáveis como critério construtivo da teoria. As representações são construídas sobre o escopo da integração de outras disciplinas e contextos, conseguindo ir de um campo de conhecimento para outro retroalimentando a representação feita.	Ontológico

Fonte: Crédito da Pesqusiadora, 2012

Esta síntese foi nomeada como uma construção dialógica e plural devido às relações estabelecidas entre os distintos autores, assim como o diálogo e a apropriação assumida pela pesquisadora com o referencial teórico aqui apresentado procurando argumentos teóricos que sustentaram esta proposta.

4. CAPÍTULO IV. O CONTEXTO DE PESQUISA: TRAJETO METODOLÓGICO E A PRODUÇÃO DOS DADOS

4.1 DOS FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Foram adotados os fundamentos da Pesquisa Qualitativa para a construção de uma proposta teórica e metodológica interpretativa e participante, na qual se procurou o envolvimento dos sujeitos participantes na análise de sua própria realidade.

O processo formativo dos Professores em Formação Inicial de Química (PFIQ) teve a finalidade de identificar e desenvolver competências científicas representacionais dos futuros professores e de analisar sua inserção na sala de aula mediante uma experiência de ensino, sendo que o foco da pesquisa buscou privilegiar o discurso dos sujeitos, as linguagens verbais e não verbais que utilizaram ao atuarem como mediadores em um processo de ensino da Química contextualizado, utilizando fundamentos históricos e filosóficos.

O processo de investigação desenvolveu-se a partir da interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas, com a finalidade de elucidar os seguintes questionamentos: O que são as representações científicas? Qual compreensão de Ciência é considerada pelos PFIQ quando são trabalhadas as representações científicas no ensino adotando fundamentos filosóficos, históricos e sociais? Este processo de investigação começou a ser desenhado a partir do envolvimento da pesquisadora com o Curso de Licenciatura em Química e, também, a partir de estudos anteriores como a pesquisa de mestrado, realizada com professores em formação inicial e concluída em 2004, na qual estudamos as concepções epistemológicas, didáticas e pedagógicas dos professores ingressantes no programa antes mencionado (MUÑOZ, 2004).

A respeito do problema abordado nesta pesquisa procurou-se compreender a construção e reconstrução das representações científicas baseados nos fundamentos do que se considera como modelo-teórico relacionado com o "saber como" os professores em formação inicial, mediante uma experiência em sala de aula, compreendem (pensam com representações modelo-teóricas) a realidade e a transformam (atuando perante o

conhecimento) para poder comunicar (e expressar as formas de representar) o conhecimento científico como uma forma de poder intervir no mundo para dar-lhe sentido.

Neste sentido, o envolvimento dos PFIQ no processo de ensino, mediante uma experiência em sala de aula, procurou entender como o saber e o saber fazer tem sentido para o professor e se configuram no Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (CPC) e na representação do conteúdo (ReCo) que, junto aos saberes relacionados com sua ação profissional, devem ser levados em conta no seu processo formativo.

O papel mediador no processo identificou-se na relação ativa do professor na tríade professor/estudante/saber, considerando os conhecimentos e experiências prévios de quem se dispõe a aprender em determinado contexto. Nesse sentido, toda aprendizagem no universo escolar requer uma atuação mediadora do professor e sua participação no tratamento dado ao CPC. Pois, segundo Shulman (1987), ministrar uma aula efetivamente implica em possuir alguns conhecimentos e habilidades básicos; dentre eles estão conhecer o conteúdo e as habilidades pedagógicas gerais amplamente socializadas, selecionando o conteúdo e transformando-o. Para Brzezinki (2002), a docência é definida através de várias funções representativas: "o professor é um intermediário entre três mundos - o mundo objetivo das coisas materiais, o mundo subjetivo das mentes e o mundo dos produtos do espírito humano - que, uma vez produzidos, são independentes deste" (p. 129).

Deste modo, a pesquisa foi desenvolvida com os seguintes participantes:

1. A professora pesquisadora (PP): autora desta pesquisa, quem planejou, coordenou e executou as atividades propostas para a pesquisa e para o curso de Modelos Didáticos ministrado, disciplina que faz parte do terceiro ano (V semestre) do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Distrital (Bogotá - Colômbia).
2. Os Professores em Formação Inicial de Licenciatura em Química (PFIQ): um grupo de licenciandos do segundo e terceiro ano do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Distrital.
3. Estudantes de Ensino Médio de uma escola pública da cidade de Bogotá. Comparando-se com o Brasil, corresponderia a estudantes do segundo ano do Ensino Médio.

A escola localiza-se na cidade de Bogotá, Colômbia, em uma comunidade da periferia da cidade, chamada Rafael Uribe. Esta é uma zona considerada como vulnerável devido aos problemas sociais, econômicos e culturais da população, caracterizada por altos níveis de evasão escolar e falta de recursos físicos e humanos para atender às necessidades dos estudantes. Os problemas de infraestrutura da escola foram percebidos logo no início da pesquisa, quando fomos informados pelo Coordenador da falta de espaço físico e de recursos para desenvolver a proposta, dificuldades que logramos superar entre PP, PFIQ e professores da escola.

Há várias formas de trabalhar a articulação entre ensino e pesquisa na formação docente. Segundo André (2002, p. 61), uma delas é fazer com que "a pesquisa se torne um eixo ou um núcleo do curso". Por isto, neste caso, a disciplina de *Modelos Didáticos*, que faz parte do currículo do Curso de Licenciatura em Química desta Universidade, foi o espaço para construir fundamentos conceituais e metodológicos sobre o tema das *Representações Científicas*. Ou seja, a pesquisa procurou integrar o projeto pedagógico de formação inicial da instituição, levando em conta os recursos e as condições disponíveis.

Outra forma de estabelecer esta articulação pode traduzir-se numa organização curricular, em que disciplinas e atividades sejam planejadas coletivamente; neste caso, entre *professor-pesquisador* e *professores em formação inicial em Química*, visando desenvolver habilidades e atitudes de investigação nos futuros professores. A construção da proposta de ensino de Química pelos PFIQ, destinada a estudantes do segundo ano do Ensino Médio, constituiu-se numa experiência que possibilitou aos futuros professores colocar em prática seu *saber* e a tomada de decisões, enquanto seu *saber fazer*, construindo fundamentos próprios do trabalho docente e a investigação em sala de aula.

Esta articulação pode, além disso, traduzir-se no uso da pesquisa como mediação, ou seja, que as disciplinas e atividades do curso incluam a análise de pesquisas que retratem o cotidiano escolar visando aproximar os futuros docentes da realidade da escola, levando-os a incorporarem em sua prática o processo de pesquisa e a discutirem sua metodologia e seus resultados entre os participantes desse processo. Desta forma, trabalhar essa proposta de ensino em uma Escola Pública, permitiu aproximar os futuros professores do contexto próprio da realidade escolar com suas problemáticas e possibilidades, e a socialização da

experiência ao final do curso ministrado pela PP permitiu conhecer e avaliar o processo realizado.

O desenvolvimento da pesquisa com os PFIQ sustentou-se no fato de promover oportunidades de trabalharem sobre temas de seu interesse e que fossem abordados conceitual e metodologicamente, dentro do curso ministrado pela PP. Deste modo, estabeleceu-se uma ligação entre ensino, pesquisa e formação docente; relação esta que tem a função de preparar o futuro professor para ter uma atitude experimental em relação à prática (ANDRÉ, 2002, p. 19). Deste modo, o planejamento, as atividades e o processo de intervenção em sala de aula, constituíram-se em uma possibilidade para que os participantes da pesquisa mediante a discussão, construção e sua experiência prática, se apropriassem de fundamentos conceituais e metodológicos que lhes permitissem julgar, avaliar e decidir sobre suas ações em sala de aula, tal como será mostrado nos resultados da pesquisa.

O sentido dado à pesquisa qualitativa compreendeu o estudo dos fenômenos socioeducativos e a transformação da realidade a partir de traços interpretativos, onde o pesquisador trata de justificar, elaborar ou integrar em um marco teórico os seus resultados.

Nesta perspectiva, permitiu-se que os sujeitos estudados falassem por si mesmos, visando aproximação de suas experiências particulares, dos seus significados e da visão de mundo que possuem (SANDÍN, 2010). No entanto, além da interpretação, outro conceito que reforça a pesquisa é o de reflexibilidade, baseado na atenção dada à forma com que diferentes elementos linguísticos, sociais, culturais, políticos e teóricos influem, de maneira conjunta, no processo de desenvolvimento do conhecimento, na linguagem e na narrativa, como formas de expressão.

Sendo assim, dirige-se o olhar para os sujeitos da pesquisa e sua atuação no contexto em que se realiza o estudo. "Os contextos da pesquisa são naturais e não construídos nem modificados. O pesquisador qualitativo localiza sua atenção em ambientes naturais. Procura respostas a suas questões no mundo real". (SANDÍN, 2010, p. 129)

Uma característica fundamental dos estudos qualitativos é sua atenção ao contexto, entendido pela forma como a experiência humana se perfila e tem lugar em contextos particulares, de modo que os acontecimentos e fenômenos não podem ser compreendidos adequadamente se são separados de seu contexto. Da mesma forma, não se concebem os

sujeitos de pesquisa como um conjunto separado de variáveis, razão pela qual o pesquisador procura entender as situações e os sujeitos em sua totalidade, junto com as qualidades que as regulam.

A concepção de mundo não é entendida aqui como um contexto fixo, pois o mundo que nos rodeia é uma construção social em que as pessoas, os objetos, as criações culturais, políticas e sociais adquirem um sentido peculiar, pois existem múltiplas realidades, como existem múltiplas formas de viver e dar sentido ao mundo, as quais são negociadas no contexto educativo, entre professores e estudantes e estão mediadas pela cultura, dando sentido aos intercâmbios entre os membros de uma comunidade chamada escola.

Assim, para compreender a complexidade real dos fenômenos educativos como fenômeno social, é imprescindível cogitar sobre os significados, ter acesso ao mundo conceitual dos indivíduos e as redes de significados compartilhados pelos grupos, comunidades e culturas. Sacristán e Gómez (2000) afirmam que a complexidade da investigação educativa reside precisamente nesta necessidade de ter acesso aos significados, já que estes são e podem ser captados de modo situacional, no contexto dos indivíduos que os produzem e os compartilham.

Por isso, não se pode separar os modelos de compreensão e os modelos de intervenção. Todos os que participam do processo educativo intervêm condicionados por um modo de pensar mais ou menos explícito sobre os fenômenos educativos, enriquecendo, reafirmando, reproduzindo e transformando sua maneira de entender a vida da sala de aula. Levando isto em consideração, o processo de intervenção dos Professores em Formação Inicial desta pesquisa, procurou partir das ideias do grupo de estudantes de educação média, dos significados que eles trazem como produto de sua vivência escolar, com a intenção de estabelecer vínculos entre as formas de significar dos estudantes e o que o professor quer ensinar, assumindo a aprendizagem como um processo de criação e transformação de significados.

A intervenção do professor em sala de aula encaminhou-se para orientar e preparar as trocas entre os estudantes e o conhecimento, de modo que o sistema de representações que esteja sendo construído por eles seja significativo e mobilize seus instrumentos de troca

para encontrar suas insuficiências, comparando-as com elaborações alheias e preparando o caminho de sua transformação.

Sandín (2010, p. 59) expõe como pressupostos básicos do interpretativismo os seguintes itens:

1. Natureza interpretativa, holística, dinâmica e simbólica de todos os processos sociais, incluindo os de pesquisa;
2. O contexto como fator constititutivo dos significados sociais;
3. O objeto de pesquisa e a ação humana e as causas dessas ações residem no seu significado, interpretado pelas pessoas que as realizam, em vez de residirem na semelhança de condutas observadas;
4. O objeto da construção teórica é a compreensão teleológica, em vez da explicação causal; e
5. A objetividade é alcançada ao se acessar o significado subjetivo que a ação tem para seu protagonista.

Estes pressupostos podem ser integrados em duas teses que Wilson (1977), apud Sandín (2010), definem como dimensão qualitativo-fenomenológica e ecológico-naturalista, que se enquadram na pesquisa interpretativa. Cada uma destas dimensões é explicitada a seguir:

> Na qualitativo-fenomenológica, afirma-se que as práticas humanas só podem fazer-se inteligíveis se for acessado o ponto simbólico em que as pessoas interpretam seus pensamentos e suas ações. Compreender as ações humanas é o mesmo que colocar nossa intenção na vida interior e subjetiva dos atores sociais. Vida subjetiva que é dinâmica, e não estática, e mutuamente constitutiva da estrutura social na qual se insere. Os seres humanos são construtores de sua realidade social objetiva que, por sua vez, os determina. (SANDÍN, 2010, p. 60)

Com isto, o autor assume que as ações educativas são significativas e não podem ser consideradas como traços objetivos de populações suscetíveis de serem generalizadas e nem controladas, porque não cabe controlar os significados. Reconhece-se a singularidade e imprevisibilidade de toda a situação de ensino e aprendizagem. O conhecimento derivado desta pesquisa é utilizado sempre com caráter hipotético e contextual, em virtude das caraterísticas peculiares atuais e históricas do grupo (sala de aula) e das experiências dos docentes que nele desenvolvem seu trabalho.

> A segunda é a naturalista-ecológica, que afirma que as ações humanas estão parcialmente determinadas pelo contexto e ambiente em que acontecem. A premissa que emerge dessa hipótese é que os fenômenos educacionais só puderam ser estudados na vida real onde se produzem. A partir dessa perspectiva, afirma-se que a natureza dos processos de ensino e de aprendizagem só pode ser entendida mediante seu exame direto, de maneira que o ambiente em que esses processos se materializam é a fonte de onde devem ser obtidos dados para seu estudo. Só o contato direto com essa realidade poderá nos garantir o conhecimento do papel que o contexto social e cultural tem na construção de significados e na compreensão que as pessoas têm deles (idem).

Estas duas teses baseiam-se em fundamentos epistemológicos que se diferenciam dos positivistas ao considerar as ações humanas como delineadoras da conduta dos sujeitos, pois o comportamento humano é constituído por ações que são definidas por quem as realiza, tornando-se inteligíveis na medida em que se conhece o sentido que os sujeitos lhe atribuem. Quando constrói os significados, eles são questionados modificando e ressignificando suas formas de pensar e agir durante o desenvolvimento das práticas sociais realizadas no interior de suas comunidades. Deste modo, é válido afirmar que as práticas de ensino, sendo práticas humanas, não podem ser explicadas com fatos causais como é feito na visão positivista, para explicar os fenômenos naturais que são considerados como regulares, permanentes e estáveis

Como apoio ao processo de pesquisa qualitativa interpretativa são utilizados instrumentos como questionários, entrevistas, relatos de experiências, reflexões, impressões e acontecimentos produzidos mediante os discursos dos participantes. São feitos registros em filmagens das atividades desenvolvidas, sem excessiva preocupação pela estrutura, ordem e esquematização sistemática de fatos já que, segundo Sacristán e Gómez (2000), a perspectiva interpretativa postula que a pesquisa deve ser realizada num contexto natural, no meio ecológico e complexo onde se produzem os fenômenos que queremos compreender.

Assim, para intervir e compreender a realidade da vida da aula e da escola é preciso enfrentar a complexidade, a diversidade, a singularidade e o caráter evolutivo de tal realidade social, ainda que tal pretensão dificulte o processo de busca de relações e significados dos que interagem na dinâmica da sala de aula, que exige um caráter situacional dos processos de investigação. Pois, só vinculando os acontecimentos ao

contexto da classe, à situação concreta na qual se produzem a história da própria vida do grupo, é possível entender os significados aparentemente contraditórios, os acontecimentos imprevistos e surpreendentes, assim como as condutas atípicas ou qualquer outra situação que seja objeto de interpretação na pesquisa.

O pesquisador que intervém na escola, tentando compreender as relações que se estabelecem entre os participantes da pesquisa, deve produzir seu próprio conhecimento, seus próprios esquemas interpretativos, resultado da comparação com a realidade, com as expêriencias próprias e alheias e com as representações subjetivas que os participantes realizam de sua própria situação. Por isso mesmo, não cabe estabelecer categorias fechadas entre investigador e participantes e muito menos relações hierárquicas, já que o próprio professor deve se tornar um investigador da realidade sobre a qual intervém e não é possível derivar normas de intervenção preestabelecidas que possam ser aplicadas sobre o ambiente escolar.

4.2 DOS INSTRUMENTOS ELABORADOS PARA A PRODUÇÃO DOS DADOS

Na pesquisa qualitativa, um dos métodos utilizados é a pesquisa participativa, pois ela é considerada um processo sistemático, realizado por uma determinada comunidade para chegar a um conhecimento mais profundo de seus problemas e tratar de resolvê-los tentando envolver a comunidade no processo. (BARTOLOMÉ; ACOSTA, 1992)

Assim, nesta pesquisa, a observação participante permitiu-me, como professora pesquisadora, entrar em contato com o processo de formação inicial de professores de Química e acompanhar a construção e orientação de uma experiência de ensino, na qual os sujeitos de pesquisa (PFIQ), ao entrarem em contato com a realidade escolar, procuraram conhecê-la para poder interagir no contexto naturalmente, aproximando-se da comunidade, tomando decisões, construindo estratégias e compartilhando-as com a comunidade.

Deste modo, definir minha função como professora pesquisadora, esteve determinado, segundo Ludke e André (1986, p. 26), “na medida em que o observador acompanha *in loco* as experiências diárias dos sujeitos, pode tentar apreender a sua visão de

mundo, isto é, o significado que eles atribuem à realidade que os cerca e às suas próprias ações".

Além de a observação participativa ser considerada um processo dinâmico e dialógico, ela procura apoiar-se em instrumentos e técnicas de coleta de dados elaboradas pelo pesquisador, com a intenção de registrar cuidadosa e espontaneamente o desenvolvimento do processo. Assim, os intrumentos construídos para este fim serão descritos a seguir:

1. *Questionário Diagnóstico:* visando conhecer as concepções prévias que os professores em formação inicial tinham construído sobre o conceito de representação científica, foi elaborado um Questionário com oito perguntas abertas (Anexo 1). Foram utilizados exemplos da Química que permitissem conhecer a forma como eles entendem os conceitos químicos de *estrutura*, *átomo*, *molécula* e como são representados. Também se indagou sobre o significado que eles atribuem a diferentes tipos de representações verbais e não verbais. O questionário foi elaborado com perguntas abertas, com a intenção de considerar as diferentes formas de entender as representações. As perguntas 1, 2 e 3 visaram conhecer os tipos de representações que são utilizadas para representar conceitos químicos que correspondem a níveis não observáveis, assim como que tipo de linguagens são utilizadas na hora de representar estes conceitos. Com relação às perguntas 4 e 5, procurou-se indagar sobre o conhecimento dos contextos históricos na construção das representações e seu significado. A pergunta 6, apresenta uma representação científica de tipo lógico-matemática, com uma linguagem não verbal, a qual tinha como finalidade analisar o significado que este tipo de representação tem e como ela seria interpretada pelos PFIQ. A pergunta 7, parte da contextualização de um caso hipotético denominado na história da Química como o experimento mental do Gato de Schrödinger, solicitando-se uma explicação do que é narrado no caso, com a intenção de analisar o tipo de representação elaborada e como seria compreendida. Na pergunta 8, pretendeu-se conhecer as concepções que os PFI têm sobre modelo, representação, teoria e fenômeno, estabelecendo a relação que pode ser estabelecida nos contextos científico e no ensino da Ciência.

2. *Filmagens de registro:* todo o processo realizado foi filmado com a intenção de poder realizar uma análise posterior baseada no foco da pesquisa e nos critérios de análise.
3. *Material documental:* constituído pela produção escrita, elaborada pelos sujeitos da pesquisa, tais como relatos, artigos, trabalhos e textos, que foram objetos de análise pela pesquisadora.
4. *Entrevista:* consistiu em uma conversa intencional, já que, na pesquisa qualitativa, a entrevista pode ser considerada de duas formas, segundo Bogdan e Biklen (1994): podem constituir a estratégia dominante para a recolha de dados ou podem ser utilizadas em conjunto com a observação participante, análise de documentos e outras técnicas. Ela foi adotada na pesquisa, para produzir os dados a partir da análise, considerando a linguagem do próprio sujeito, permitindo desenvolver intuitivamente uma ideia sobre a maneira como os sujeitos interpretam as situações vivenciadas no processo. Adotamos o tipo de entrevista centralizada no problema, dado que ela permite fazer perguntas que estão focadas no problema central da pesquisa. Segundo Witzel (1982) em Flick (2004), a entrevista caracteriza-se por três critérios centrais: centralização no problema, ou seja, a orientação do pesquisador para um problema relevante; a orientação do objeto, isto é, que os métodos sejam desenvolvidos ou modificados com respeito ao objeto de pesquisa e, finalmente, orientação no processo e na compreensão do objeto de pesquisa. Elaborou-se para isto um roteiro (Apêndice 2) com questões abertas para orientar o trabalho do entrevistador que, neste caso, não foi a professora pesquisadora, para não induzir ou direcionar as respostas dos professores em formação inicial entrevistados. Também para deixar mais à vontade os entrevistados para relatarem a experiência realizada.

4.3 DOS SUJEITOS DE PESQUISA: OS PROFESSORES EM FORMAÇÃO INICIAL EM QUÍMICA (PFIQ)

A descrição do Curso de Licenciatura em Química da Universidade Distrital é apresentada, já que os Professores em Formação Inicial em Química (Terceiro ano) deste curso foram os principais sujeitos no desenvolvimento da pesquisa (Quadro 6).

O curso de Licenciatura em Química da Universidade Distrital procura formar o licenciando integralmente, visando seu desenvolvimento conceitual, efetivo e metodológico. O profissional da Educação em Química tem de familiarizar-se com os grandes valores da cultura, sensibilização nas dimensões da estética e a ética e a abertura de seu espírito ao conhecimento crítico; igualmente com os processos de investigação científica e didática. É enfocado o desenvolvimento de três elementos fundamentais no perfil do futuro docente:

> **Perfil Humano**, o qual permite reconhecer o sistema de valores pessoais e sociais que terão de caracterizar um cidadão, enquanto professor de Química.
> **Perfil Acadêmico**, que caracteriza o conjunto de saberes disciplinares, pedagógicos e didáticos que o professor de Química deverá utilizar para o desenvolvimento de sua profissão e,
> **Perfil Ocupacional,** que identifica as competências do professor de Química, isto é, o que este profissional deve saber fazer para ensinar Química. (DOCUMENTO ACREDITAÇÃO DE QUALIDADE, 2010, p. 10)

O documento responde a questões como: o que deve saber fazer o Professor de Química? Deve saber formular problemas de interesse químico, contextualizados a partir da Didática da Química. Saber elaborar estratégias metodológicas coerentes com o contexto escolar e com a ideia de uma aprendizagem da Química por investigação. Saber comunicar-se mediante uma cultura de tipo oral e escrita. Portanto, deve saber ler, escrever, falar e escutar; saber orientar grupos, saber dirigir atividades de área e de curso. Saber preparar unidades de trabalho de sala de aula. Saber selecionar conteúdos e problemas que relacionem adequadamente assuntos de interesse dos estudantes com os núcleos temáticos polêmicos da disciplina. Saber resolver situações com princípios éticos. Saber investigar e saber fundamentar a pesquisa científica para a aplicação sociocultural e educativa. Saber contextualizar e adaptar-se ao meio escolar. Saber fazer diagnósticos de ensino. Saber

ensinar e saber orientar para que seus estudantes aprendam. Por outra parte, deve saber trabalhar em conjunto e reconhecer seu trabalho docente como uma autêntica atividade profissional e social.

Quadro 6. Descrição do programa de Licenciatura em Química

Institución:	Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Domicilio:	Bogotá D.C.
Nombre del programa:	Licenciatura en Química
Nivel:	Pregrado
Acto Administrativo de aprobación del Proyecto	Resolución # 1259 del 17 de mayo de 2000 Ministerio de Educación Nacional por la que se otorga la Acreditación Previa
Constancia de notificación del registro curricular MEN ICFES	ICFES 15 de mayo de 2001 código 13014543701100111100
Acreditación de Calidad	Resolución 2589 del MEN del día 30 de mayo de 2006 (4 años)
Estado del programa:	En funcionamiento.
Ubicación:	Bogotá D.C. (Colombia)
Titulo que otorga:	Licenciado en Química
Duración estimada del programa:	5 años
Número total de créditos académicos:	160
Periodicidad de la admisión:	Semestral
Metodología:	Presencial
Número de estudiantes admitidos por semestre	80
El programa está adscrito a:	Facultad de Ciencias y Educación

Fonte: Documento Acreditación PCLQ (2010)

Dentro deste perfil de licenciando a pesquisa realizada faz sentido, já que partiu do contexto próprio e natural no qual o professor em formação se desenvolve, mas também procurou explorar o trabalho prático, isto é, estabelecer relações entre o ensino, a pesquisa e a formação do professor. Deste modo, o perfil humano, acadêmico e ocupacional serviu de sustentação para construir uma proposta de pesquisa centrada na formação inicial dos

futuros professores de Química que explorasse os pressupostos Filosóficos, Didáticos, Pedagógicos e Socioculturais que contribuíssem na construção do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo do futuro professor, fundamentados em seu saber e saber fazer.

Este processo visou contribuir para uma compreensão da natureza da ciência dos futuros professores, direcionando-os a optar por uma educação científica que contemple a formação de cidadãos em que o conhecimento da Ciência possibilite a participação, análise, reflexão e a tomada de decisões sustentada em seus próprios conhecimentos, que dá ao cidadão a possibilidade de elaborar argumentos baseados na Ciência e não simplesmente no senso comum.

Logo, ensinar a pensar o mundo se utilizando de teorias, modelos e representações científicas devem ter como finalidade desenvolver competências e argumentos científicos que permitam ao futuro professor melhorar sua qualidade de vida e das pessoas com as quais interage pedagogicamente. Além disso, capacitá-lo para promover um ensino das ciências contextualizado que consiga responder às mudanças e exigências dos avanços científicos e tecnológicos, promovendo a equidade no acesso ao conhecimento, contribuindo para a formação de gerações mais capacitadas, cultural, ética e moralmente, para lidar com as problemáticas atuais que envolvem nossa sociedade e o mundo em geral.

4.3.1 Descrição do Curso Modelo Didáticos e da Recolha dos Dados para Análise

A pesquisa foi desenvolvida com uma turma de Formação Inicial de Professores de Química (FIPQ), de Quinto Semestre (3° ano) de um Programa de Licenciatura em Química da Universidade Distrital (Bogotá-Colômbia) na disciplina de Modelos Didáticos (Ementa do curso, Anexo 1). No começo, a disciplina foi ministrada em conjunto entre a Professora responsável do curso e a Professora Pesquisadora (PP). Foram planejados os seminários e atividades para o grupo de 27 PFIQ. São descritas as atividades desenvolvidas durante o curso em seguida.

4.3.1.1 Descrição da primeira parte do curso de modelos didáticos

O curso de Modelos Didáticos faz parte do terceiro ano da grade curricular do Programa de Licenciatura em Química da Universidad Distrital. Foi escolhido este curso

devido aos objetivos que se pretendia alcançar e às temáticas abordadas. Para tanto, constituiu-se no contexto natural, como foi explicado antes, segundo Sandín (2010), para abordar o problema de pesquisa.

O estudo das representações científicas partiu de sua contextualização ancorada na Filosofia da Ciência e no Ensino da Química, mediante textos e atividades realizadas entre PP e PFIQ. Consolidou-se visando entender como as comunidades de especialistas constroem as teorias, modelos e fenômenos científicos. A compreensão dessas construções teve o propósito de permitir aos PFIQ pensarem em como podem ensinar os fenômenos químicos aos estudantes de Ensino Médio, mediante uma proposta didática que leve em consideração a construção de um modelo didático que gere competências científicas nos estudantes para eles construírem seus modelos e representações. Além disso, esse processo serviu para avaliar o saber e o saber fazer dos PFIQ, considerando-se também a relação teoria - prática como fundamento do pensar, atuar e comunicar a Ciência que tem de ser ensinada.

Atividades iniciais

As atividades desenvolvidas nesta primeira fase estavam orientadas por questionamentos feitos ao grupo de PFIQ, com a intenção de abordar as temáticas propostas para o curso. Assim, as perguntas iniciais: que tipo de professor gostaria de ser e para que sociedade? Pretenderam indagar sobre o significado de ser um professor de Química, assim como de elaborar um desenho que mostrasse o significado de um professor de Química, com a intenção de indagar sobre a concepção que eles têm de sua profissão e quais aspectos são considerados ao se enxergarem como futuros professores de Química.

O desenho foi analisado segundo Thomas; Pedersen e Finson (2001), que elaboraram o instrumento DASTT-C (*Draw-A-Science-Teacher-Test Checklist)* (Desenhando-me como Professor de Ciências). Este instrumento foi criado para responder a uma pergunta básica: Qual a imagem mental que o licenciando tem de si mesmo no papel de Professor de Ciências? Segundo esses autores, este teste foi criado com a intenção de clarear quais construtos mentais os professores em formação inicial utilizam quando começam suas práticas, no espaço do estágio.

Baseados na análise qualitativa, retomando o instrumento mencionado, levaram-se em conta três segmentos básicos: o professor, o estudante e o ambiente. A análise parte da presença ou não desses elementos no desenho.

1. O segmento "Professor" é dividido em: as ações do professor (lecionando, demonstrando, utilizando recursos diversos, etc.), e a posição do professor (sua localização com relação aos alunos, se na frente da classe, em qual postura, etc.) e a "Representação": esta categoria foi elucidada aqui em concordância com o objeto de nossa pesquisa. Analisaram-se os tipos de representações que eles utilizam no desenho (fórmulas, algoritmos, equações, imagens, desenhos, etc.).

2. O segmento "Estudante" também é dividido em duas categorias: as atividades (recebendo passivamente as informações, respondendo ao professor, etc.), e a posição em que os estudantes se encontram (como estão distribuídos, sentados ou não, dentro da sala de aula).

3. O "Ambiente" consiste nos elementos típicos encontrados em sala de aula, como: o arranjo das carteiras (em fila ou não), a mesa do professor, presença de equipamentos científicos, cartazes, símbolos, etc. Outros elementos (balõezinhos), representações de diálogo, são considerados pelo autor como memórias pessoais e emocionais dos estudantes.

Atividades de contextualização

As atividades de contextualização procuraram desenvolver seminários sobre os modelos pedagógicos, a constituição da Didática das Ciências e o papel da Natureza das Ciências no ensino e na formação de professores. No seguinte quadro aparecem as atividades e temáticas abordadas na fase inicial do curso de Modelos Didáticos (Quadro 7).

Quadro 7- Atividades do curso de Modelos Didáticos grupo inicial (27 PFIQ)

	Data e duração	Temáticas abordadas	Atividade desenvolvida
Agosto de 2011	**Atividades Iniciais**		
	05/08/2011 (100min)	O que significa ser um professor de Química	1. Que tipo de professor gostaria de ser e para que sociedade? 2. Elabore um desenho que mostre o significado que tem para você ser um professor de Química? 3. Vídeo: Utópicos por vocação de Philipe Meirieu. 4. Leitura: Os professores como intelectuais: Henry Giroux
	09/08/2011 (100min)	O papel do professor no contexto atual	Painel de discussão das temáticas abordadas, reflexões sobre o professor como ser político, social, e crítico: Como transformar a sociedade do conhecimento?
	Atividades de contextualização		
	12/08/2011 (100min) 16/08/2011 (100min)	Contextualização sobre Modelos Pedagógicos	Apresentação dos estudantes sobre o desenvolvimento histórico dos modelos pedagógicos: Tradicional, condutismo, escola nova, aprendizagem significativa, psicologia genética, aprendizagem por investigação e Histórico-Cultural
	19/08/2011	A Didática das Ciências e seus campos	Apresentação dos estudantes sobre o surgimento da didática como ciência: Resolução de problemas, história das ciências, concepções alternativas, avaliação, ensino e aprendizagem.
	26/08/2011	Natureza das Ciências	Seminário de discussão das seguintes perguntas: Que é natureza das ciências? A que se refere o conhecimento da Ciência e sobre a Ciência? Por que a Didática se apoia nas metaciências? Textos trabalhados: Vampiros de Valáquia, Guiso Fantasmagórico e Ciência Furtada.
	30/08/2011	Natureza das Ciências	Validade do conhecimento, critérios de demarcação, contextos: Histórico, epistemológico e sociológico.

Fonte: Crédito da Pesquisadora,, 2012

4.3.1.2 Descrição da segunda parte do curso de modelos didáticos

Nesta fase, a turma foi dividida com a intenção de oferecer a possibilidade para os Professores em Formação Inicial (PFIQ) interessados em desenvolver uma experiência de ensino da Química em sala de aula a Estudantes do Segundo Ano de Ensino Médio (EEM) de uma Escola Pública da periferia. Para isso, apresentamos a eles as propostas de trabalho dando a possibilidade de participação livre e espontânea e para escolher a opção que lhes interessasse. No final resultaram 15 PFIQ para trabalhar a proposta. Porém, o trabalho foi concluído com 10 deles devido a fatores externos ao desenvolvimento da pesquisa. Razão

pela qual as análises feitas foram baseadas nesta amostra. No Quadro 8 aparecem as atividades desenvolvidas mediante seminários realizados com PP e PFIQ.

Quadro 8. Atividades da segunda parte do curso de Modelos Didáticos (10 PFIQ)

	Data e duração	Tópico Tratado	Atividade Desenvolvida (PP-PFIQ)	Recursos e participantes
SETEMBRO E OUTUBRO DE 2011	**Seminário 1**			
	06/09/2011 (50min)	Introdução realizada pela pesquisadora ao grupo de professores em formação inicial sobre o que significa representar no contexto do ensino da Química. Fundamentos Ontológicos e Epistemológicos sobre as representações científicas.	Discussão: Como construir um mundo micro para entender a Química. Contextualização: As representações científicas, a construção de um modelo científico e sua transposição num modelo didático para ensinar o conceito de estrutura usando os fundamentos da Teoria quântica.	Apresentação com slides.
	Seminário 2			
	06/09/2011 (50min)	Construção de explicações sobre o comportamento do mundo microscópico. Construção do experimento da dupla fenda.	PP e PPFIQ constroem o experimento da dupla fenda com materiais como papel alumínio e laser. Elaboração da UVE Heurística para explicar o fenômeno trabalhado	Atividade no laboratório
SETEMBRO E OUTUBRO	**Seminário 3**			
	09/09/2011 (100min)	Contextualização sobre a relação entre conceitos como coerência, superposição, dualidade onda partícula e incerteza.	Vídeo: Despertar da consciência que retrata o mundo em duas dimensões, o medo ao desconhecido, Só com acordar da consciência podemos ver algo a mais?	Vídeos sobre o mundo do aperceptível PP e PFIQ
	Seminário 4			
	13/09/2011	Análise da UVE Heurística construída sobre o experimento da dupla fenda	Questões abordadas sobre o comportamento microscópico da luz, para entender a dualidade onda partícula.	Vídeos e seminário de discussão
	Seminário 5			
	20/09/2011	A compreensão das teorias quânticas e os modelos que as constituem para	Discussão do texto: Vinte e cinco séculos da física quântica: do subjetivismo	Elaboração de cartuns dos cientistas expoentes

		interpretar as representações construídas pela Ciência, como uma forma de acessar ao entendimento de um mundo microscópico.	ao realismo. Extraído do texto: (BUNGE, 2002)	da teoria quântica
	Seminário 6			
	27/09/2011	Interpretação dos modelos e representações construídas pela Teoria Quântica	Apresentação pelos estudantes das representações e modelos de Borh, Dirac, Heisenberg, Born, Schrödinger	Apresentação de slides
	27/10/2011	Interpretação dos modelos e representações construídas pela Teoria Quântica	Apresentação pelos estudantes das representações e modelos de Heisenberg, Dirac, Boyle, Max e Schrödinger.	Apresentação de slides
	30/10/2011	O papel das matemáticas nas representações matemáticas do modelo de Schrödinger e sua relação com o mundo microscópico.	Interpretação construída pelos professores sobre as representações gráficas e a interpretação na linguagem matemática como uma forma de construção de um modelo que explica o comportamento microscópico do mundo físico e sua relação com o mundo químico.	Explicação na lousa sobre a construção matemática
	30/10/2011	O papel dos aspetos sociais, políticos e econômicos que mobilizaram o desenvolvimento científico da teoria quântica.	Análise dos textos: o projeto Manhattan e o projeto Urânio, focando no papel dos cientistas e seu envolvimento em decisões de tipo político, social, econômico e cientifico.	Socialização dos textos trabalhados, mediante um ensaio.

Fonte: Crédito da Pesquisadora, 2012

4.3.1.3 Descrição da terceira parte do curso de modelos didáticos

O grupo constituído pelos PFIQ desenvolveu uma proposta de ensino da Química em sala de aula para estudantes do segundo ano de Ensino Médio baseados nos fundamentos conceituais e metodológicos trabalhados nos seminários ministrados durante o

curso de Modelos Didáticos. Uma descrição das atividades por eles desenvolvidas aparece no seguinte Quadro 9.

Quadro 9. Atividades da terceira parte do curso: experiência dos PFIQ em sala de aula com os estudantes de Ensino Médio

	Data e duração	Tópico tratado	Atividades desenvolvidas (PFIQ-EEM)
NOVEMBRO	4 Sessões (100 min. c/s)	Fluorescência	Primeira sessão: atividade introdutória e apresentação da temática.
			Segunda sessão: atividades para a compreensão da temática baseadas no modelo atômico proposto pela Mecânica Quântica.
			Terceira sessão: explicação sobre emissão e absorção de luz.
			Quarta sessão: atividade prática de laboratório para demonstrar o fenômeno da fluorescência e socialização do processo com os estudantes.
	3 Sessões (100 min. c/s)	Fusão e Fissão	Primeira sessão: questionário inicial e explicação sobre modelos atômicos utilizando as representações elaboradas pelos cientistas.
			Segunda sessão: abordagem de conceitos prévios como reação, fissão e fusão nuclear.
			Terceira sessão: leitura sobre o contexto histórico da Bomba atômica, a segunda guerra mundial, o projeto Urânio e o projeto Manhattan. Atividade final onde os estudantes representaram gráfica ou textualmente o processo de fissão.
	3 Sessões (100 min. c/s)	Neurotransmissores	Primeira sessão: atividade introdutória para indagar sobre o que são os neurotransmissores e os efeitos que causam o uso de substâncias psicoativas.
			Segunda sessão: abordagem de conceitos de substância, átomo, molécula, elétron e conexões neuronais. Leitura: prazeres perigosos (história construída pelos PFIQ).
			Terceira sessão: atividades relacionando os conceitos químicos e fisiológicos para explicar o que são os neurotransmissores.
	3 Sessões (100 min. c/s)	Auroras Boreais (PFIQ)	Primeira aula: realização da atividade de entrada e explicação do que são as auroras boreais.
			Segunda aula: contextualização histórica dos modelos atômicos e fenômeno de auroras boreais.
			Terceira aula: vídeo e avaliação sobre a temática abordada.
	3 Sessões (100 min c/s)	Luminescência	Primeira sessão: atividade introdutória e apresentação da temática.
			Segunda sessão: construção coletiva de conceitos sobre a temática abordada
			Terceira sessão: explicação sobre emissão e absorção de luz, utilizando analogias.

Fonte: Crédito da Pesquisadora, 2012

Antes de iniciar o processo de interação em sala de aula os (10) PFIQ conheceram a escola, conversaram com os coordenadores e os professores de Química e Física, para

coordenar e intercambiar ideias sobre as temáticas e a proposta de ensino que eles estavam construindo, bem como receberam informações sobre os estudantes e a forma em que poderiam trabalhar com eles. No quadro anterior (9) são descritas as temáticas e atividades desenvolvidas com o grupo de PFIQ.

4.4.1.4 Descrição da quarta parte do curso de modelos didáticos

Nesta última fase do curso de Modelos Didáticos os professores em formação inicial socializaram com os colegas e a Professora Pesquisadora o artigo construído no qual relataram a experiência realizada na Escola. Além disso, compartilharam o processo por eles desenvolvido colocando os fundamentos teóricos adotados, a proposta metodológica construída, as estratégias, as atividades elaboradas e os resultados que eles consideraram foram obtidos durante o processo de ensino.

Do mesmo modo, os PFIQ elaboraram um relato contando sua experiência como professores em sala de aula, pois esta foi sua primeira aproximação à realidade escolar e isto provocou neles distintas sensações e motivações a respeito de sua profissão.

4.5 A CONSTRUÇÃO DAS CATEGORIAS DE ANÁLISE

A análise descrita procurou abordar os fundamentos que foram considerados como fundamento da pesquisa, buscando mostrar as relações que surgem entre o referencial teórico de base e a primeira experiência em sala de aula dos PFIQ.

Dessa forma, optou-se por construir as categorias de análise dos dados com base nos seguintes fundamentos do Quadro 10:

Quadro 10. Categorias gerais de análise

1. ***Para uma Formação Inicial de Professores de Química***:	Foco de análise: foram as entrevistas e os artigos (planejamento das aulas) construídos pelos PFIQ.
a) O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (CPC) e a Representação do Conteúdo (ReCo) baseados nos **domínios** do conhecimento e as **manifestações** do **CPC** e do **ReCo** do professor na prática (ROLLNICK *et al*., 2008 e CARVALHO; GIL, 2003).	
b) A relação Teoria-Prática baseando-se em Porlán *et al*. (2001) e Vasquez; Jimémez; Mellado (2007).	

2. A construção das representações científicas **analisando os seguintes fundamentos:**	Foco de análise: Questionário de sondagem, "Uve Heurística" Atividades desenvolvidas em sala de aula
• Fundamentos Filosóficos: o epistemológico e o ontológico constituído por: o mundo dos objetos e eventos; o mundo das teorias e modelos; e a relação entre os dois mundos.	
• Ensino das Ciências: no desenvolvimento de capacidades cognitivas (pensar, atuar e comunicar) e competências representacionais.	
3. A interação discursiva nos processos entre os participantes a partir da:	Foco de análise: a experiência dos PFIQ em sala de aula e o relatório elaborado por eles.
a) Dimensão Epistêmica: representações das entidades e teorias das Ciências no discurso dos PFIQ.	
b) Dimensão Interativa: na linguagem verbal e não verbal das formas de expressão, ação, gestos, e relações pessoais que se integram em atos de comunicação dos PFIQ.	

Fonte: Crédito da Pesquisadora, 2012

No próximo capítulo serão abordados os resultados desta análise com a explicitação de cada uma das categorias. Dada a quantidade de dados foram selecionadas algumas das atividades considerando como critério aquelas atividades que tiveram maior participação dos sujeitos de pesquisa, isto é, de 5 Professores em Formação Inicial em Química.

5. CAPÍTULO V. AS CATEGORIAS DE ANÁLISE E A INTERPRETAÇÃO DOS DADOS PRODUZIDOS.

Neste capítulo será apresentada uma análise do processo realizado considerando os dados produzidos e as análises feitas a partir da aplicação dos instrumentos elaborados e empregados em cada uma das etapas da pesquisa. Foi analisado o processo a partir da produção das cinco propostas de aula elaboradas pelos cinco grupos de PFIQ, sendo selecionado para as análises discursivas um PFIQ de cada um dos grupos constituído, considerando-os como uma amostragem representativa dos sujeitos envolvidos na pesquisa.

A caracterização dos sujeitos de pesquisa, quanto a sua idade, período do curso, disciplinas cursadas, tema trabalhado e representação elaborada na prática na escola são apresentados no Quadro 11.

Quadro 11. Características dos PFIQ sujeitos da pesquisa

PFIQ	**Idade**	**Semestre**	**Disciplinas cursadas - Área Didática.**	**Tema Trabalhado**	**Representação Elaborada**
PFIQ1	19 anos	V (3° ano)	História da Química, Epistemologia da Química e Modelos Didáticos.	Neurotransmissores	História
PFIQ4	19 anos	V (3° ano)		Bombas atômicas	Simulador
PFIQ5	19 anos	V (3° ano)		Bioluminescência	Experimento
PFIQ2	17 anos	IV (2° ano)	História da Química e Modelos Didáticos.	Luminescência	Analogia
PFIQ3	19 anos	IV (2° ano)		Auroras Boreais	Gráfica

Fonte: Crédito da Pesquisadora, 2012

5.1 ANÁLISES DO QUESTIONÁRIO DE SONDAGEM

O questionário de sondagem (Apêndice 1) foi construído para levantar as concepções dos PFIQ, suas representações científicas escolares sobre os conceitos de: molécula, composto e átomo. A análise foi baseada nas categorias elaboradas sobre os Níveis de Representação, tal como foi colocado no Quadro 5 (que leva por nome: uma Construção Dialógica e Plural das Representações Científicas) baseado no referencial teórico construído nos capítulos anteriores.

Também foi adotado o conceito de *Competência representacional*, proposto por Kozma e Russell (2005), para descrever um sistema de habilidades e de práticas que permitem a uma pessoa pensar, comunicar e atuar sobre os processos e entidades físicas imperceptíveis, utilizando uma variedade de representações ou de visualizações.

Para analisar as perguntas: 1, 2, 3, 6 e 7, nas que se solicitava elaborar uma representação ou interpretá-la, foi utilizada a caracterização dos níveis de acordo com o Quadro 5. Os desenhos das representações feitos pela amostragem de PFIQ são apresentados no Anexo 3.

A seguir encontram-se as perguntas 1, 2 e 3 do questionário:

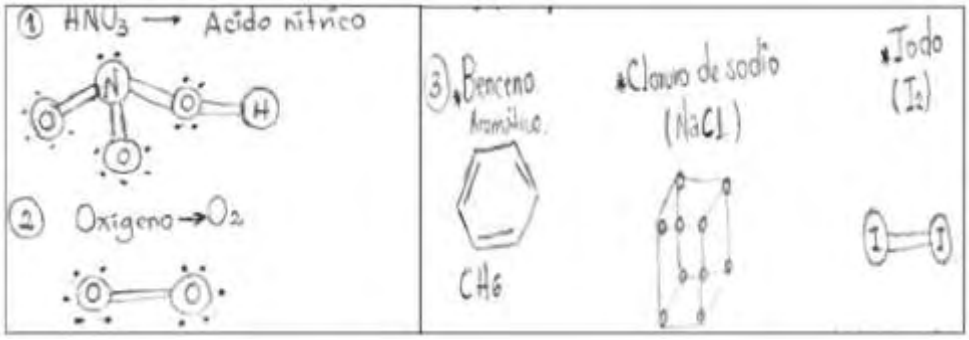
1. Das moléculas que você conhece, escolha uma e represente-a.
2. Escolha um dos átomos da molécula anteriormente representada e represente-o.
3. Represente as seguintes substâncias (utilize as representações que deseje)

a. Benzeno b. Cloreto de sódio c. Iodo

Uma análise das respostas dos cinco PFIQ às perguntas 1, 2 e 3 é trazida em sequência, a partir da consideração dos Níveis de Representação (Quadro 5).

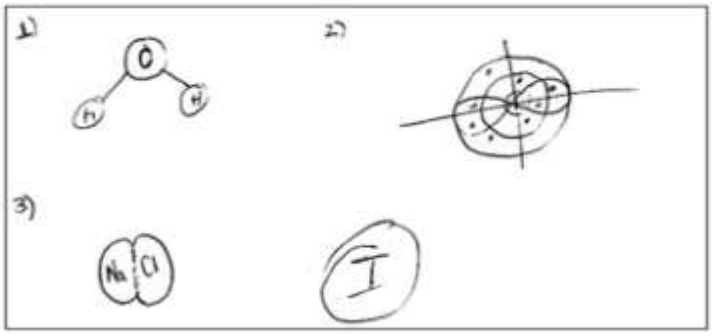
PFIQ1: as representações elaboradas (Figura 13) para as substâncias químicas correspondem ao *Nível 3 de Representação Sintático Formal*, pois ele leva em conta características físicas observáveis e não observáveis de entidades. Tais aspectos são observados a partir das representações das moléculas, utilizando pontos para representar entidades não perceptuais, como os elétrons, e linhas para representar as ligações, tal como o Modelo de Lewis (Figura 13.2). Porém, o fato da utilização deste tipo de representação não significa que foi seguido o raciocínio do Modelo de Lewis, já que a molécula de oxigênio foi representada mediante uma ligação simples, o que não corresponde com sua natureza química. Na resposta à pergunta 2 não existe uma concepção diferenciada com respeito a átomo e molécula, pois são representados desenhos semelhantes para os dois conceitos. Na resposta à pergunta 3 são utilizadas propriedades físicas para representar o cloreto de sódio mediante sua estrutura cúbica, no entanto, o cloreto de sódio e o iodo são representados mediante fórmulas estruturais.

Figura 13. Representações elaboradas pelo PFIQ1 (respostas às questões 1, 2 e 3)



PFIQ2: as representações realizadas para as substâncias das perguntas 1, 2 e 3 (figura 14, não foi elaborada nenhuma representação para o benzeno), podem ser classificadas no *Nível 1 de Representações como Imagem*, as quais estão baseadas somente em características físicas que correspondem ao real observável dos fenômenos químicos, com uma mistura de ideias baseadas na experiência, produto da aprendizagem. Uma interpretação das representações realizadas faz presumir que as entidades são entendidas como uma relação de semelhança entre os objetos teóricos e o mundo.

Figura 14. Representações elaboradas pelo PFIQ2 (resposta às questões 1, 2 e 3)



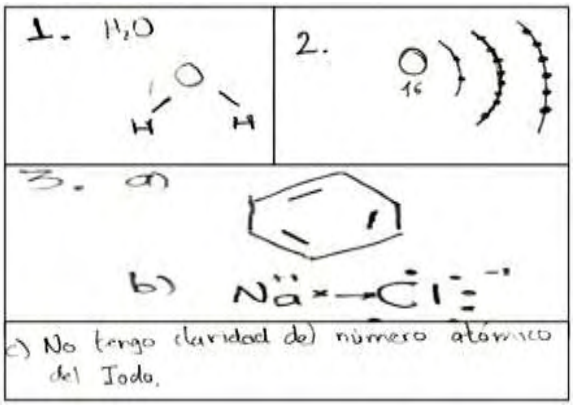
PFIQ3: as representações elaboradas das substâncias químicas correspondem ao *Nível 2 de Representação como Habilidade Simbólica*, pois são representadas entidades não perceptuais ao realizar-se uma interpretação particular da matéria, ainda que o desenho feito para representar o átomo de hidrogênio não tenha uma explicação teórica que o sustente (figura 15). Para o caso do cloreto de sódio, a representação é baseada na sua natureza elétrica ao empregar as cargas positivas e negativas sobre os símbolos. No caso do iodo, a representação mediante orbitais é difícil identificar a partir de qual teoria poderia ser

conceitualizada tal elaboração. Dessa forma, pode-se afirmar que nem sempre a representação corresponde a um modelo; e o fato de designar cargas pontuais determina uma ontologia realista para os objetos teóricos representados.

Figura 15. Representações elaboradas pelo PFIQ3 (resposta às questões 1, 2 e 3)

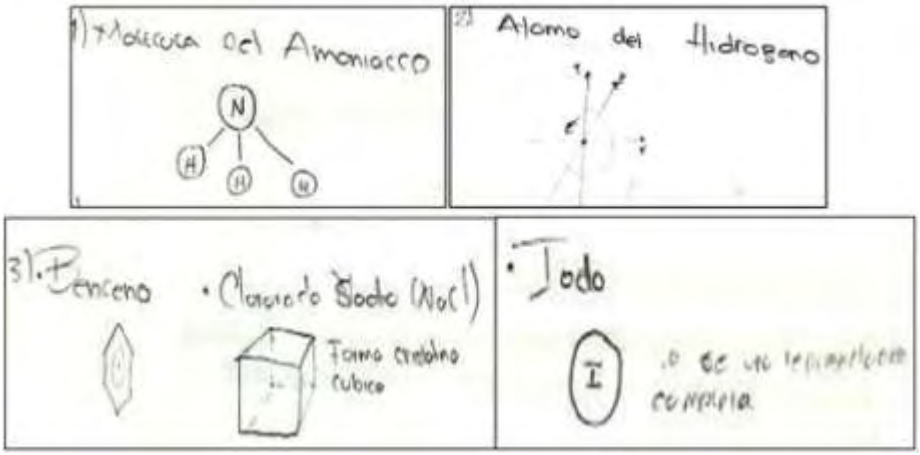
PFIQ4: as representações elaboradas podem ser classificadas no *Nível 3 de Representação Sintático Formal*. Neste caso, foi identificada uma concepção de átomo semelhante ao modelo de Bohr, recorrendo à representação de entidades não perceptuais para fazer uma interpretação particular da matéria. Existe uma distinção entre átomo e molécula, ainda que sustentada em representações macroscópicas e realistas. No caso do cloreto de sódio, se utiliza do modelo de Lewis para representar a molécula baseado na sua natureza elétrica, mas não consegue representar a molécula de iodo devido à falta de conhecimento do número atômico para representá-la (figura 16). Isto significa que a construção destas conceitualizações permanece ainda ligada a formalismos e formulações que partem de algoritmos que são aprendidos de forma operativa e mecânica.

Figura 16. Representações elaboradas pelo PFIQ4 (resposta às questões 1, 2 e 3)



PFIQ5: as representações feitas podem ser classificadas no *Nível 3 de Representações Sintático Formal*, baseadas em características físicas observáveis e não observáveis de entidades, cujas interpretações subjazem de descrições para atribuir significado às representações. A representação de átomo corresponde ao modelo de Bohr, desenhando-se orbitais atômicos mediante coordenadas espaciais que mostram a tridimensionalidade do átomo. No caso da representação do cloreto de sódio, recorre-se a propriedades físicas para representá-lo mediante sua estrutura cFiguraúbica cristalina. O benzeno é representado mediante sua fórmula estrutural (Figura 17). O PFIQ5 utiliza distintos modos de representar mostrando, talvez, que a compreensão que ele tem destes conceitos se baseia nas significações entre formalismos e propriedades, como no caso do cloreto ou do átomo de hidrogênio.

Figura 17. Representações elaboradas pelo PFIQ4 (respostas às questões 1, 2 e 3)



Nas respostas à pergunta 6 do questionário de sondagem (Apêndice 1), na qual é apresentada a Equação de Schrödinger, é perguntado aos PFIQ sobre: 6a. Qual é o significado da expressão? e 6b. Existe alguma relação entre esta e o comportamento das moléculas? Explique-a. Isto com a intenção de que eles encontrassem alguma relação entre uma representação matemática, uma explicação física e o comportamento químico das substâncias. Buscou-se indagar se os PFIQ conseguem passar do Nível 3 de Representação Sintático Formal ao Nível 4 Semântico-Formal e, inclusive, ao Nível 5 de Construção Reflexiva.

A este respeito, somente o PFIQ4 faz uma interpretação semântica dos signos que aparecem na equação matemática, elaborando explicações do mundo físico que tem significado no mundo químico ao interpretar o formalismo e traduzi-lo no conceito químico de densidade eletrônica; o PFIQ3 identifica algumas características, atribuindo-lhes uma função pontual e determinista ao dizer que tal equação permite determinar a posição do elétron na molécula; e o PFIQ5 interpreta a equação em termos probabilísticos, isto é, passa do sintático para o semântico formal. Nesse sentido, pelo menos para estes professores, que a interpretação feita não depende nem da semelhança com o objeto e nem da estrutura, senão de uma lógica constituída na relação entre uma categoria empírica baseada na teoria e uma categoria simbólica.

O PFIQ1 só identifica a equação pelo nome, o PFIQ2 diz que não sabe o significado exato, só que está relacionado com a posição do elétron, pelo que a seguinte resposta está baseada em suposições e não da informação sobre a implicação de tal formalização na construção das moléculas. No Quadro 12 são apresentadas as transcrições das respostas 6a e 6b do questionário de sondagem que se encontram no Apêndice 1.

Quadro 12. Respostas dos PFIQ à pergunta 6

PFIQ	**Respostas**
PFIQ1	6a. Equação de Shrödinger. 6b. Não respondeu nada
PFIQ2	6a. Não sei o significado exato, mas sei que está relacionado com a posição dos elétrons no átomo. 6b. Sim, posto que as interações dos átomos para formar um composto são em sua maioria entre os elétrons e ainda que as propriedades no composto sejam iguais às de seus íons componentes, estes aportam parte das suas, para formar as do composto.
PFIQ3	6a. Equação de onda de Schrödinger 6b. Esta equação reúne as variáveis para determinar mediante cálculos a posição do elétron dentro da molécula
PFIQ4	6a. Não o tenho muito claro penso que é a equação de Schrödinger na qual se representa o átomo, acredito, porque nela aparece o símbolo ψ, que por si mesmo não representa nada, mas seu quadrado representa a densidade eletrônica. 6b. Sim estou certo, é a equação de Schrödinger, a expressão tem relação com o comportamento das moléculas, pois os átomos são quem as conformam e deles dependem as características e propriedades.
PFIQ5	6a. Não tenho certeza, mas é uma equação pela qual se pode descrever o comportamento dos átomos e os elétrons no espaço com probabilidade de encontrá-la tendo em conta determinadas variáveis. 6b. Não respondeu nada.

Fonte: Questionário de sondagem dos PFIQ

Com respeito à pergunta 7 (Apêndice 1), na qual se formula o experimento mental do gato na caixa elaborado por Schrödinger, é solicitado aos PFIQ fazer uma representação e interpretar a situação com respeito a: quais são as probabilidades de que o gato esteja vivo ou morto? Os PFIQ2 (Figura 18) e PFIQ3 (Figura 19) elaboraram uma representação, mas não explicaram. (Anexo 4)

Figura 18. Representação do PFIQ2 para a questão n.7

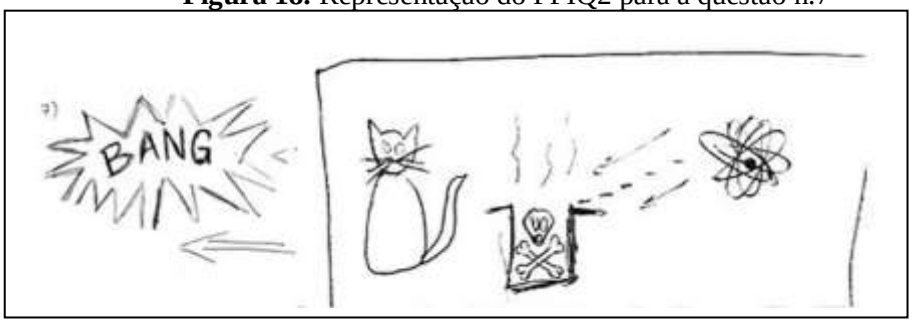
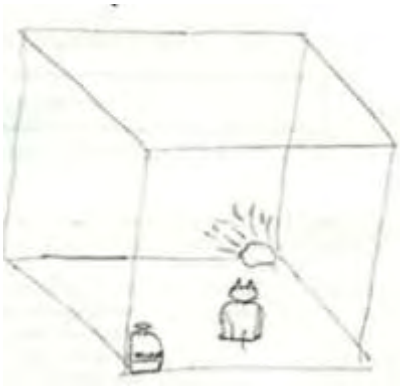


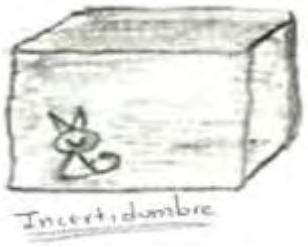
Figura 19. Representação do PFIQ3 para a questão n.7



Para os PFIQ1 (Figura 20), PFIQ4 (Figura 21) e PFIQ5 (Figura 22), os desenhos correspondentes à representação da formulação do experimento mental e suas respostas são colocados em continuação.

Figura 20. Representação do PFIQ1 para a questão n.7

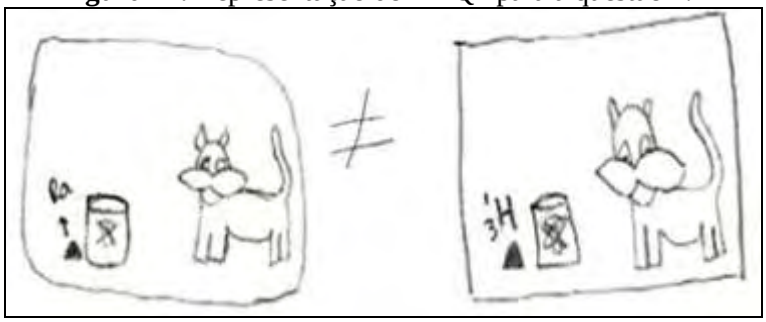
PFIQ 1
Caracteriza-se pela *Incerteza*



A resposta dada pelo PFIQ4 (Figura 21) é a seguinte:

> "*há probabilidades de que o gato esteja morto ou vivo, dependendo diretamente do material radiativo que esteja presente na caixa, pois nem todas as substâncias têm o mesmo tempo de meia vida, assim como também que se leve em conta depois de ter fechado."*

Figura 21. Representação do PFIQ4 para a questão n.7



A resposta dada pelo PFIQ5 (Figura 22) é a seguinte:

> "*pode ser que o gato esteja vivo, mas também que esteja morto, é aqui onde se abarca o tema da probabilidade e de como estão os átomos e seus elétrons, podem estar em diferentes lugares para mim podem estar num intermédio, no que posso entender."*

Figura 22. Representação do PFIQ5 para a questão n.7

As representações realizadas pelos PFIQ 1, 2 e 3 são baseadas em características físicas e em alguns elementos simbólicos interpretados literalmente, atribuindo-lhes características perceptíveis a entidades – conceitos não perceptíveis – e valendo-se de fórmulas químicas e planos bidimensionais características ao Nível 2, a Representação como habilidade simbólica.

O PFIQ 4 emprega raciocínios que mostram domínios teóricos para explicar a situação, o desenho mostra que não existe uma única realidade. O PFIQ5 incorpora o conceito de probabilidade para explicar a situação dada, no seu desenho pode ser interpretada a ideia de superposição e a alternância das realidades, o que indica a construção do pensamento no Nível 5 de Representação de construção reflexiva, pois são construídas diferentes representações utilizadas para explicar relações entre as propriedades físicas, as entidades e os processos subjacentes do fenômeno.

Uma interpretação das representações feitas pelos PFIQ 1, 2 e 3 coincide com o que foi debatido na pesquisa de que "a Ciência nos dá um retrato verdadeiro do mundo, fidedigno nos detalhes, e que as entidades postuladas realmente existem; definindo os avanços da ciência como descobertas, em vez de invenções construídas pelo homem" (VAN FRAASSEN, 2006, p. 25). Sem querer indicar que uma posição contrária seria a única possibilidade de aceitar o que é o não científico.

Continuando com a resposta à pergunta 4: Você sabe como se chegou ao conhecimento de alguma das moléculas que hoje estudamos na Química? Elabore um relato sobre a história de alguma destas moléculas. Com essa pergunta buscou-se identificar se os PFIQ conhecem a História da Química para citar a origem de alguma molécula.

Os PFIQ 2 e 3 não responderam, os outros colocaram o seguinte (tradução feita pela PP):

> PFIQ1: *a água começou a manifestar-se a partir das origens da terra quando ela começou a se esfriar, os distintos fenômenos geológicos contribuíram para que esta Era desse a possibilidade de gerar vida, devido a certas propriedades que só ela tem.*
> PFIQ4: *muitas das moléculas são identificadas através da análise espectral, já que ao se conhecer o espectro emitido pelos átomos, é possível ler quais átomos conformam a molécula e sua localização específica, não tenho clareza sobre quais moléculas foram encontradas desta maneira.*
> PFIQ5: *as moléculas que hoje conhecemos foram sendo conhecidas ao longo da história, foi numa série de investigações acerca dos componentes possibilitando chegar à determinação de uma substância*

> *identificam-se os elementos e as reações que dão origem a estes produtos, a partir da experimentação nos laboratórios é o que mais ou menos sei acerca da história.*

Nas explicações dadas percebe-se que os PFIQ levaram em consideração outros aspectos diferentes à História da Química para construir suas respostas. Contudo, o PFIQ5 chega a levar em consideração, embora indicando uma concepção linear sobre a construção do conhecimento científico, pois há uma visão do processo histórico como uma série de fatos que ocorreram um após outro dando origem à compreensão da molécula e que este processo foi mediado pela experimentação. O PFIQ1 levou em consideração a história, mas aquela da Terra. Ele se concentrou em apresentar uma teoria sobre a origem das moléculas no planeta Terra, ou seja, a molécula existe e ela tem uma história natural e isso foi o que permitiu conhecê-las, isso pode ser considerada uma visão realista sobre a concepção da molécula. No caso do PFIQ4, ele considera a pergunta no sentido de que ele conhece um método experimental para poder identificá-las, então ele sabe uma forma em que chegou ao conhecimento da molécula, mas não sabe contextualizar historicamente isso.

O fato que dois dos PFIQ não responderam é um indício de que este tipo de conhecimentos foi pouco trabalhado em sua formação, isto pode ser justificado devido a que disciplinas como História da Química e Epistemológica da Química estavam sendo cursadas por eles naquele momento de sua formação. O que ratifica a importância de incluir estes fundamentos, tal como é afirmado por Matthews (1994), ou seja, não se trata da inclusão isolada da história, da filosofia e da sociologia das ciências, apenas como um item a mais a ser estudado ou como uma disciplina a mais da grade curricular. É preciso fazer uma contextualização da ciência. Com isso, espera-se que os estudantes melhorem seu conhecimento e a compreensão das formas que as ideias científicas tomam através do tempo, dos problemas tecnológicos, sociais, políticos e culturais que envolvem a produção do conhecimento científico e como isso trouxe vantagens e, ao mesmo tempo, dificuldades e limitações que afetam o desenvolvimento do ser humano e da sociedade.

Na pergunta 5 (sobre as contribuições que estas substâncias deram à humanidade), três dos PFIQ fizeram referência às contribuições das substâncias como $NaNO_3$ no campo agrícola, ajudando a humanidade na produção de produtos alimentares; fazendo menção à função dos ácidos na remoção de pigmentos; ou o NaCl como nutriente, alimento e por sua

importância comercial em épocas antigas. Os outros dois PFIQ não mencionaram que tipo de aportes as moléculas puderam dar à humanidade.

Em uma análise das repostas às perguntas 4 e 5, foi possível identificar alguns fundamentos a partir da História e da Epistemologia da Química que subsidiaram as explicações dos PFIQ, mas de forma superficial e descontextualizada. Mesmo que em suas respostas apareçam percepções sobre os métodos para obter substâncias (possivelmente ideias correspondentes ao Método Científico) ou baseados na origem da terra e demonstram conhecer algumas das aplicações de algumas moléculas em alguns campos, se percebe a falta de contextualização de suas ideias.

Do anterior, pode-se inferir que o professor há de "saber ciência" e "saber sobre a ciência". Segundo Tardif (2003), o professor é uma amálgama de saberes, conhecimentos, competências e habilidades produzidas pela socialização e a imersão dos indivíduos nos diversos contextos sociais em que estão inseridos. Assim sendo, uma contextualização dos saberes docentes em Química forneceria fundamentos baseados na teoria e na práxis que poderiam dar conta da construção do conhecimento escolar de uma Ciência como a Química e seu impacto na vida do homem e da sociedade como um bem cultural do domínio do Professor e não como um conhecimento disciplinar a mais.

Com respeito à pergunta 8, os PFIQ definem o "**Modelo**" como modelo científico ou modelo de ensino, em quaisquer destes casos significa método, procedimento e tática para atingir o objetivo, esquematização postulada; só um deles menciona que pode ser utilizado para solucionar problemas, porém, continua sendo um método. O que coaduna com o que eles responderam quando foi perguntado sobre como se chegou ao conhecimento de alguma das moléculas: suas respostas foram no sentido do método.

Para os PFIQ, a "**Representação**" é uma maneira de se fazer entender algo, para expor ideias utilizando uma forma visual, comunicativa ou artística. Uma forma de expor as ideias. Uma amostra visual que se realiza a partir de uma teoria. Um deles diz que está relacionado com a forma de explicar alguma coisa experimental.

As definições dadas à "**Teoria**" permitem compreendê-la como um postulado aplicável apenas a alguns acontecimentos; outros afirmam que é algo que não é certo e pode explicar um fenômeno determinado; a teoria também é definida como uma explicação

lógica da realidade que surge por demonstrações; ou como aquilo que se aproxima a uma pesquisa e que produz o ensino.

O termo "**Fenômeno**" é interpretado como algo estranho ou uma situação observada na natureza, também como um sucesso diferente do normal, que gera interesse, pode ser de tipo político, científico, social, cultural. Na educação poderia ser o "*bullying*" uma realidade a ser tratada pelo docente. E ainda, uma anomalia dentro de uma teoria que ainda não tem uma explicação.

Os PFIQ possuem dificuldades para definir estes conceitos, pois eles são pouco explorados durante seu processo de formação. Para os PFIQ há pouco sentido em ter que defini-los, pois o que lhes interessa é o domínio conceitual do tipo algorítmico. Os formalismos dizem pouco para eles quando são levados a fazer interpretações baseadas em argumentos filosóficos, históricos e sociológicos. Fazendo uma análise do conjunto das respostas da maioria dos PFIQ, percebe-se uma tendência a um pensamento epistemológico de tipo realista, pois as representações feitas se caracterizam como um relato literal daquilo que eles acreditam que acontece no mundo real e a sua aceitação envolve a crença de que elas são verdadeiras.

Além disso, suas representações e explicações podem generalizar-se como uma aproximação ontológica também de tipo realista, já que representam os conceitos em virtude do que o mundo é, baseado, geralmente, em descrições e propriedades observáveis, macroscópicas e pictóricas. Somente dois deles conseguem construir raciocínios sintáticos formais até construções semânticas das representações. O PFIQ4 e o PFIQ5 conseguem fazer construções que mostram um raciocínio que tende à abstração e se coloca no plano da significação do sintático e do semântico, envolvendo elementos relacionados com seu contexto, dotando de significado seus conhecimentos.

Como foi visto sobre o contexto Histórico, Filosófico, Social e Cultural, existem dificuldades para estabelecer nexos entres estes fundamentos, pois quase sempre as explicações dos PFIQ centram-se para um desses fundamentos, provavelmente aquele que tem sido mais explorado – como, por exemplo, o método pelo qual se obtém as substâncias e suas aplicações. Isto dificulta a construção de explicações contextualizadas sobre o impacto do bem cultural que eles estão aprendendo e vão ensinar a "Química" na vida das pessoas e do mundo. O que é confirmado por Labarca (2005) ao dizer que não é suficiente

educar os educadores em Química só com os conteúdos dos cursos e os assuntos de Psicologia Educativa. Os Docentes de Química necessitam ser introduzidos no estudo da própria natureza da Ciência que ensinam; isto significaria apropriarem-se destes fundamentos.

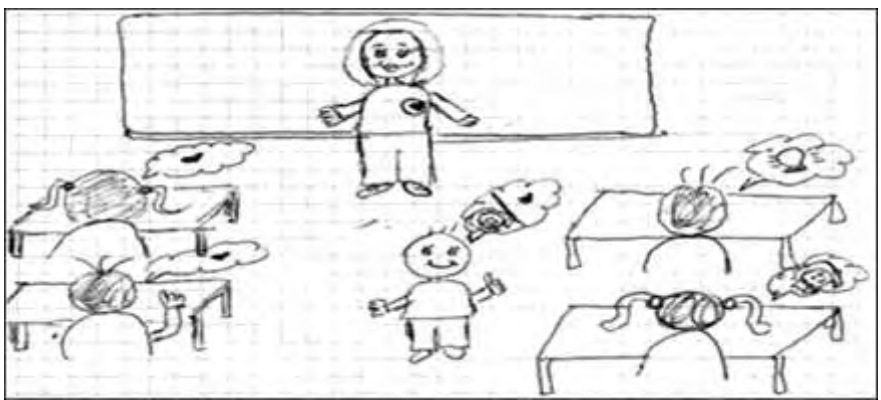
5.2 ANÁLISES DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O CURSO DE MODELOS DIDÁTICOS.

Realizada a análise das respostas ao Questionário de Sondagem foi possível estabelecer as atividades que iriam ser trabalhadas com os PFIQ durante o curso de Modelos Didáticos, deste modo serão apresentadas, a seguir, uma análise das atividades desenvolvidas.

5.2.1 *Análise das Atividades Introdutórias*

A fase inicial do curso teve o propósito de levantar as concepções dos PFIQ sobre "o ser professor". Dessa forma, trazemos aqui a análise das respostas dadas à pergunta (Anexo 5): que tipo de professor você gostaria de ser e para qual sociedade? Os desenhos sobre como se enxergam enquanto professores também foram analisados, segundo Thomas; Pedersen e Finson (2001), considerando os critérios descritos na metodologia.

Procurou-se avaliar os segmentos que expressassem a representação da profissão que os PFIQ construíram até aquele momento de sua formação, destacando-se: o papel do Professor (ações, posições e representações); o papel dos estudantes (ações, posições) e o ambiente onde se desenvolve a ação entre os atores. A interpretação do desenho (Figura 23) do PFIQ1 é trazida no Quadro 13.

Figura 23.  Desenho do

PFIQ1 sobre “o ser professor”

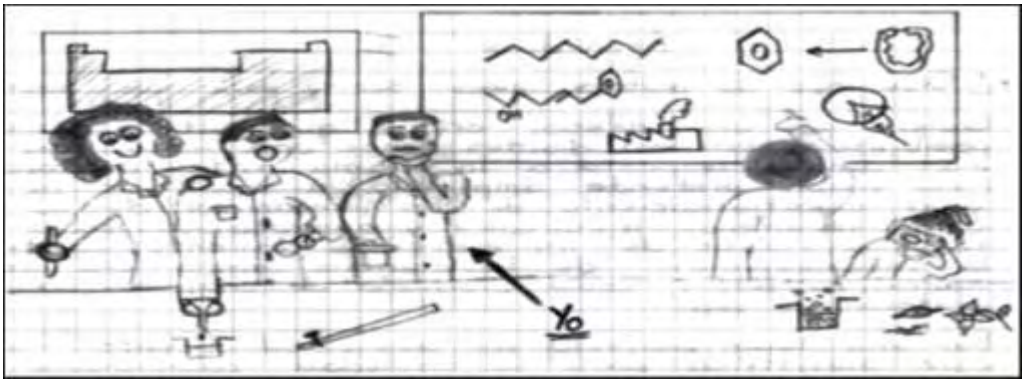
Quadro 13. Análise do desenho do PFIQ1 sobre o tipo de professor que quer ser

PFIQ1 Análise do desenho feito sobre como ele se enxerga como professor			
Professor (P)		**Estudante (E)**	
Ações e posição	Representações	Ações e posição	Ambiente
A professora está à frente da sala lecionando. Está com os braços abertos e tem um desenho de um coração no peito, seu rosto é de felicidade. Não aparecem linguagens verbais e não verbais. Só gestos de contente dos participantes.	Não é desenhado nenhum tipo de representação, pelo professor, mas aparecem desenhos que saem das cabeças dos estudantes. **Nível 1 Representações como imagem.**	Eles estão sentados em fila, voltados para o professor, de suas cabeças saem balões com imagens de corações, lâmpadas e rostos de pessoas. Os balões parecem representar a fala deles ou suas ideias. Em um deles aparece o rosto da P. Só tem um estudante que fica em pé olhando para seus colegas e de sua cabeça saem imagens.	O ambiente é interno, mas não aparecem paredes, a sala encontra-se em ordem. A sala de aula é caracterizada pelo quadro e pelas mesas.

Fonte: Atividade introdutória PFIQ1

A interpretação do desenho do PFIQ2 (Figura 24) é trazida no quadro 14

Figura 24. Desenho do PFIQ2 sobre “o ser professor”



Quadro 14. Análise do desenho do PFIQ2 sobre o tipo de professor que quer ser

PFIQ2 Análise do desenho feito sobre como se enxerga como professor			
Professor (P)		**Estudante (E)**	
Ações e posição	Representações	Ações e posição	Ambiente
O professor está entre os estudantes no laboratório, aparece uma seta indicando quem é o professor. Sua atitude é de quem está pensando, ainda que ele não esteja realizando nenhuma atividade.	Na lousa aparecem desenhos de moléculas como o benzeno, cadeias carbônicas e de ácidos carbônicos, tem uma seta indicado o processo de quebra do benzeno. Uma Tabela periódica e a bancada do laboratório. **Nível 2 Representação como habilidade simbólica**.	Alguns estudantes encontram-se trabalhando na mesa do laboratório interagindo com o professor ou fotografando alguma reação, outro está analisando algo no quadro, todos estão ativos e trabalhando com material do laboratório e prestando atenção no professor.	O ambiente é interno, do laboratório. Não aparecem paredes, só os desenhos de fórmulas de moléculas para mostrar algo como uns processos existem signos de comunicação entre P e E, e nem entre E-E, representados na boca aberta desenhada.

Fonte: Atividade introdutória PFIQ2

A interpretação do desenho (Figura 25) do PFIQ3 é trazida no Quadro 14

Figura 25 – Desenho do PFIQ3 sobre "o ser professor"

Quadro 15. Análise do desenho do PFIQ3 sobre o tipo de professor que quer ser

PFIQ3 Análise do desenho feito sobre como se enxerga como professor			
Professor (P)		**Estudante (E)**	
Ações e posição	Representações	Ações e posição	Ambiente
São desenhados dois tipos de Professor: Professor (P1) que está dentro de uma sala de aula e se situa frente aos estudantes para lecionar e os estudantes prestam atenção. E o outro professor (P2) que está fora da sala de aula e os estudantes estão a seu redor.	Na sala do P1 estão escritas as fórmulas químicas (H_2O, NaCl, HCl) na lousa e do lado escritas as palavras: respeito, tolerância e responsabilidade. O P2 não utiliza linguagens verbais e não verbais. **Nível 2 Representação como habilidade simbólica.**	Na sala do P1, os estudantes estão sentados em ordem prestando atenção e não expressam nada, com uma postura passiva. Na sala do professor P2, os estudantes estão ao redor do professor em atitude de estarem levantando a mão para questionar e contentes.	Na sala do P1, é apresentada como um ambiente interno fechado e são desenhadas paredes. Na sala do P2, não existem paredes, a aula acontece num ambiente externo, parece ser em contato com a natureza.

Fonte: Atividade introdutória PFIQ3

A interpretação do desenho do PFIQ4 (Figura 26) é trazida no Quadro 16

Figura 26. Desenho do PFIQ4 sobre "o ser professor"

Quadro 16. Análise do desenho do PFIQ4 sobre o tipo de professor que quer ser

PFIQ4 Análise do desenho feito sobre como se enxerga como professor			
Professor (P)		**Estudante (E)**	
Ações e posição	Representações	Ações e posição	Ambiente
O professor está parado na frente de um prédio que diz "universidade". Sua atitude é passiva, pois ele não está realizando nenhuma atividade.	Não são desenhadas representações utilizando linguagens verbais e não verbais.	No desenho não aparecem estudantes.	O ambiente é externo, fora da universidade, como não têm estudantes não tem interações entre P e E e nem entre E-E.

Fonte: Atividade introdutória PFIQ4

A interpretação do desenho (Figura 27) do PFIQ5 é trazida no Quadro 17

Figura 27. Desenho do PFIQ5 sobre "o ser professor"

Quadro 17. Análise do desenho do PFIQ5 sobre o tipo de professor que quer ser

PFIQ5 Análise do desenho feito sobre como se enxerga como professor			
Professor (P)		**Estudante (E)**	
Ações e posição	Representações	Ações e posição	Ambiente
A professora está na frente dos estudantes no laboratório, ela está trabalhando com o material que está acima da mesa, sua atitude é ativa.	Na lousa aparece escrita a palavra Química, junto com algumas fórmulas e elementos de laboratório (HCl e NaCl). **Nível 2 Representação como habilidade simbólica**.	Os estudantes encontram-se observando a demonstração da professora. De um lado, na parede, tem a lousa com algumas informações.	O ambiente é interno, do laboratório, não aparecem paredes, só os desenhos de uma molécula e algo como uma reação, não tem interação entre P e E, nem entre E-E.

Fonte: Atividade introdutória PFIQ5

A análise realizada considerando os tipos de representações que são utilizados nos desenhos permitiram identificar uma expressão de como cada PFIQ se enxerga em sua profissão: enquanto a seu saber e saber fazer e de como os estudantes são vistos na sala de aula permitiu identificar como determinadas linguagens, símbolos, fórmulas ou outras formas de expressão são privilegiados em um dado momento no processo de ensino.

Foi possível perceber uma possível tendência ontológica de tipo realista, possível no sentido de que os símbolos utilizados podem indicar que ele acredita que as moléculas existam tal qual a representação é feita, baseando-se em características físicas e em alguns elementos interpretados literalmente. Outra interpretação pode ser como uma concepção não realista, pois é só uma forma de representar as substâncias. Isto acontece nos desenhos dos PFIQ 2, 3 e 5. No desenho do PFIQ1 não fez representações na lousa.

A posição do professor na frente da aula no controle dos estudantes (PFIQ1) indica uma concepção do professor que dirige as atividades dos alunos, ainda que os estudantes estejam pensando eles não têm a possibilidade de construir e interagir com seus colegas de aula. Nos desenhos dos PFIQ 2, 3 e 5, a disposição da aula mostra o professor entre os estudantes, isto possivelmente facilita a troca de ideias, permitindo uma aproximação do professor com os estudantes. A imagem de professor desenhada pelo PFIQ4 é de um professor universitário, solitário na frente de um prédio chamado "Universidade", apresentando uma concepção individualista, normatizada, passando a ideia de que ele é autossuficiente e não precisa de outros para desenvolver seu trabalho.

O trabalho docente realizado no laboratório é marcante nos desenhos do PFIQ2 e do PFIQ5. Tal fato pode ser devido a eles incorporarem mais facilmente seu papel como químicos do que como professores de química, ou também pode ser interpretado pela importância dada ao laboratório para o ensino de química, pois eles consideraram a Química como uma Ciência de caráter experimental. Só é possível afirmar que é levado em consideração o papel do trabalho experimental no desenvolvimento de sua profissão. No que diz respeito ao PFIQ5, o papel do experimento parece ser do tipo demonstrativo e, como meio de comprovação, mas isto não pode ser confirmado só inferido.

Em relação ao PFIQ2, quem está desenvolvendo os experimentos, observando e tirando fotos e analisando as fórmulas na lousa são os alunos, o que pode indicar uma

concepção de trabalho laboratorial de cunho mais investigativo onde o professor é um mediador no processo.

Quanto à resposta à pergunta a que tipo de professor gostariam de ser e para qual sociedade uma interpretação dada às respostas dos PFIQ (Anexo 5) é apresentada a continuação: o PFIQ1 manifesta uma preocupação com o fato de ser professores e o relacionam com a qualidade da educação para o progresso da sociedade. Já o PFIQ2 expressa a ideia de querer ser o professor crítico, que convide os estudantes a pensar e refletir mediante a atividade docente, pretendendo contribuir na reconcepção da ciência como uma atividade social, com interesse em trabalhar com populações de distintas origens e contextos sociais, procurando conhecer diferentes formas de assumir o mundo, não só mediante a Química senão também de forma interdisciplinar. Isto como um caminho para o enriquecimento e progresso da educação. O PFIQ3 expressa ter uma preocupação com o ensino da Química e com a formação das pessoas para a sociedade, aceitando as diferenças de cada um e que todos devam ter as mesmas oportunidades. A ideia do PFIQ4 é ser um professor comprometido com o trabalho de ensinar não só Química, como também contribuir para a formação dos estudantes ao dar muito bem as aulas, pois, segundo ele, se a informação dada ao estudante é errada, causaria um grande dano, porque ele acreditaria no que o professor diz. O PFIQ5 se enxerga como uma professora íntegra, com valores, com respeito e consciência para entender os estudantes e também diz que procuraria não ser como os típicos professores que tem preguiça de trabalhar com os estudantes, ela continua seu raciocínio dizendo que, em oposição a isto, procuraria ser uma professora que gera espaços para novos conhecimentos.

De forma geral, a concepção proveniente da imagem do professor expressada pelos PFIQ está condicionada por um estereótipo construído durante suas experiências como estudantes e pela forma com que foram incorporando as atitudes, crenças e ideias sobre o que signfica ser professor, construindo seu próprio modelo baseando-se na observação e no senso comum, sem uma construção crítica e fundamentada sobre a profissão docente. Isso pode indicar a falta de sintonia entre os conteúdos disciplinares, pedagógicos e didáticos que os professores recebem no percurso de sua formação inicial, para que se transformem em subsídios teóricos e metodológicos que orientem o futuro

professor em seu saber e saber fazer na sala de aula, o que no final significaria uma contribuição na configuração do Conhecimto Pedagógico do Professor.

Em seguida são trazidas as análises da segunda parte do curso ministrado. Foi um recorte, pois, como já foi mencionado, apenas 10 PFIQ completaram o processo, sendo que destes serão analisadas a produção dos cinco até então considerados no Quadro 10. Dessa forma, a seleção das atividades ao longo do curso (Quadro 7) são o foco da análise de acordo com este critério.

5.2.2 *Análise da Segunda Parte do Curso de Modelos Didáticos*

As categorias elaboradas para analisar como os futuros professores construíam e reconstruíam as Representações Científicas Escolares sobre a estrutura atômica durante os seminários e as atividades desenvolvidas (Quadro 7) são sintetizadas no Quadro 18. A análise foi centrada na construção das representações científicas dos PFIQ, destacando-se dois âmbitos:

1a. Fundamentos Filosóficos: destes foram considerados os âmbitos do epistemológico e do ontológico, levando em conta os seguintes contextos: o Mundo dos Objetos e Eventos; o Mundo das Teorias e Modelos; e a Relação entre os dois Mundos.

1b. Compreensão da Ciência: considerando as capacidades cognitivas e as competências representacionais identificadas mediante os Níveis de Representação (Quadro 5).

Quadro 18. Categorias de análise das representações científicas dos PFIQ

Representações Científicas dos PFIQ		
Categorias de Análise		
Fundamentos filosóficos	Compreensão da ciência	
Epistemológico /Ontológico	Capacidades Cognitivas	Níveis de representação Quadro 5
Subcategorias 1. Mundo dos objetos e eventos. 2. Mundo das teorias, modelos e representações 3. Relação entre os dois mundos.	1. Pensar 2. Atuar 3. Comunicar	1. Como imagem 2. Habilidade simbólica. 3. Sintático formal 4. Semântico formal 5. Construção reflexiva

Fonte: Crédito da Pesquisadora, 2012

Nesta pesquisa, as *representações são entendidas como qualquer representação sub-rogante ou substituta (parcialmente) em qualquer meio simbólico que permite falar e atuar com rigor e profundidade sobre o sistema de estudo, são consideradas ao mesmo tempo como novas estruturações reorganizadas para expressar "algo", assumindo-se que não podem ser julgadas como verdadeiras ou falsas, já que não é sua pretensão estabelecer uma correspondência como uma cópia fiel e direta do mundo representado*. Assim, podemos afirmar que a representação é uma atividade intencional, convencional que, segundo Van Fraassen (1994), permite definir na seleção de aspectos, cuja precisão é decisiva e relativa ao contexto estabelecido pelos elementos precedentes.

Baseando-se nesta definição, durante o curso foi trabalhado com os PFIQ a construção do experimento da Dupla Fenda, com a intenção de reconstruir representações sobre o comportamento microscópico das partículas usando como ferramenta a produção de UVE Heurística. Também foi realizado um ensaio sobre o contexto Histórico, político e social da Teoria Quântica. As análises empenhadas foram baseadas nos critérios colocados no Quadro 19.

Quadro 19. Análise geral das atividades realizadas pelos PFIQ

Atividades realizadas pelos PFIQ	**Subcategoria de Análise Chamizo-Giere (Figura 2 e 3)**	**Capacidades e Níveis de representação**
1. *Construção do experimento da Dupla Fenda pelos PFIQ* *UVE Heurística elaborada pelos PFIQ (Anexo 2)* ***2.*** *Ensaio sobre o contexto Histórico, político e social da Teoria Quântica.*	Epistemológico/Ontológico 1. Mundo dos objetos e eventos 2. Mundo das teorias e modelos 3. Relação entre os dois mundos.	Pensar: o mundo dos objetos e dos fenômenos com teorias. Ação: capacidade de desenvolver atividades de transformação do mundo Comunicação: utilizam linguagens verbais e não verbais para comunicar e representar os conhecimentos científicos construídos.

Fonte: Crédito da Pesquisadora 2012

5.2.2.1 Análise da construção do experimento da dupla fenda pelos PFIQ

A análise do questionário de sondagem permitiu caracterizar o conhecimento químico dos PFIQ. Em sua maioria, as descrições foram do tipo realistas, ou seja, baseadas

em raciocínios que partem de explicações elaboradas pelos sujeitos considerando-se suas percepções mediante seus sentidos, o que permite relacioná-las com o pensamento científico concreto abordado por Bachelard (1996), para quem a primeira representação da Ciência é geométrica, pautada num realismo ingênuo, quase sempre procedente do mundo macroscópico, ou mesmo, em alguns casos, como coloca Galagovsky *et al.* (2003), correspondendo a um nível denominado como "semiparticulado". Entendido como um nível intermediário, entre o macroscópico e o submicroscópico, o qual daria conta de explicar as representações usando os aspectos perceptivos de um fenômeno e as ideias alternativas dos estudantes adquiridas durante a instrução.

Já com esta análise prévia, na segunda parte do curso foram realizados questionamentos acerca de se as representações dão conta da existência de algo, e se esse algo existe como tal na realidade de quem a constrói? Isso com o intuito de questionar os PFIQ para que começassem a avaliar seus conhecimentos, suas crenças, suas construções e suas representações elaboradas até então para explicar o funcionamento do mundo químico.

Para atingir tais questionamentos e reflexões junto aos PFIQ trabalhou-se com o conceito de estrutura, tendo como referência os fundamentos quânticos, isto por duas razões: 1ª) geralmente o ensino sobre a entidade-conceito denominada "estrutura química" é carregado de representações que fazem uso de fórmulas, imagens de substâncias com a utilização de signos e símbolos que são ensinados e aprendidos sem uma contextualização Histórica, Epistemológica, Sociológica e Tecnológica; 2ª) como proposto por Greca e Santos (2005), a compreensão deste e de outros conceitos no ensino de Química precisam de conceitualizações fundamentadas na Teoria Quântica, pois ela forneceria subsídios teóricos, a partir do estudo da natureza microscópica das substâncias, para então se poder interpretar e pensar o mundo químico com modelos, teorias e representações coerentes com a natureza epistêmica e ontológica da Ciência.

Certamente desenvolver o processo de ensino de conceitos químicos mediante a Teoria Quântica não é uma tarefa fácil, pois seus princípios fogem da visão clássica do mundo. Segundo Greca; Moreira e Herscovitz (2001), compreender o mundo pela via da Teoria Quântica, exige o desenvolvimento de abstrações referidas a ele, o que envolve a construção de raciocínios "anti-intuitivos" para explicar conceitos como superposição de estados, princípio de incerteza, dualidade onda partícula, distribuição de probabilidades e

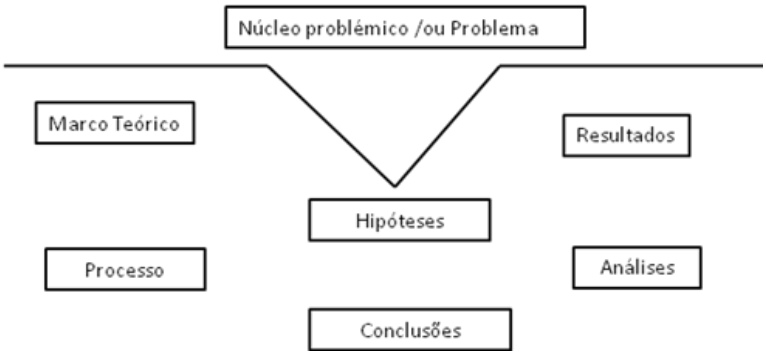
não localidade, estes que, igualmente, são de complexa introdução no processo de ensino da Química.

Durante o curso foram desenvolvias várias atividades com os PFIQ orientados pela PP, dentre elas, o experimento da Dupla Fenda, cuja intenção foi de procurar entender como os PFIQ constroem as suas representações sobre o **Mundo dos objetos** usando o **Mundo das Teorias e Modelos**, de tal modo que seja feita uma análise da **Relação entre os dois Mundos** a partir das construções epistêmicas e didáticas realizadas pelos PFIQ mediante as suas compreensões sobre o experimento. A pergunta que orientou o processo foi: como construir um mundo microscópico para entender a Química?

O experimento da Dupla Fenda foi baseado naquele realizado em 1801 por Thomas Young para discernir sobre a natureza corpuscular e ondulatória da luz. Tal experimento permitiu a observação do padrão de interferência que sofre uma fonte de luz ao passar através de uma fenda. Sendo assim, este experimento foi recriado pelos PFIQ usando materiais simples: como uma fonte de luz (laser de um apontador) e duas fendas (elaboradas com papel de alumínio). O experimento foi produzido em condições que permitiram a observação do fenômeno.

Para a análise do experimento os PFIQ utilizaram o modelo de "UVE" heurística, também chamado de V de Gowin ou esquema UVE (ORTEGA *et al*, 2005). Esta é uma ferramenta (Figura 28) que auxilia a quem a elabora a pensar e aprender durante a realização dos experimentos de laboratório. A sua construção é baseada em uma perspectiva construtivista, pelo que a ordem em que ela é construída da conta de entender o progresso e a avaliação da estruturação do pensamento com respeito ao processo da aprendizagem durante o desenvolvimento de atividades experimentais.

Figura 28. Uve heurística



Fonte: Adaptação de Ortega *et al* (2005).

Para o desenvolvimento do experimento de laboratório foram organizados dois grupos. As UVE heurísticas construídas pelos PFIQ no processo estão no anexo 2. A análise foi feita considerando as subcategorias propostas (Quadro 13), de acordo com o ***Mundo dos objetos e eventos,*** que neste caso tem correspondência com a construção e produção do experimento da Dupla Fenda pelos PFIQ para compreenderem a natureza do comportamento das partículas e refletir sobre a questão de como construir o mundo microscópico.

Algumas orientações foram dadas para que os PFIQ realizassem o experimento, também foi buscada a identificação do que eles esperavam que acontecesse com o experimento. A ideia não foi fazê-los ver uma coisa não observável, mas ensinar os conceitos considerando sua natureza, pensando o mundo com teorias e construindo representações que modelem estas realidades. É importante ressaltar que, para isso ocorrer, é preciso um domínio conceitual que permita fazer realizável o mundo químico pelo menos se valendo de alguma estratégia didática, o que significaria que os PFIQ conseguem construir modelos mentais capazes de propiciar explicações e predições coincidentes com as teorias cientificamente aceitas.

A análise do processo procurou identificar se os PFIQ desenvolveram capacidades cognitivas como pensar, atuar e comunicar durante a realização do experimento. Pois, do modo como é proposto por Izquierdo-Aymerich (1995), o conhecimento, a experimentação e a linguagem interagem para transformar o pensamento e poder pensar sobre as possíveis formas de conhecer o mundo.

Dessa forma, ensinar a razoar seria uma condição ou competência que os PFIQ foram instigados a refletir, a tomar consciência de seus processos de aprendizagem; assim como a expressar seus argumentos incorporando em suas representações **o *Mundo das teorias e dos Modelos*** na construção de representações mentais. Tais representações constituíram o esquema da "Uve Heurística" produzido no consenso entre o PFIQ e o PP. Neste momento, esta estratégia foi utilizada como um meio para analisar a compreensão sobre a Ciência e a possível integração entre o saber científico e o saber cotidiano, mediante as representações mentais elaboradas como uma forma de poder intervir no mundo para poder explicá-lo e compreendê-lo.

Os PFIQ construíram duas "UVE Heurísticas", de acordo com os grupos de trabalho: grupo 1 (conformado por 4 PFIQ); e grupo 2 (conformado por 5 PFIQ). As subcategorias de análise são apresentadas a seguir.

A análise da Uve Heurística do Grupo 1 (Anexo 2):

1. *O Mundo dos Objetos e eventos* - a descrição do experimento é feito da seguinte forma: ao apontar o feixe de luz (laser) na parede sem a fenda, ele é identificado como um ponto na parede, mas quando o feixe é dirigido através da dupla fenda pode ser visto como a luz se difrata e forma vários pontos.
2. *O Mundo das Teorias e Modelos e Representações* - os fundamentos teóricos colocados pelo grupo de PFIQ na Uve foram: o comportamento da luz pode ser corpuscular (é partícula quando choca contra os objetos) e ondulatório (é uma onda quando se observa o fenômeno de interferência, seu estado pode ser descoberto mediante uma função de onda e sua posição mediante uma distribuição de probabilidade, princípio de Heisenberg).
3. *A Relação entre os dois Mundos* - uma análise da relação entre o experimento e o fundamento teórico adotado pelos PFIQ foi realizada considerando os seguintes elementos: *o problema, as hipóteses, a discussão dos resultados e as conclusões* formuladas. São assim descritos: o **problema** "*como identificar experimentalmente a diferença do comportamento corpuscular e ondulatório da matéria?*"; a **hipótese**: "a luz terá um comportamento corpuscular desde que esteja em contacto com a matéria"; **a discussão**: quando foi analisado o comportamento da luz através da fenda (de papel de alumínio) percebeu-se que a fenda faz com que a luz mude seu comportamento, já que a difrata ao fazê-la passar por vários meios, o que se vê (na parede) são vários pontos que provêm originalmente de uma fonte, estes pontos formam uma linha que permite evidenciar o comportamento de onda da luz; e as **conclusões**: o comportamento dos elétrons dos átomos depende do meio em que se encontra apresentando a dualidade e a trajetória dos elétrons é linear sempre e quando não haja uma interferência.

A análise da Uve Heurística do Grupo 2 (Anexo 2):

1. *O Mundo dos Objetos e eventos* - os PFIQ fazem referência ao experimento como o comportamento dual da matéria.
2. *O Mundo das Teorias Modelos e Representações* - são adotados os fundamentos de dualidade onda – partícula para explicar que a luz possui propriedades de partícula e propriedades ondulatórias. A partícula é definida como algo que ocupa um lugar no espaço e tem massa, e a onda se alonga no espaço caracterizando-se por ter uma velocidade definida e uma massa nula. Assim mesmo descrevem o movimento ondulatório como o movimento descrito pelo corpo quando percorre uma trajetória em cada tempo determinado.
3. *A Relação entre os dois Mundos* - o problema, as hipóteses, a discussão dos resultados e as conclusões formuladas por eles são descritos a seguir: o **problema "***como diferenciar e relacionar o caráter corpuscular e ondulatório da matéria experimentalmente?*" A hipótese formulada: "*a trajetória do feixe do laser será afetada pelo obstáculo, no caso a fenda, sofrendo difração que é um fenômeno característico das ondas*" e "*só em condições especiais as ondas eletromagnéticas se comportam como matéria ao interagir com ela do contrário terão comportamento ondulatório*"; a **discussão** elaborada foi a seguinte: "*ainda que as ondas eletromagnéticas estejam compostas por partículas sem carga e massivas chamadas fótons, estas podem interagir com a matéria para assim dizer que elas têm comportamento corpuscular, mas, o que o experimento mostrou foi uma variação de trajetória de ondas e de partículas, só pode ser estabelecida uma relação energética já que as duas podem ser consideradas formas de transmitir energia de um ponto a outro, uma associada com o transporte de matéria e a outra com a propagação da onda*"; e **a conclusão:** as radiações eletromagnéticas como a luz têm um comportamento ondulatório porque se propagam como ondas e sofrem fenômenos como difração, reflexão e refração etc., e tem comportamento corpuscular porque, em determinadas condições, interagem com a matéria comportando-se como ela.

A partir das análises das "Uve heurística" do Grupo 1 e do Grupo 2, nota-se que as construções elaboradas pelos PFIQ sobre o experimento se fundamentaram na dualidade onda partícula e nas propriedades eletromagnéticas da luz. Tal construção teórica foi feita mesmo que o intuito da realização da experiência do fenômeno da Dupla fenda tenha sido o de fornecer subsídios teóricos e empíricos sobre a construção do mundo microscópico, a manipulação do fenômeno favoreceu a construção de suas próprias representações.

Deste modo, como foi colocado no problema formulado por cada um dos grupos sobre como identificar e relacionar o caráter corpuscular e ondulatório da matéria experimentalmente, as explicações construídas corresponderam às interpretações de tipo clássico, cujas descrições do comportamento das partículas são assumidas como um corpúsculo (Grupos 1 e 2) que ocupa um lugar e contém massa. Tal apreciação sobre a definição de uma partícula é contrária à definição proposta por Bachelard (2001, p. 58), para o autor o corpúsculo "não é um pequeno corpo. O corpúsculo não é um fragmento de substância. Não tem propriedades propriamente substanciais. Ao formular a noção de átomo, a Química teórica já despojava o átomo de muitas das propriedades retidas pela experiência comum". Definido assim, o corpúsculo só existe no espaço em que ele atua (ibid). Pelo que, correlativamente, se não se pode atribuir dimensões ao corpúsculo também não podemos lhe atribuir uma forma, ou, dito de outra forma, "significa que o corpúsculo não tem geometria" (p. 65). Mas, se não pode ser atribuída uma forma determinada, também não pode ser atribuído um lugar preciso, o que é coerente com o princípio de incerteza formulado por Heisenberg.

As explicações dadas ao fenômeno pelos PFIQ indicam que eles pensaram o mundo com teorias e estabeleceram relações com o mundo dos objetos para elaborar uma representação sobre o fenômeno. No entanto, esta representação continua se referindo ao mundo macroscópico, pois aparecem alguns obstáculos mentais que lhes impedem de explicar a partir do mundo microscópico. Isto foi evidenciado no conceito de partícula como um corpúsculo entendido como um pequeno pedaço de espaço, sendo que este tipo de representação "coisifica" o corpúsculo (BACHELARD, 2001), ou seja, lhe dá o caráter de coisa com toda a carga e excesso de imagem que uma "coisa" tem.

Para superar este obstáculo deve-se pensar em algo assim como a coisa *"não - coisa",* isto é, uma coisa que se singulariza por propriedades que nunca são as propriedades das coisas comuns (GRECA, MOREIRA; HERSCOVITZ, 2001)

Deste modo, pode-se então inferir que pensar o *Mundo das Teorias, Modelos e Representações* para explicar o *Mundo dos objetos e eventos* é complexo e muito abstrato, sobretudo quando não se introduzem conceitualizações próprias do mundo microscópico. Sendo assim, os PFIQ continuam adotando explicações de tipo clássico para fazer interpretações do mundo quântico, isto poderia estar relacionado com a falta de fundamentos teóricos que permitiria a eles operar no mundo, para elaborar explicações partindo de raciocínios anti-intuitivos. De igual forma, a ausência de práticas experimentais que trabalhem este tipo de fenômenos que lhes permitam manipular e predizer sobre estes comportamentos evidencia as dificuldades vivenciadas pelos PFIQ para explicar tal fenômeno.

As explicações sobre o fenômeno para o Grupo 1 se baseiam no comportamento particulado da luz e seu comportamento ondulatório, característico das ondas eletromagnéticas. A explicação que eles oferecem sobre os pontos visualizados na parede é justificada pela interferência na trajetória dos elétrons ao passar pela fenda e às propriedades como a reflexão, difração e refração da luz. No caso do Grupo 2, os PFIQ explicam o fenômeno valendo-se do conceito de difração devido à presença da fenda que faz com que a luz mude seu comportamento, já que a difrata ao fazê-la passar por vários meios. Então, no primeiro grupo, é o conceito de interferência que produz tal efeito de visualização, mas para o segundo grupo é a interação da luz com a matéria que provoca a difração.

O que pode ser analisado nas explicações dos PFIQ é que o fato de eles assumirem a partícula como uma entidade clássica, dificulta a possibilidade de construírem uma interpretação envolvendo conceitos quânticos, razão pela qual explicam a linha de pontos (visualizados na parede) formados pelo feixe do laser, como um fenômeno óptico de difração provocada por uma mudança na trajetória de uma partícula determinada. A intuição normal diz que o fóton irá atravessar ou uma ou outra fenda como uma partícula, e atingir a parede como partícula. Entretanto, qualquer fóton solitário atravessa ambas as fendas como onda e cria um padrão de onda que interfere com ele mesmo, sendo ainda

mais complexo poder explicar o fóton, ele é então detectado como partícula na parede. Então, o que determina tal comportamento da luz do laser, uma hora como partícula e outra como uma onda?

A respeito disso, os PFIQ citaram a dualidade onda partícula como um dos fundamentos teóricos para explicar o que aconteceu. Mas eles não conseguiram se aproximar da discussão dos aspectos corpusculares e ondulatórios da matéria como propriedades complementares, ou seja, o sistema quântico pode exibir aspectos corpusculares ou aspectos ondulatórios dependendo do arranjo experimental, mas não ambos ao mesmo tempo.

Em decorrência das propriedades da matéria, não é possível montar um dispositivo experimental em que os dois aspectos possam ser revelados ao mesmo tempo. Pela mesma razão eles não consideram em seus raciocínios o conceito de superposição das ondas luminosas quando, ao passar por ambas as fendas, as ondas se interferem criando um padrão de interferência de faixas claras e escuras na parede. No caso dos objetos quânticos, a soma dos estados produzidos pela interferência não pode ser reduzida a um único estado, há probabilidades de encontrar qual é o comportamento possível, mas só continua sendo uma probabilidade e chegar a saber o que sucede realmente na experiência pode ser considerado uma incógnita.

Com relação ao conceito de interferência, ele é considerado pelos PFIQ como um obstáculo ao se considerar que o comportamento do feixe está ligado a uma mudança na trajetória da partícula e não como uma superposição de duas ou mais ondas num mesmo ponto. Esta superposição pode ter um caráter de aniquilação, quando as fases não são as mesmas (interferência destrutiva) ou pode ter um caráter de reforço quando as fases combinam (interferência construtiva).

Cabe aclarar que a simulação do experimento realizado com os PFIQ sobre o comportamento microscópico mediante o uso do laser funciona como um análogo do experimento realizado por Young. Portanto, uma análise baseada no experimento histórico da Dupla Fenda feito segundo Bastos e Siqueira (1993) pode ser interpretada a partir das seguintes perspectivas, ainda que eles adotem a perspectiva do Realismo dualista objetivo:

1. *Realismo não dualista do tipo corpuscular:* as partículas passam por uma das duas fendas, pois eles não conseguem passar simultaneamente pelas duas fendas ao mesmo tempo sendo que sua propriedade pontual de corpúsculo não o permite. Este parece ser em princípio o pensamento intuitivo dos PFIQ.
2. *O não realismo dualista:* baseado na exclusão mútua, constituído pelo princípio de complementaridade (Escola de Copenhagen) na qual se usa tanto a imagem/conceito – corpúsculo, quanto à imagem/conceito ondulatório. Sob o argumento de que vivemos em um mundo clássico e são essas as imagens que nós, como seres macroscópicos, podemos compreender. Além disso, essas imagens conceituais devem ser preservadas a fim de que possamos fazer a correspondência entre os mundos clássico e quântico. Esta correspondência foi mantida pelos PFIQ quando se referem à trajetória, o corpúsculo e a interferência – estes conceitos são utilizados para explicar um comportamento microscópico, não obstante a compreensão disso seja desde o mundo macroscópico. Esta escola nega que tenha sentido falar de uma realidade ontológica dos objetos quânticos, enquanto sobre eles não se efetue uma medida. Deste modo é o ato de medida que cria a realidade de uma partícula ao passar por uma ou por outra fenda. A exclusão dá-se no sentido de que experimentos que revelem o aspecto ondulatório excluem o aspecto corpuscular e vice-versa. E adota-se a ideia de que não existem ondas de matéria e ondas eletromagnéticas, há ondas matemáticas cujo quadrado mostra a distribuição da probabilidade.
3. *Realismo dualista objetivo:* os objetos quânticos existem realmente independentes do ato de medida e contêm ao mesmo tempo ambos os aspectos – o corpuscular e o ondulatório. Assim, os objetos quânticos são compostos de uma partícula localizada e uma onda extensa, ambos realmente existem. A adoção desta perspectiva permite tornar completamente inteligíveis e compreensíveis todos os aspectos do experimento da dupla fenda, e não no contexto de uma lógica distributiva. É realista enquanto que a partícula como ente pontual só poderá passar por uma das duas fendas e enquanto onda como um extenso poderá passar pelas duas fendas. A dualidade é uma propriedade objetiva do objeto quântico em qualquer instante, mesmo nos casos em que a dualidade não seja manifesta. Desse modo, ainda que as

duas ondas sejam absorvidas, necessariamente um remanescente de onda deverá acompanhar o corpúsculo. Então se pode afirmar que um corpúsculo sempre está associado a uma onda. Por isto não se trata de complementaridade, se trata de uma propriedade de dualidade (onda - partícula) da matéria, e;

4. *Realismo do tipo ondulatório:* as partículas são objetos reais, são supostas entidades ondulatórias. Isto corresponde com o modelo ondulatório proposto por Schrödinger.

Levando em consideração a proposta dos autores sobre o experimento, pode-se afirmar que os PFIQ apresentam dificuldades para elaborar tais abstrações. Assim, baseando-se em Bachelard (1996), tais dificuldades seriam causadas pela própria característica da formação do pensamento científico que passa por um estado concreto, cuja primeira representação é a geométrica, fundada em um realismo ingênuo que permanece ligado ao aparente. Uma análise geral das interpretações expressas mediante os esquemas da "Uve heurística", mostrou que os PFIQ elaboraram Representações sintático Formais (Nível 3), pois levam em conta características físicas observáveis e não observáveis de entidades ou de processos, cujas interpretações subjazem de descrições para atribuir de significado as suas representações. Embora as semelhanças se baseiem somente nas características superficiais e subjetivas, eles conseguem explicar entidades não perceptuais para fazer uma interpretação particular da matéria.

Segundo Suárez (2007), a construção das representações está dada por uma criação de símbolos que dependem de nosso aparelho sensorial e conceitual. Esta relação não guarda uma relação idêntica com o objeto representado. Este foi um obstáculo apresentado pelos PFIQ quando realizaram o experimento da Dupla Fenda e ao serem questionados sobre o que aconteceria manifestando que não esperavam o resultado obtido. Isto pode ser percebido nas falas do seguinte fragmento da filmagem em que eles tentam explicar o experimento:

> PP: *o que vocês esperavam que acontecesse quando o laser foi apontado?*
> PFIQ9: *nós esperávamos que se formassem duas fendas na parede, mas além de se formarem, se formou como uma linha que passava perpendicular.*
> PP: *esperavas essa linha?*
> PFIQ9: *não esperava, quando apareceu ummm não esperava.*
> PP: *muito interessante isto, que mais vocês dizem?*

> PFIQ1: *não, pois de fato a gente não vê nenhuma linha em primeira medida, senão depois de várias vezes quando a gente expande a visão e se olha várias vezes ... então, como que consegue ver a linha*
> PP: *muito bem ... que outra coisa viram quando estavam lá no experimento?*

As explicações elaboradas coadunam com o fato de que as representações do mundo físico não podem ser outra coisa a mais do que símbolos e signos naturais que designamos para as coisas e que aprendemos como usar para regular nossos movimentos e ações.

Durante a atividade de tipo experimental realizada junto com os PFIQ, observou-se que a construção do conhecimento escolar deu-se mediante a interação entre os participantes e as atividades propostas, favorecendo o intercâmbio e negociação coletiva dos significados que foram internalizados em cada sujeito concretamente para poder dar significado e reconstruir suas próprias representações. Isto foi evidenciado na construção do esquema da "Uve heurística", o qual permitiu acompanhar o desenvolvimento das capacidades cognitivas já que eles deviam pensar, atuar e comunicar suas ideias para interagir com seus colegas com o objetivo de explicar o fenômeno da Dupla Fenda e também no processo de análise do que tinha acontecido. Isso pode ser inferido das explicações dadas pelos PFIQ no intuito de reconstruir suas ideais com ajuda da PP, como se percebe no seguinte fragmento:

> PP: *Pois então, a primeira ideia quando vocês entraram lá, todos diziam... é o que pode ver são as duas fendas iluminadas, a ideia já está preconcebida por que? [...]Porém, quando eu perguntei de novo ... tem certeza do que estão observando?[...] vocês (referindo-se aos PFIQ) responderam não... nesse momento perceberam uma outra coisa ...o quê?*
> PFIQ2: *Isso seria como um despertar da consciência, ou seja, a gente sabe que tem algo ali, mas, tem que passar a avaliá-lo [,..]. assim avaliar a linha que tínhamos visto,...a nova....buscando fugir da preconcepção de que iam aparecer refletidas as duas fendas e a partir do observado começar a pensar que tem mais lá do que as duas fendas que queríamos ver.*
> PP: *Então qual foi a falha na predição feita?*
> PFIQ9: *pois creio que foi pelo comportamento microscópico das partículas que nós não podemos ver, por isso não podemos predizer seu comportamento.*
> PFIQ5: *Sim, [...] para nós é muito mais difícil predizer o comportamento da luz, porque não podemos ver como os elétrons estão viajando [...] para dizer aonde é que ele está.*

Pode-se observar que as explicações dos PFIQ recorrem a suas estruturas conceituais, evidenciando-se confusões sobre entidades – conceitos como partículas, fótons, elétrons, luz, já que, para eles, estas entidades tem o mesmo comportamento, note-se isto na fala do PFIQ5.

Na necessidade de encontrar um significado para o que aconteceu no experimento, o PFIQ1 explora outros elementos e dota de significado a experiência realizada ao transpô-la ao campo profissional e ver sua potencialidade no ensino, isto pode ser inferido da seguinte fala:

> PFIQ1: *bom eu digo que é um experimento interessante, para fazer com estudantes da escola porque eles não têm um conceito prévio, porque digamos, nós já temos a ideia do que acontece com objetos macroscópicos, um estudante não [...] por isso é que nós antes do experimento já pensávamos aonde é que ia apontar e procuramos comprová-lo controlando o laser para demonstrar nossa ideia.*

Nessa fala é possível inferir que o PFIQ1 consegue transpor o que aconteceu, em uma situação em que ele estaria realizando o processo de ensino. Ele busca articular seu saber com o saber fazer para refletir sobre como este tipo de experiências o ajudaria a ensinar determinadas teorias e modelos. Isso também pode significar que existe a intenção de querer fundamentar sua prática, mediante os recursos teóricos que ele entende como apropriados para ensinar e que ele é capaz de relacionar devido à vivência obtida na experiência, o que lhe proporciona argumentos baseados em pressupostos teóricos e empíricos que podem guiar seu trabalho docente em sala de aula.

Tal situação é coerente com o proposto por Greca, Moreira e Herscovitz (2001), quando as autoras afirmam que é precisso adotar estratégias didáticas que facilitem a formação dos (novos) núcleos que direcionam a visualização dos fenômenos; ou seja, ajudar os estudantes a incorporar significativamente os conceitos e as ideias que devem estar nos núcleos dos modelos mentais adequados para a compreensão da Teoria Quântica.

A confrontação das ideias entre PP e PFIQ e a troca de ideias geradas na experiência mostraram-se favorecedores no momento de construir as teorias, modelos e representações. Ainda que as primeiras ideias tenham começado com raciocínios baseados no pensamento concreto ligado à experiência do perceptível, no transcorrer dos discursos eles foram entendendo que existe outra lógica que envolve outra maneira de perceber os fenômenos microscópicos, diferente da lógica do comportamento macroscópico.

Talvez isto lhes tenha permitido construir novas explicações incorporando conceitos da Teoria Quântica como o de interferência, superposição e dualidade onda partícula. Isto pode ser analisado mediante a troca e negociação das ideias e de sentidos que elas tomam na medida em que as explicações conduzem à elaboração de raciocínios que os mesmos PFIQ dotam de significado para entender o que acontece. O seguinte fragmento contêm as falas dos participantes acerca desta construção:

> PP: *então [...] o que vocês fizeram foi analisar um comportamento microscópico mediante um análogo com o comportamento macroscópico?[...] Então o que acontece quando eu pretendo ver os objetos micro como se fossem macroscópicos? Como foi o caso do feixe do laser que passou quando o feixe foi apontado sobre as duas fendas e vocês observaram na parede uma linha de pontos?*
> PFIQ6: *pois o feixe de luz se difrata [...] vão das ondas em um mesmo feixe e digamos, ao chocar contra as fendas e contra as paredes das fendas, é por isso que o feixe se difrata, por isso é que se olham vários pontos como em uma linha.*
> PP: *sim... poderia ser uma explicação...que opinam vocês*.
> PFIQ7: *Eu vi o fenômeno não como o comportamento de partículas, pois a luz é uma onda eletromagnética, então para mim foi um comportamento ondulatório.*
> PP: *então as explicações de PFIQ6 são como partícula e a explicação de PFIQ7 geraram explicações como onda, é isso*?
> PFIQ9*: sim ao analisarmos em parte como onda então quando passa pelas duas fendas se difrata e as ondas formadas se chocam e se começam a sobrepor e formam vários pontos.*
> PP: *então gente, o experimento mostrou essa propriedade de como toda partícula tem associada uma onda, isso pode ser explicado como a dualidade onda partícula*.

O processo desencadeado durante a construção de explicações pode ser visto mediante as contribuições dadas por cada um dos participantes e pelo papel mediador da PP, atento ao resgate das ideias elaboradas pelos PFIQ visando articulá-las. Este processo é semelhante ao proposto por Maldaner e Basso (2010, p. 341):

> [...] passa-se do real dado ao real produzido em uma relação que pode ser caracterizada de dialógica (o real dado consegue ser modificado pelo real produzido e vice-versa), mediada por interações entre os sujeitos, os objetos do conhecimento e o contexto no qual se encontra inserida a produção de novas formas de significar e pensar o mundo.

O processo anterior, o passo do real dado ao real construído feito pelos PFIQ durante a reconstrução do experimento para dotá-lo de significado, pode ser caracterizado

no Nível 5 de Representação como Construção Reflexiva (Quadro 5), já que são construídas múltiplas representações para explicar relações entre as propriedades físicas, as entidades e os processos subjacentes do fenômeno, ainda que na elaboração dos argumentos do porquê uma representação particular é mais apropriada que outra, os PFIQ passam por distintos níveis de abstração.

Assim, num momento alguns deles adotam explicações que, segundo Bastos e Siqueira (1993), correspondem a um realismo não dualista de tipo corpuscular, por outro lado, outros adotam o realismo de tipo ondulatório até construir, em coletivo e mediante consensos com seus colegas e o PP, uma concepção realista dualista com tendências ao objetivo, mas ainda não percebem indícios de explicações não objetivas.

A Teoria Quântica é considerada iconoclástica de tal modo que construir representações que deem conta desta teoria resulta contraditório. De qualquer modo, essa é, até agora, a única forma que temos para acessar o mundo mediante as representações que fazemos dele. Embora isto não signifique que exista só uma forma de pensar as teorias, modelos e representações, pois, a concepção da natureza epistemológica e ontológica que é construída pelos sujeitos deve possibilitar considerar construções que sejam divergentes em suas explicações para um mesmo fenômeno, o que daria opção para assumir posturas ontológicas e epistemológicas mais pluralistas.

5.2.2.2 Análise do ensaio elaborado pelos PFIQ sobre os contextos Científico, Histórico, Político e Social da Teoria Quântica.

Com a intenção de explorar outros fundamentos em torno da construção do conhecimento científico, para além do Científico, os PFIQ elaboraram um ensaio abordando o significado que deram para a construção da Teoria Quântica. Tal ensaio permitiu também analisar as representações construídas por eles para suas conceitualizações, baseando-se na Concepção Semântica.

Tal concepção sustenta como dupla estratégia a superação do antigo pensamento antagônico entre o uso de formalismo e a contextualização dos estudos históricos da Ciência usando como subsídios as Teorias como construções que considerem a representação Modelo-Teórica como um componente básico de sua identidade. Relacionada não somente a elementos semânticos e sintáticos, mas também atendendo a

concepções pragmáticas que pretendem representar aspectos diacrônicos e sincrônicos da ciência proporcionados pela História da Ciência.

Sendo assim, são analisados alguns fragmentos dos ensaios elaborados pelos PFIQ em que se apresentam os argumentos científicos, sociais, culturais, políticos, entre outros, que destacam como relevantes na construção da Teoria Quântica. São avaliados quatro ensaios elaborados pelos PFIQ (Anexo 6, CD adjunto).

Em geral, quase todos os PFIQ procuraram fazer uma reconstrução da Teoria Quântica utilizando elementos históricos. Além disso, alguns deles, como o PFIQ1, refletem sobre o papel do conhecimento científico como uma forma de tornar o homem mais poderoso e sobre a forma como estão envolvidos outros argumentos do tipo moral e ético que fazem com que o cientista seja enxergado como um ser humano que deve lidar com interesses de diferentes tipos (social, político, econômico e moral) e que suas escolhas têm repercussão na sua própria vida e também na vida da humanidade:

> PFIQ1: *a Quântica tem tido grande protagonismo não só em controvérsias entre filósofos - cientistas, mas também em âmbitos sociais, como foi visto no projeto Manhattan para a criação da bomba atômica durante a segunda guerra mundial, apesar de que muitos cientistas tivessem muitos familiares de origem judia viram-se obrigados a tomar partido da situação. No entanto o projeto Manhattan foi dirigido pelos Estados Unidos e, a Alemanha nazista também estava procurando criar armas nucleares para superar os americanos, durante esta guerra viu-se uma luta de poderes, já que algum dos lados acabou criando as armas nucleares.*

Em outro argumento utilizado pelo mesmo PFIQ1 se identifica o significado que ele atribui à evolução científica e às consequências que podem ter as decisões e ações do cientista. Isto pode ser analisado no seguinte fragmento do seu ensaio:

> PFIQ1*: [...] mas também o conhecimento pode ser contraproducente quando a finalidade do mesmo se centra na busca de poder e quando a moral e a ética são influenciadas. É aí quando o cientista deve escolher entre sua ciência e sua moralidade [...] neste sentido a evolução científica tem uma responsabilidade social.*

Estes argumentos permitem identificar o processo de formação do professor a partir do pressuposto defendido nesta pesquisa, ou seja, de que o professor precisa *saber ciência* e *saber o que é a ciência*. E, então, não é preciso somente saber Química, mas, além disso, é necessário saber que ela é uma ciência cujo processo de construção de suas teorias e modelos atende a determinadas práticas científicas e em contextos específicos, que

envolvem concepções sobre o que é a ciência e o papel que ela cumpre na humanidade. A este respeito, o PFIQ3 coloca o seguinte raciocínio:

> PFIQ3*: para entender a teoria quântica deveríamos contextualizar de uma maneira prática a qual permitiríamos conhecer o contexto histórico, político e social, nos permitindo entender o que viviam os cientistas nesse momento*.

O argumento do PFIQ3 enfatiza e passa a formular uma concepção que justifica a ideia de que a formação de professores deve ter um componente Pedagógico no qual pesem saberes relacionados à História e à Filosofia da Ciência, o que pode ser entendido como a necessidade de contextualizar o Conhecimento Científico de modo que ele seja compreensível e interessante para quem aprende. Segundo Solbes e Traver (2001), são esses saberes que podem auxiliar o professor no ensino da Ciência e no melhoramento das concepções sobre a Ciência e nas práticas voltadas para a Educação Científica na Escola.

O PFIQ4 busca fazer uma construção da Teoria Quântica trazendo elementos do contexto da vida do cientista sem desligá-los de seu trabalho como cientista. Então se percebe que ele compreende o papel do cientista como ser humano ao fazer uma contextualização de seu papel como cientista e, ao mesmo tempo, enxergá-lo como o homem pai de família, esposo, amigo, com as dificuldades e problemas que tiveram que superar na época. Isto pode ser notado no seguinte fragmento:

> PFIQ4: [...] *grande quantidade de cientistas tiveram que fugir da Alemanha quando Hitler assumiu o poder, já que foi criada uma lei que dizia que todas as pessoas que não fossem de raça pura não podiam ocupar cargos públicos [...] por isto é que Planck buscou ajudar os cientistas exilados para que lhes permitissem pesquisar, mas a resposta do Hitler foi uma negação a isso [...] Planck foi vitima de muitas tragédias pessoais, ficou viúvo com quatro filhos, seu filho mais velho morreu em combate na primeira guerra mundial, sua filhas morreram em parto, seu filho mais novo morreu porque foi acusado de atentar contra a vida de Hitler.*

No entanto, embora no ensaio do PFIQ5 é dada uma prioridade às construções sobre os aportes teóricos que cada um dos cientistas deu na construção de uma teoria que permitisse explicar o comportamento microscópico das substâncias, o papel do contexto é pouco explorado por ele. No seguinte fragmento, nota-se um interesse em compreender estas teorizações:

> PFIQ5: *A Teoria Quântica tem surgido como um avanço para explicar as leis da natureza e seu comportamento, em que seu desenvolvimento tem sido por novas pesquisas para explicar novos fenômenos [...] seu desenvolvimento vem há vários anos, ainda que Pitágoras tenha sido o primeiro que começou a trabalhar com a quantificação utilizando as frequências das cordas, parte-se de uma explicação macro nesse caso.*

Portanto, entende-se importante considerar a articulação dos fundamentos filosóficos e do conhecimento pedagógico do conteúdo como uma condição necessária na formação do professor, contudo, levando em consideração que isto não seja suficiente para que o professor desenvolva em sala de aula uma atitude próxima a sua convicção sobre o que há de pensar e saber sobre o conhecimento científico.

5.2.3 Análise da Terceira e Quarta Partes do Curso: Sobre a Proposta de Ensino dos PFIQ

No presente item é trazida a análise do processo de elaboração da proposta de aula realizada pelos PFIQ. Nesta fase, a PP orientou e acompanhou o trabalho: na inserção na Instituição Escolar, na coordenação e na execução das atividades desenvolvidas pelos PFIQ, o que permitiu indagar sobre a construção e reconstrução das representações científicas tendo como base o conceito de Modelo-teórico. A análise centra-se no "saber" e no "saber como" os futuros docentes se desenvolvem no campo experiencial ao compreender e transformar o conhecimento para poder comunicá-lo, mediante formas de expressão e de representação, na construção e realização de uma proposta de Ensino da Química para estudantes de Ensino Médio de uma Escola Pública.

Segundo Izquierdo (2010), o objetivo do ensino é desenvolver competências nos estudantes para que as ciências que aprendem contribuam para torná-los capazes de agir como cidadãos. No entanto, para que os estudantes encontrem sentido no que aprendem é preciso elaborar uma aula ambiciosa, comprometida em estabelecer a trama entre a linguagem, as representações teóricas e a prática. Portanto, para a construção da proposta de Ensino da Química foi considerado o pressuposto de que não é tão útil ensinar a repetir e manipular enunciados compactos (por exemplo, a Teoria Quântica), mas sim promover o poder pensar em fatos-chave que considerem esses conhecimentos.

Durante os seminários trabalhados e as discussões das primeiras etapas do curso ministrado buscou-se levar os PFIQ a se questionarem sobre quais Teorias, Modelos e

Representações sustenta uma Ciência como a Química. Assim como que tipo de explicações prevalece nos seus discursos ao se referir ao comportamento das substâncias. Sendo assim, eles perceberam que seus argumentos se baseavam em descrições, formulações, uso de algoritmos e de outros tipos de linguagens que, no fundo, não contribuíam em quase nada na compreensão da natureza da Química. Por exemplo, no experimento da Dupla Fenda, eles perceberam, inicialmente, que seus raciocínios ficavam em explicações de tipo descritivo e perceptivo e manifestavam dificuldade para construir explicações fora dessa realidade que já conheciam.

Refletindo sobre essas dificuldades, os PFIQ se interessaram por construir propostas de ensino que superassem em parte a distância entre os fenômenos científicos, a realidade (mundo dos objetos e eventos químicos) e que contemplassem o conhecimento quotidiano dos estudantes, com o intuito de encontrar ligações entre o mundo Microscópico e o mundo Macroscópico entendendo-os como de naturezas distintas e que dão conta de comportamentos diferentes.

Atendendo a essa complexidade e analisando os aspectos: o que ensinar, Como e para que ensinar, os PFIQ pensaram em fatos-chave que permitissem aos estudantes de Ensino Médio desenvolver habilidades de pensamento, ação e comunicação para poder elaborar suas próprias explicações. Os fatos-chave, nesse sentido, dariam conta do Mundo dos objetos e eventos que estão relacionados com o Mundo das Teorias e dos Modelos que explicam esses Fenômenos Científicos. Isto seria feito mediante a introdução de recursos como analogias, experimentos, textos, etc., que permitissem o estabelecimento da relação entre os dois Mundos, o que pudessem favorecer a compreensão e promoção das competências científicas dos estudantes.

Os fatos chave trabalhados pelos PFIQ nas propostas de ensino foram: as bombas atômicas/luminescência/como brilha a natureza? /Os efeitos da heroína/Aurora Boreal. -Tais fatos foram reconstruídos teoricamente (isto é, fusão e fissão nuclear/ modelos atômicos/ absorção e emissão de luz/neurotransmissores/ absorção e emissão de luz), visando permitir o estabelecimento de um sentindo análogo com o mundo que nos rodeia mediante a construção de representações científicas que relacionam os dois mundos, como apresentado no Quadro 20.

Quadro 20. Temáticas ensinadas pelos PFIQ em sala de aula.

Fatos-Chave *Mundo dos Objetos e Eventos*	**Teorias Científicas** *Mundo das Teorias e Modelos*	**Representações Construídas** *Relação entre os dois Mundos*
Bombas atômicas	Fusão e fissão	Simulador de partículas
Luminescência	Modelos atômicos	Analogias
Como brilha a natureza?	Fluorescência	Experimento da Fluorescência
Os efeitos da heroína	Neurotransmissores	Conto/Historieta
Auroras Boreais	Absorção e emissão de luz	Representações visuais

Fonte: Crédito da Pesquisadora, 2012

5.2.3.1 A mobilização do saber e saber fazer na construção do CPC e das Representações Científicas dos PFIQ

A busca pela compreensão sobre como os PFIQ pensam, compreendem, apropriam e interagem com o conhecimento científico e como se deu a articulação entre o "saber" e o "saber fazer" foi feita a partir da análise da proposta de aula dos PFIQ. Também foi foco de preocupação a questão de como esses saberes se transformam em uma amálgama que se consolida na construção do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo e quais foram as representações construídas pelos PFIQ ao atingirem a relação teoria-prática evidenciada na experiência de ensino realizada por eles. Para analisar esse processo foram elaboradas as categorias que são apresentadas no Quadro 21.

Quadro 21. Categorias da análise do CPC e a relação T-P dos PFIQ

O saber e saber fazer na formação inicial de professores de Química			
Categorias de Análise			
CPC/ReCo/	Instrumento de análise	Relação T-P	Instrumento de análise
Domínios de conhecimento dos PFI: 1. Do Conteúdo específico, 2. Do Pedagógico geral 3. Do Contexto **Manifestações do CPC na prática do Professor**: 1. Representação do conteúdo, 2. Estratégias de tópicos específicos.	Planejamento de aula Artigo	1. Considerar a experiência profissional. 2. Partir de problemas práticos. 3. Apresentar a teoria por meio de casos práticos. 4. Favorecer a tomada de consciência e a reflexão dos participantes.	Entrevista

Fonte: Crédito da Pesquisadora, 2012

O estudo do "saber" e o "saber-fazer" dos PFIQ foi feito mediante as categorias do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (CPC) e de Representação do Conteúdo (ReCo) baseando-se nos ***domínios*** do conhecimento e nas ***manifestações*** do CPC do professor na prática (ROLLNICK *et al*, 2008 e CARVALHO; GIL PEREZ, 2003).

Os ***domínios*** do conhecimento dos PFIQ foram caracterizados a partir:

1. Do conhecimento da matéria ensinada /ou conteúdo específico de domínio dos PFIQ; no âmbito da disciplina que está sob a responsabilidade do professor e envolve a competência relativa à natureza e aos significados do conhecimento, ao desenvolvimento histórico das ideias, aos diferentes modos de relacionar os conceitos e os princípios básicos da disciplina e às concepções e crenças que os sustentam e os legitimam. Esse conhecimento também faz referência à inclusão da Filosofia da Ciência como fundamento teórico que orientou as concepções dos PFIQ sobre o saber da Ciência e sobre a Ciência o qual influencia a forma como é realizado o processo de ensino. O que permitiu avaliar se eles pensam o mundo com teorias e modelos e como isso é representado.
2. Do conhecimento pedagógico da matéria centrado no conhecimento que é objeto de ensino e de aprendizagem; vai do conhecimento do conteúdo da matéria que se

ensina para a dimensão do ensino propriamente dito, o qual compreende os procedimentos didáticos, as atividades, os exemplos, as explicações, as situações problema, as explanações e demonstrações, em síntese, é o caminho de representação e formulação de um conteúdo. Para torná-lo acessível a outros (SHULMAN, 1986), o professor então deve ter um repertório de formas alternativas de representação. Segundo Borges (2004, p. 71), algumas dessas formas derivam da pesquisa no campo da Educação em Ciências, enquanto outras têm origem na própria experiência, ou na "sabedoria que emerge da prática", cuja definição pode ser igualada à perspectiva "filosófica da sabedoria". Envolve também o entendimento de como proceder para ensinar em relação a tópicos específicos ou gerais e a forma de como intervir perante as preconcepções e/ou concepções que os estudantes trazem para a sala de aula.

3. Da contextualização do conhecimento, trazido como um elemento a ser analisado nas propostas dos PFIQ, já que é ele que caracteriza o tipo de processo que foi conveniente desenvolver na visão dos PFIQ e em quais condições. Razão pela qual foi relevante ver como os PFIQ partiam do contexto para situar sua proposta de ensino procurando envolver o estudante, considerando a sua vivência e sua quotidianidade.

As ***manifestações*** do CPC foram utilizadas para entender como a representação do conteúdo é vinculada a outros domínios quando os PFIQ trabalham em sala de aula no desenvolvimento de uma experiência de ensino de Química. Assim, procurou se determinar qual conhecimento foi levado em consideração pelos professores em formação, quando pensaram no processo educativo e refletiram sobre as intenções que mobilizaram seus saberes para determinar: *os métodos de ensino, a organização, a gestão e a forma com que utilizaram a representação do conteúdo* (mediante o repertório de exemplos, analogias, demonstrações, explanações, metáforas e modelos sobre o conhecimento científico); isto para transformar os conteúdos disciplinares em formas representativas que lhes permitiram ensinar, avaliar e refletir sobre novas compreensões de seu saber e saber fazer em sala de aula.

Desse modo os ***domínios*** do conhecimento do professor e as ***manifestações*** do CPC foram os elementos analisados nos artigos (CD adjunto) elaborados pelos PFIQ, uma vez que se constituem no registro e trazem os fundamentos de todo o planejamento do trabalho e a experiência de aula desenvolvida com os Estudantes de Ensino Médio de uma escola da periferia.

Além disso, foi realizada uma aproximação à escola para conhecer seu funcionamento em sua dinâmica para que os PFIQ participassem do contexto da experiência buscando incorporá-los ao ambiente da escola, gerando um clima que fosse propício para o desenvolvimento das propostas. Para tanto, inicialmente foi feita uma apresentação prévia aos estudantes sobre o trabalho que seria realizado e, também, uma reunião com os professores e coordenadores para envolvê-los na experiência. Sendo assim, constitui-se um ambiente adequado para a interação dos PFIQ com os estudantes em sala de aula. Cabe ressaltar que os estudantes têm contato com professores em formação inicial de outras universidades, o que de alguma forma, indica que eles estão familiarizados com experiências que envolvem pessoas diferentes dos professores da instituição.

A seguir, é apresentada a análise dos artigos com as propostas de ensino. Tal análise foi delimitada aos cinco PFIQ enfatizados até então, sendo que cada uma representa um grupo a qual pertencem os cinco professores que vem sendo analisados.

a) Análise da Proposta do grupo do PFIQ1: os neurotransmissores

O artigo foi a ferramenta utilizada para recolher a experiência do desenvolvimento da proposta de ensino realizada pelos PFIQ. O artigo do grupo do PFIQ1 foi intitulado: "*Neurotransmissores e os efeitos da heroína: uma proposta para o ensino da Química*". A análise do presente texto levou em consideração os seguintes elementos: Os Conteúdos específicos, o Conhecimento Pedagógico da Matéria e o Contexto (Quadro 22). Tal enfoque visou permitir relacionar a observação das práticas dos PFIQ aos seus domínios de conhecimento, para analisar qual CPC foi levado em consideração na articulação do processo de ensino e na construção e reconstrução das Representações Científicas.

Quadro 22. Domínios do CPC do grupo do PFIQ1 na sua proposta de ensino

Título do artigo: neurotransmissores e os efeitos da heroína uma proposta para o ensino da Química.			
DOMÍNIOS			
PFIQ 1	Conteúdos específicos	Conhecimento Pedagógico da Matéria	Contexto
"O SABER E SABER FAZER"	Foram abordados os conceitos de átomo, molécula e substância química. "*Conhecer, a partir da perspectiva dos estudantes de Ensino Médio, como eles concebem o mundo visível ou invisível."* "*Os neurotransmissores e sua importância no corpo humano aplicando-os à vida quotidiana".*	A forma em que foi pensado, transformado e trabalhado o conteúdo em sala aula parte da abordagem de uma problemática social e sobre o uso e abuso de uma droga como a heroína. Para contextualizar a proposta de ensino foi elaborada uma História intitulada "***PLACERES PERIGOSOS"*** (encontra-se no CD) que relacionava a problemática das drogas com os conteúdos específicos, o que se constituiu no fio condutor para desenvolver o trabalho com os estudantes.	Conhecer as ideias alternativas dos estudantes mediante atividades introdutórias para identificar o que os estudantes sabem sobre os textos das substâncias psicoativas. Aborda temas do contexto da população estudantil obtendo a atenção dos mesmos já que são situações conhecidas por eles.

Fonte: Crédito da Pesquisadora, 2012

As **manifestações do CPC** no trabalho do PFIQ1 correspondem à representação do conteúdo, à ênfase no currículo, à avaliação das estratégias de tópicos específicos. A análise tomou como referência as atividades realizadas, como elas foram conduzidas e avaliadas em sala de aula. O Quadro 23 foi construído descrevendo o processo desenvolvido (o Quadro 23 foi tomado tal qual foi apresentado pelo PFIQ no artigo que se encontra no CD adjunto a este documento).

A forma como foram organizadas, desenvolvidas e avaliadas as atividades (Quadro 20) mostra que o grupo do PFIQ1 leva em consideração os mesmos domínios do CPC colocados no Quadro 19. Dessa forma, as manifestações do CPC também permitiram evidenciar o repertório de representações construídas, até mesmo na História "Placeres Peligrosos" que relata a situação de uma adolescente que se envolve no mundo das drogas. Durante a leitura da história em sala de aula, os estudantes permaneceram interessados na temática e o grupo de PFIQ1 conseguiu conduzir a aula, introduzindo conceitos, teorias e modelos que ajudaram os estudantes a compreender como funciona uma droga no organismo, como processos e substâncias que não podemos ver agem no cérebro provocando problemas de dependência.

Quadro 23. Atividades propostas pelo grupo do PFIQ 1 no artigo apresentado[3]

Seções	ATIVIDADES PROPOSTAS	OBSERVAÇÕES DAS RESPOSTAS DOS ESTUDANTES
1	**Oficina introdutória Anexo n°1**	Evidencia-se que grande parte dos estudantes conhece várias substâncias psicoativas, mas geralmente a maioria associa seus efeitos ao sistema digestivo e ao sistema respiratório, nas suas representações concebem o mundo do ponto de vista macro; foram muito poucos os estudantes que desenharam um neurônio. A maioria se concentrou na descrição de sensações de um viciado e em sua aparência física, isso dando conta de sua visão macroscópica do fenômeno.
	Tarefa 1 "Placeres Peligrosos"	Começam a associar as mudanças de condutas e sensações de um consumidor de substâncias com o conceito de neurônio, porém ainda não concebem a ideia do que é um neurotransmissor, segue-se partindo das falências, enquanto a concepção do fenômeno é colocada somente do ponto de vista físico, ou seja, desde os danos e deterioração que as drogas causam no organismo, mas não do ponto de vista da importância dos aspectos químico-bioquímico e suas reações, que é o que tem maior importância dentro do estudo da respectiva temática.
2	**Oficina de reconhecimento dos conceitos Anexo n° 3**	Existem muitas lacunas com relação aos conceitos relacionados com o átomo, elétron, substância química, molécula, composto químico. As definições dos estudantes não são claras, ainda que apresentem algum tipo de conhecimento sobre estes aspectos.
	Tarefa 2 Anexo 4	Das poucas tarefas que foram elaboradas, começa a ser vista uma evolução com relação ao reconhecimento do que é um neurotransmissor e as diferenças entre átomos, molécula, elétron, devido a que, na sessão anterior, foram esclarecidos estes conhecimentos e agora se deram conta de uma forma clara desta aprendizagem.

Fonte: Artigo elaborado pelo grupo do PFIQ1, 2012

Desse modo, os estudantes passaram a explicar o fenômeno não só a partir de efeitos que são observáveis, mas também construíram representações do processo inobservável, acerca de como reagem as substâncias no organismo. Isso foi explicado e avaliado pelo PFIQ1 mediante a tarefa 1, trazido no Quadro 20.

A compreensão do conhecimento escolar por parte dos PFIQ envolveu a construção de Representações Científicas que foram articuladas numa proposta de ensino que se fundamentou no seu saber e no saber como fazer na sala de aula. Deste modo, a análise de

[3] Para facilitar a leitura foi feita uma tradução do espanhol para o português o mais próximo possível do texto original, isto será feito para os demais também. Mas, de qualquer forma, o texto original encontra-se em anexo no CD.

como o PFIQ1 relaciona estes saberes foi analisada mediante os seguintes critérios que puderam ser inferidos ao longo do processo:

1. O Mundo dos Objetos e Eventos: A proposta baseia-se numa forma de ensinar focando-se na problemática social do abuso das drogas em uma população de adolescentes, isso com a finalidade de ensinar o que ocorre no organismo quando se usa este tipo de sustâncias; o problema foi abordado a partir de diferentes contextos, entre eles a necessidade de começar a entender como se concebe o mundo a partir do ponto de vista microscópico.
2. Mundo Teorias/Modelos e Representações: no modelo proposto pelo grupo do PFIQ1 buscou-se um fenômeno da realidade para explicar a Química pertencente ao mundo microscópico. A forma como se ensinou a temática foi indispensável e decisória ao momento de avaliar os conhecimentos adquiridos por parte dos estudantes, de fato uma proposta didática desse tipo permite que o ensino seja mais bem focado e mais agradável para ambas as partes (professor - estudantes), pois se torna mais difícil ensinar um fenômeno do mundo microscópico sem alguma ferramenta que facilite sua compreensão e interesse.
3. Relação entre os dois Mundos: construíram-se analogias para estabelecer uma relação de semelhança entre objetos de naturezas distintas, dito de outra maneira, uma comparação entre os objetos, os conceitos e as experiências com a realidade; isto para que os estudantes entendessem o conceito de neurotransmissores e suas implicações e conseguissem começar a inferir e a predizer usando as representações construídas, tais como a do neurotransmissor, considerando como se comporta quando uma pessoa consome drogas. Sendo assim, foi estudado o efeito da droga heroína no processo de sinapses dos neurônios e as implicações e mudanças que provocam na pessoa que consome estas substâncias. Também foram trabalhados modelos icônicos, isto é, modelos que ofereciam uma representação pictórica do objeto (CHAMIZO, 2009) – neste caso, modelos gráficos do comportamento do cérebro sob a influência destas substâncias. (ver, por exemplo, Figura 1 do artigo elaborado).

b) Análise da proposta do grupo do PFIQ2: a luminescência

O artigo da proposta de ensino realizada pelo PFIQ2 foi intitulado: "*O ensino dos modelos atômicos mediante o fenômeno da luminescência"*. Os Conteúdos específicos, Conhecimento Pedagógico da Matéria e o Contexto que eles construíram em sua proposta encontram-se no Quadro 24.

Quadro 24. Domínios do CPC do grupo do PFIQ2 na sua proposta de ensino

Título do artigo: O ensino dos modelos atômicos mediante o fenômeno da luminescência			
DOMÍNIOS DO PFIQ2			
	Conteúdos específicos	Conhecimento Pedagógico da Matéria	Contexto
"O SABER E SABER FAZER"	-Familiarizar os estudantes com as teorias e modelos atuais sobre a constituição e funcionamento da dinâmica do átomo em geral. -Objetivo foi aprofundar em temáticas próprias do fenômeno de "luminescência" que possibilitará a construção de um marco conceitual baseado em representações e modelos fundamentados na Teoria Quântica.	- Resgatam a importância de ensinar a Química *"baseados em teorias de vanguarda, suscetíveis a mudanças e que não se encaixem em representações únicas e abstratas e que incluam a teoria necessária para atingir uma compreensão atômica multi-representativa".* A compreensão do fenômeno da luminescência se deu mediante diversas formas de contraste modelo-realidade usando uma "analogia construída" para mostrar tal contraste e aproximar os estudantes da realidade usando o "**Homero Simpson**" na analogia, pois ele é do contexto cotidiano.	A proposta parte do conhecimento das ideias alternativas dos estudantes, mediante atividades introdutórias, para identificar o que eles sabem sobre o fenômeno a ser ensinado. Recorrem a situações do contexto dos estudantes, usam exemplos e de desenhos animados para interessar o estudante na temática.

Fonte: Crédito da Pesquisadora, 2012

As **manifestações** do CPC do PFIQ2 correspondem à representação do conteúdo, a ênfase no currículo, a avaliação e as estratégias de tópicos específicos. Para a análise se considerou o Quadro 25 construído pelo PFIQ2 ao descrever as atividades realizadas e como elas foram conduzidas e avaliadas.

Quadro 25. Atividades propostas pelo grupo do PFIQ2 no artigo apresentado

Atividades	Descrição
Documento de identificação de ideias prévias	A intenção principal da sessão inicial foi identificar as ideias prévias dos estudantes em torno dos modelos atômicos.
Socialização e identificação dos modelos atômicos dos estudantes	Em seguida, se socializaram as respostas dos estudantes dando ênfase na identificação de diversos modelos propostos na atividade, assim como às diferenças na concepção de átomo.
Exposição dos modelos atômicos.	Logo, na exposição a cargo dos professores em formação, foram apresentados ao grupo a evolução dos modelos atômicos, a importância histórica de cada um.
Apresentação do texto *¿Cómo brilla la naturaleza?*	Os estudantes formaram grupos de quatro pessoas para ler o texto *¿Cómo brilla la naturaleza? (*Anexo 1 do artigo) que abordava as temáticas em torno do contexto histórico e sociológico, principalmente ao fazer menção à luz emitida pelos vaga-lumes, e outros organismos que emitem luz.
Introdução à transição eletrônica	Depois disso, responderam perguntas referentes ao vocabulário do texto, com a finalidade de atingir uma compreensão mais ampla e unificada do texto sem aprofundar na explicação dos conceitos químicos presentes. Em seguida, um dos professores explica a transição eletrônica como tema indispensável no entendimento do fenômeno a partir do modelo de Bohr e apoiando-se na simbologia utilizada para expressar a distribuição eletrônica nos átomos. Esta atividade é reforçada ou complementada através de analogias usando o Homero Simpson.

Fonte: Artigo elaborado pelo grupo do PFIQ2 (CD adjunto). O quadro foi traduzido do espanhol para o português.

A organização das atividades desenvolvidas e avaliadas pelo grupo do PFIQ2 (Quadro 25) permitiu identificar os ***domínios*** do CPC (Quadro 24), e das ***manifestações*** do CPC permitindo evidenciar o repertório de representações construídas, assim como a **"Analogia de Homero Simpson"** que visou promover o interesse dos estudantes na temática. Do mesmo modo, a proposta de aula permitiu avaliar como o PFIQ2 incorporou a seu saber os conceitos, teorias, modelos e como estes deram lugar à construção das Representações Científicas em sala de aula com os estudantes. Uma análise dessa construção foi feita a partir de:

1. O Mundo dos Objetos e Eventos: O fenômeno da luminescência foi explicado baseado na absorção e emissão de energia, adotando o modelo de Bohr, considerado como pré-quântico pelo grupo do PFIQ2, ainda que se fale de orbitais o efeito da luminescência é explicado pelos saltos dos elétrons.
2. Mundo das Teorias / Modelos e Representações: O fenômeno da luminescência é explicado pelo PFIQ2 mediante transições eletrônicas, recorrendo ao modelo atômico de Bohr, ele justifica sua explicação dizendo:

> *"Para mover um elétron de um orbital de baixa energia a um orbital de maior energia é necessário cobrir essa diferença energética com um aporte externo, é quase como levar um corpo de um lugar baixo a um lugar com certa altura, com a diferença de que levando em conta que isto ocorre a escala atômica, essa diferença de energia entre orbitais encontra-se quantizada. Para cada tipo de átomo a diferença de energia entre os dados orbitais é constante e os elétrons podem se mover entre esses orbitais unicamente ganhando ou perdendo essa quantidade fixa de energia."*

3. Relação entre os dois Mundos: a transição eletrônica foi recorrente no entendimento do fenômeno, o que foi concretizado mediante uma analogia construída usando a Homero Simpson, a relação estabelecida é mostrada no Quadro 26.

Quadro 26. Analogía construida "Un hotel y su huésped"

OBJETO DE ENTENDIMENTO	**IMAGEM ANÁLOGA**
Elétron	Homem (Homero Simpson)
Energía	Vestuário
Átomo	Hotel Iriarte
Orbitais	Quartos de hotel

Fonte: Artigo elaborado pelo PFIQ2 (CD anexo)

A atividade mencionada consistiu em fazer analogias entre o hotel e seu hóspede com um átomo e seus elétrons, dependendo da quantidade de roupa, Homero pode ou não ingressar em determinados lugares no hotel, desse modo haverá momentos em que ele tira a roupa para ir à piscina ou precisa de roupa para ir ao teatro, a quantidade de roupa indica a energia quantizada em forma de luz e o passo de um lugar a outro explica as transições entre orbitais atômicos.

c) Análise da proposta do grupo do PFIQ3: Auroras Boreais

A Proposta de Ensino realizada pelo grupo do PFIQ3 foi intitulada no artigo como: "*Auroras boreais um fenômeno interessante para o ensino da Química*". Os Conteúdos específicos, Conhecimento Pedagógico da Matéria e o Contexto foram proposta (Quadro 27).

Quadro 27. Domínios do CPC do grupo do PFIQ3 na proposta de ensino

Título do artigo: Auroras boreais um fenômeno interessante para o ensino da Química			
DOMÍNIOS DO PFIQ3			
	Conteúdos específicos	Conhecimento Pedagógico da Matéria	Contexto
"O SABER E SABER FAZER"	O objeto de ensino abordado para explicar os conceitos químicos como átomo, elemento, composto, íons, molécula, elétron, próton e nêutron foi o fenômeno de "Auroras Boreais".	Para explicar a temática os PFIQ afirmam que se basearam no modelo construtivista, em que o ensino não é uma simples transmissão de conhecimentos, é então uma mudança na organização de métodos de apoio que permitam aos alunos construir seu próprio saber. Os conceitos foram sendo incorporados na medida em que permitiram aos estudantes relacionar o fenômeno partindo dos modelos atômicos para explicar a formação das Auroras Boreais a partir da emissão e da absorção atômica, explicando a emissão de uma luz característica dos elementos químicos nitrogênio e oxigênio, que produzem o fenômeno. Com isto, os estudantes desenvolviam a capacidade de relacionar e identificar um comportamento macroscópico a partir do microscópico.	A proposta parte de conhecer as ideias alternativas dos estudantes mediante atividades introdutórias para identificar o que eles sabem sobre o fenômeno a ensinar. Vale-se de desenhos e gráficos para mostrar como acontece o fenômeno que eles têm visto, mas que não sabiam como acontecia.

Fonte: Crédito da Pesquisadora, 2012

Com relação às **manifestações** do CPC do PFIQ3 foram tomados como critérios de análise a representação do conteúdo, a ênfase no currículo, a avaliação e as estratégias de tópicos específicos, apreciados nas atividades construídas por ele. Com respeito a isso se percebeu dificuldade para abordar a temática quanto à construção do repertório de representações para explicar o fenômeno, pois, para representar e trabalhar com os estudantes as auroras boreais somente foram trazidas imagens gráficas e visuais. A

contextualização do tema e a relação com a quotidianidade não foram explorados nas atividades propostas. Infere-se que a falta de conhecimento sobre a temática influiu de maneira limitante na construção do repertório de representações, isto é, o saber limitado do professor restringiu seu saber fazer, reduzindo as possibilidades de poder transformar os conteúdos em distintas formas de ensinar o conhecimento para poder interagir com os estudantes em sala de aula.

A organização das atividades desenvolvidas pelo PFIQ3 para abordar o ensino dos conceitos, teorias, modelos e como estes deram lugar à construção das Representações Científicas em sala de aula com os estudantes foi analisada a partir da estruturação do conhecimento levado em consideração pelos PFIQ para trabalharem em sala de aula. A compreensão de tal construção levou em conta os seguintes critérios:

1. O Mundo dos Objetos e Eventos: O fenômeno das auroras boreais foi explicado pelo PFIQ3 baseando-se na absorção e emissão de energia, adotando o modelo de Bohr e o efeito fotoelétrico.
2. Mundo das Teorias / Modelos e Representações: o fenômeno é explicado mediante a representação da absorção e emissão de energia e como ela interage com determinadas substâncias na atmosfera terrestre.
3. A relação entre os dois Mundos: foram utilizadas representações de imagens que mostraram o vento solar viajando através do espaço, passando pela Terra e interagindo com o campo magnético. Desse modo, a interação dos elétrons do vento com as moléculas do nitrogênio e do oxigênio, conteúdos da ionosfera produzem o fenômeno da aurora boreal, o qual é típico dos polos geográficos do planeta Terra.

O grupo do PFIQ3 avaliou o processo de aprendizagem dos estudantes de Ensino Médio mediante uma atividade que solicitava dos estudantes explicar o fenômeno das auroras boreais, isto como uma forma para verificar o que tinham aprendido. O resultado de tal avaliação mostrou que os estudantes reproduziram o fenômeno baseados nas imagens utilizadas pelo professor, fato que não garante que eles tivessem compreensão de como ele acontece.

d) Análise da proposta do grupo do PFIQ4: Bombas atômicas

O grupo do PFIQ4 apresentou a Proposta de Ensino no artigo intitulado: "Implementação de uma proposta de ensino sobre fissão e bombas atômicas para estudantes de Ensino Médio". Os Conteúdos específicos, Conhecimento Pedagógico da Matéria e o Contexto que eles construíram em sua proposta encontram-se no Quadro 28.

Quadro 28. Domínios do CPC dos PFIQ4 na proposta de ensino

Título do artigo: Implementação de uma proposta de ensino sobre fissão e bombas atômicas para estudantes de Ensino Médio			
DOMÍNIOS DO PFIQ4			
	Conteúdos específicos	Conhecimento Pedagógico da Matéria	Contexto
"O SABER E SABER FAZER"	Pretendeu-se explicar o processo de fissão aplicado ao funcionamento das bombas atômicas e reatores nucleares, utilizando fundamentos quânticos para compreender o comportamento de uma substância química como o urânio 235, fonte de construção das bombas atômicas. A intenção de abordar temáticas que não se encontram no currículo por suas implicações científicas e sociais que tiveram no mundo.	A Química tem de contribuir para a alfabetização científica dos cidadãos; é sua capacidade de explicar fenômenos como a fissão nuclear. No trabalho realizado com os estudantes foram trabalhados modelos mediante analogias de forma que permitiram aos estudantes evidenciar o fenômeno a nível microscópico. As analogias são representações dos modelos que tratam de mostrar de uma forma real e entendível os fenômenos, os processos que evidenciam o comportamento da fissão das bombas atômicas e os reatores nucleares. Foi apresentado mediante um simulador como ocorre em uma reação em cadeia. Além disso, foram trabalhados o contexto histórico da segunda guerra mundial, o projeto Urânio, o projeto Manhattan e uma atividade na qual os alunos tinham que representar gráfica ou textualmente o processo de fissão.	O tema das "bombas atômicas" causou curiosidade por parte dos Estudantes, o que fez que se interessassem em saber como funcionavam e que efeitos podiam causar. Foram exploradas as implicações sociais das bombas atômicas no mundo, não só na produção de energias alternativas, mas, também, como interesses bélicos, por exemplo: o Projeto Urânio e o Projeto Manhattan e os prejuízos para o ser humano, doenças e mortes, danos ambientais.

Fonte: Crédito da Pesquisadora, 2012

Para a identificação das **manifestações** do CPC do PFIQ4, em suas atividades foram consideradas a representação do conteúdo, a ênfase no currículo, a avaliação e as estratégias de tópicos específicos. Assim, por exemplo, o domínio do CPC do PFIQ4, lhe

permitiu incorporar aspectos históricos sobre a bomba atômica, com o intuito de contextualizar a temática procurando o interesse dos estudantes, de igual modo o uso de analogias empregando um simulador de partículas de Urânio 235.

Tais estratégias geraram curiosidade nos estudantes, ainda que se tenha percebido que o uso das analogias gerou nos estudantes a ideia de que o mundo nuclear funciona tal qual como foi apresentado na analogia, pois, quando foi solicitado aos estudantes que representassem gráfica ou textualmente o processo de fissão, eles desenharam a pistola que dispara núcleos de partículas como foi apresentada na analogia do simulador de partículas. Porém PFIQ4 menciona que teve de explicar para os estudantes que não existem tais pistolas na realidade e que essa foi uma forma de representar o que ocorria dentro de um reator durante uma reação de fissão nuclear.

A organização das atividades desenvolvidas pelo PFIQ4 para abordar o ensino dos conceitos, teorias, modelos e como estes deram lugar à construção das Representações Científicas em sala de aula com os estudantes foi analisado considerando como eles abordaram os seguintes fundamentos:

1. O Mundo dos Objetos e Eventos: refere-se ao ensino do fenômeno da fissão nuclear mediante a explicação de que é uma e como funcionam as bombas atômicas.
2. Mundo das Teorias / Modelos e Representações: o PFIQ4 menciona no artigo que foram trabalhados os modelos "nucleares fenomenológicos" úteis para entender algumas das características nucleares, como o Modelo da gota líquida proposto por Bohr que trata os núcleos como se fossem moléculas contidas numa gota líquida que interagem entre si experimentando colisões. O Modelo de fissão nuclear é entendido como a divisão do núcleo em diversos fragmentos com uma massa quase igual à metade da massa original com um resíduo de dois ou três nêutrons. A reação em cadeia se refere a um processo em que os nêutrons liberados na fissão produzem uma fissão adicional em pelo menos um núcleo a mais produzindo outras cisões. No final, o modelo que eles adotaram para explicar aos estudantes foi o de fissão nuclear e reação em cadeia.
3. A relação entre os dois Mundos: o processo de fissão nuclear foi explicado mediante um programa de simulação nuclear (Nuclear Fission 3.24), baseado no modelo de fissão nuclear. A ideia foi usar este simulador como uma analogia para

mostrar o que acontece quando uma pistola que dispara núcleos de partículas bombardeia o núcleo do urânio 235, isso para tentar mostrar de uma forma real e entendível o processo que evidencia o comportamento do fenômeno.

Outra situação que dá conta do CPC do PFIQ4 é a avaliação que ele faz de uma atividade em que os estudantes desenham o que eles entendem por bomba atômica e como funciona. A este respeito, o citado professor, ao avaliar as ideias presentes nos desenhos dos estudantes, explica da seguinte forma:

> "*ainda que os estudantes colocassem mísseis e outras figuras, nenhuma se aproximou ao que são na realidade esses artefatos, além disso, quando explicavam seu funcionamento, eram conscientes de que se gerava uma explosão, mas não tinham claro como se produzia, muito menos que era um fenômeno exclusivo do núcleo de um átomo. […] os desenhos foram associados com bombas e explosões mostradas nos desenhos animados, vídeo jogos, em um deles ele é parecido com uma usina de energia nuclear mostrada nos "Simpson". Outro estudante elaborou o dispositivo de ativação de uma bomba de TNT que é comum nos desenhos animados "Looney tunes". E em outra figura se mostra um míssil que representa a bomba atômica que está dirigida a uma cidade, isso indica que o estudante conhece que função tem uma bomba atômica e suas implicações ao ser usada como uma arma de destruição massiva".* (Tomado do artigo PFIQ4, CD anexo).

Neste fragmento pode se observar que o PFIQ4 explora outros contextos além do científico para entender como pensam os estudantes e, a partir do que eles sabem sobre a temática, poder interagir com eles, procurando entender como funcionam os raciocínios dos estudantes ao abordar estes conceitos. De igual modo, pode notar-se que o grupo do PFIQ4 recorre a diversas atividades para representar o comportamento microscópico do núcleo do átomo, o que favoreceu a construção de distintos tipos de representações e significados, sem invalidar o que os estudantes têm construído de forma idiossincrática.

e) Análise da proposta do grupo do PFIQ5: Bioluminescência

O grupo do PFIQ5 construiu uma de Proposta de Ensino intitulada: **"***Como brilha a natureza? Uma proposta didática para o ensino da Química"*. Os Conteúdos específicos, Conhecimento Pedagógico da Matéria e o Contexto que eles construíram a proposta encontram-se no seguinte Quadro 29.

Quadro 29. Domínios do CPC do grupo do PFIQ5 na proposta de ensino

Título do artigo: "Como brilha a natureza? Uma proposta didática para o ensino da Química".			
DOMÍNIOS DO PFIQ5			
	Conteúdos específicos	Conhecimento Pedagógico da Matéria	Contexto
"O SABER E SABER FAZER"	A finalidade da proposta foi explicar o fenômeno da bioluminescência, a partir da quimiluminescência, usando fundamentos quânticos para explicar propriedades como a emissão de luz do vagalume. Exploraram-se os conceitos sobre substância química, átomo e reações químicas.	O objetivo foi permitir o conhecimento pelos estudantes de Educação Média sobre a absorção e emissão de luz, tendo em conta os modelos atômicos explicados em atividades didáticas que enfatizaram o contexto científico escolar em que se desenvolvem os estudantes. Aplicou-se uma atividade introdutória com a finalidade de determinar as ideias sobre o átomo e o fenômeno da bioluminescência dos estudantes e para indagar sobre o que eles sabiam dos animais que emitem luz. Depois foram trabalhadas atividades relacionadas com os diversos tipos de reações que geram absorção e emissão de luz e finalmente uma experiência de laboratório para entender, mediante uma reação química, como as substâncias podem produzir ou emitir luz.	Foi levado em consideração o contexto dos estudantes para propor o ensino dos conceitos químicos mediante um fenômeno conhecido para eles: como é e o porquê o vagalume emite luz? Procurando assim uma forma de dar uma explicação Química e sua relação com determinadas propriedades das substâncias em certos organismos vivos.

Fonte: Crédito da Pesquisadora, 2012

Com relação às **manifestações** do CPC do PFIQ5 foram levados em consideração na análise a representação do conteúdo, a ênfase no currículo, a avaliação e as estratégias de tópicos específicos, os quais foram apreciados nas atividades construídas por ele. Assim, por exemplo, o domínio do CPC do PFIQ5, incorporou em suas explicações a relação da temática com a biotecnologia e a bioquímica do vagalume. Também foram trazidos exemplos sobre o mecanismo que explica a fluorescência de algumas substâncias que são usadas em outros campos como a medicina, o meio ambiente, o controle de qualidade de alguns produtos para detectar a quantidade de microrganismos e em perícias de criminalística. Isto mostrou não só o domínio do conteúdo, mas também como a articulação entre o saber e saber fazer gerado em sala auxilia o professor no ensino da Química e isso reflete no processo de aprendizagem dos estudantes.

O que pode ser notado em um dos estudantes da escola que foi entrevistado ao final da experiência ao ser perguntado sobre o que ele achou do trabalho realizado:

> *"[...] Achei importante este tema, não sabia nada do porquê o vagalume se ilumina dessa forma, agora já entendo o que é a luminescência, a fluorescência e a fosforescência e graças a esta atividade já posso explicar melhor quais são as reações que passam no fenômeno [...]".*

A organização das atividades desenvolvidas pelo PFIQ5 para abordar o ensino dos conceitos, teorias, modelos e como estes deram lugar à construção das Representações Científicas em sala de aula com os estudantes, foi analisado considerando os seguintes fundamentos:

1. Mundo dos Objetos e Eventos: A bioluminescência considerada como um fenômeno que consiste na emissão de luz por parte dos organismos viventes tais como algumas bactérias e o vagalume. A quimiluminescência foi explicada como uma reação química que pode ou não acontecer no interior de um organismo para produzir luz quando o oxigênio do ar entra pelo aparato respiratório do organismo e entra em contato com a luciferina, oxidando-a, ajudado por mecanismos enzimáticos dando origem à produção de energia em forma de luz.
2. Mundo das Teorias / Modelos e Representações: o PFIQ5 recorre ao modelo de Bohr para explicar a absorção e emissão de luz, já que para Bohr o conceito de órbita é algo clássico. Mas sua ideia de estados eletrônicos e níveis de energia são conceitos quânticos, explicando assim que os elétrons ao redor do núcleo de um átomo se mantêm na mesma órbita porque não podiam irradiar energia, ocorrendo nos átomos transições energéticas (para se referir a essas transições Bohr utilizou o termo "Saltos", que ainda foi mal empregado).
3. A relação entre os dois Mundos: para explicar o processo de bioluminescência foi realizada uma experiência de laboratório com reações químicas entre algumas substâncias químicas para entender como funciona o mecanismo de produção de luz em um processo de quimiluminescência, para que, desse modo, os estudantes pudessem relacioná-lo com o processo bioquímico que acontece nos organismos vivos, como no exemplo do vagalume.

Um dos argumentos que o PFIQ5 resgata da experiência em sala de aula foi que é importante gerar um clima de confiança na aula para que os estudantes expressem suas ideias e que utilizar fenômenos como o citado fomentou o interesse deles para explicar um acontecimento como a luz produzida por um vagalume muitas vezes observado por eles, mas que não haviam pensado ainda sobre o porquê acontecia.

f) Uma análise de conjunto das propostas de ensino construídas pelos PFIQ

A respeito das propostas de ensino realizadas pelos PFIQ, foi interessante entender e analisar como foram sendo articulados os saberes que eles tinham construído e o preparo que tiveram para por em ação o saber e o saber fazer que se consolidou no momento em que interagiram com os estudantes em sala de aula. Assim, segundo Borges (2004, p. 68), os saberes dos docentes são:

> [...] "*plurais*" em função da pluralidade de saberes e de fontes das quais se originam; "*heterogêneos*" na medida em que reúnem saberes de naturezas completamente distintas, por exemplo, as competências, o saber ser, o saber fazer, as posturas e valores, assim como os saberes das ciências da educação e, ou, dos diferentes campos disciplinares de conhecimento; "*compostos*" porque comportam uma combinação variável de elementos, não somente diversificados, mas, seguidamente, contraditórios entre eles, por exemplo, dizem respeito ora saberes formais, precisos e determinados, de um lado, ora informais, imprecisos e de grande indeterminação, de outro; "*hierárquicos*", porque manifestam-se em diferentes níveis e de acordo com as exigências de cada situação; "*interativos e relacionais*", porque são produzidos nas diferentes interações que os professores estabelecem na realização de seu trabalho. Borges (2004, p. 68).

Desse modo, identificar um tipo de saber converte-se na caracterização de um conjunto de saberes que vão tomando forma na medida em que o professor em formação os incorpora e apropria. As expectativas geradas pelo grupo de professores para entrar em sala de aula, para saber o que iria acontecer e como eles iriam a abordar os estudantes e as temáticas de ensino colocaram em evidência seus domínios, mas também a falta deles. Assim, o grupo do PFIQ3 teve dificuldades na construção de um repertório de representações baseado nas teorias e modelos para ensinar o tema das auroras boreais. No caso do grupo do PFIQ4, o recurso das analogias construídas foi apropriado pelos

estudantes como se representasse a realidade mesma, razão pela qual os professores tiveram que retomar as explicações aclarando como acontece o fenômeno e usando problemas de lápis e papel.

Nas outras propostas foi visto, por exemplo, que a contextualização ajudou na compreensão e envolvimento do estudante com a temática, como aconteceu no grupo do PFIQ1 que conseguiu gerar interesse mediante a História construída "placeres peligrosos" para entender como funcionam as substâncias psicoativas no ser humano, tocando em aspectos de tipo social e de sua realidade o que motivou o interesse na temática. De igual forma, o grupo do PFIQ2 adotou desenhos animados para construir uma analogia para ensinar o tema da luminescência e o grupo do PFIQ5 utilizou um experimento para estabelecer relações entre o Mundo dos objetos e eventos e o Mundo às teorias e os modelos, fazendo com que os estudantes questionassem como acontecia o fenômeno da bioluminescência a partir de uma reação química.

Durante a Formação Inicial dos Professores manifestaram que poucas vezes se faziam questionamentos sobre a Ciência e acerca da construção de teorias e modelos são ausentes, criando concepções e noções sobre as entidades e modelos que se embasam em um acúmulo de conteúdos desconexos e sistematizados de forma memorística, com a crença de que a Ciência é real, isto é, eles existem tal qual foram passados na lousa em sala de aula, ou como foram trabalhados nos livros-texto e reforçados com práticas de laboratório que procuram a comprovação das teorias, deixando de lado razoamentos de tipo crítico e sem refletir sobre o que tornou possível a constituição do conhecimento químico, e como este esteve determinado pelo pensamento químico que caracterizou as práticas científicas de uma época específica.

Indo mais além, o papel do contexto histórico, social, político e cultural é pouco relevante na construção do conhecimento nas aulas que se baseiam em conteúdos disciplinares ou da "área dura", como são nomeados algumas vezes, razão pela qual acredita-se que todos esses fatores influem na construção do CPC que o futuro professor há de apropriar-se para poder desenvolver em sala de aula. Então deveria ser pensado: o que deve acontecer na formação do professor para que seja conformada essa amálgama de saberes que o professor deve possuir e que definitivamente seria uma mobilização de saberes; do saber, do saber fazer e do saber ser, para poder educar cientificamente a

população que precisa ser levada em consideração para poder decidir de forma informada sobre o que convém para sua vida e pode melhorar sua qualidade de vida?

Para finalizar este capítulo é necessária uma caracterização com respeito aos tipos de representações que foram construídas de forma geral na proposta pelos Professores analisados, é importante esclarecer que é apenas uma visão sobre como a experiência realizada em sala de aula e a articulação de seus saberes permite identificar alguns elementos que se tipificam em algum dos Níveis de Representação caracterizados no Quadro 5.

Assim, os professores PFIQ1 e PFIQ5: são caracterizados no Nível de Representação 5, pois são construídas múltiplas representações utilizadas para explicar relações entre as propriedades e não depende nem da semelhança com o objeto e nem da estrutura, senão aquelas que conservam a lógica baseada na relação entre uma categoria empírica e uma categoria simbólica. Isto pode ser análogo ao que propõe Van Fraassen (1980), existe uma correspondência entre as subestruturas empíricas e os fenômenos observáveis como critério construtivo da teoria. As representações são construídas sobre a base da integração de outras disciplinas e baseadas em diversos contextos, conseguindo ir de um campo de conhecimento para outro, retroalimentando a representação e ressignificando-a, o que poderia ser catalogado como uma postura Epistemologicamente Pluralista em coerência também com o Pluralismo Ontológico.

No caso dos professores PFIQ2 e PFIQ4, suas representações de forma geral correspondem ao Nível 4 Representações semântico – formal, já que utilizaram um sistema de símbolos para as entidades inobserváveis e para outro tipo de processos representados, baseando-se em regras sintáticas cujo significado subjaz da situação representada, representando entidades não perceptuais para fazer uma interpretação particular da matéria isto foi evidenciado nas analogias construídas para ensinar as temáticas, empregando uma linguagem verbal e visual e conservando sua estrutura em domínios teóricos e empíricos. Pensamentos com estas tendências podem ser considerados como Epistemologicamente Racionalistas e inclusive com traços de um pluralismo ontológico.

E finalmente, o PFIQ3 pode ser caracterizado no Nível 3 das representações sintático formais pois leva em conta características físicas observáveis e não observáveis de entidades ou de processos, cujas interpretações subjazem de descrições para atribuir

significado às representações. Embora as semelhanças se baseiem somente nas características superficiais e subjetivas, o que aconteceu no uso de imagens gráficas para ensinar a temática cuja representação de entidades não perceptuais foi recorrente para fazer uma interpretação particular da matéria. Nesse caso podem ser catalogados como Epistemologicamente realista-racionalista e Ontologicamente realista.

Foi apresentada aqui uma análise do processo de construção de uma proposta de ensino da Química elaborada pelos PFIQ. Uma reflexão sobre o trabalho realizado nos remete a pensar o que afirma Garcia (1999), o conhecimento do professor não se refere apenas às áreas do saber pedagógico (conhecimentos teóricos e conceituais), mas também a áreas do saber-fazer (esquemas práticos de ensino), assim como pelo saber o porquê (justificativa da prática). Ratificando o que Borges (2004) aponta acerca de que o saber dos professores é plural e heterogêneo uma classificação como a que foi feita só pretende caracterizar alguns aspectos que foram evidenciados na experiência realizada.

A relação Teoria-Prática, que também foi objeto desta análise, será tratada no capítulo seguinte, já que sua análise parte da caracterização dos discursos dos professores.

6. CAPÍTULO VI. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DAS INTERAÇÕES DISCURSIVAS DOS PFIQ

A fim de identificar nos discursos dos PFIQ como foram contextualizadas as representações científicas em sala de aula durante o processo de ensino dos fenômenos científicos escolhidos, foram selecionadas as aulas ministradas pelo PFIQ2 e o PFIQ5 que fizeram parte do mesmo grupo de trabalho. Desse modo, foram analisadas as filmagens da experiência que estes professores desenvolveram na escola.

A análise do processo de interação discursiva em sala de aula visou avaliar a construção e reconstrução das Representações Científicas baseados nos pressupostos trazidos por Martins *et al.* (1999). Na sua concepção para elaborar uma explicação científica se deve levar em consideração:

i. Como as representações das entidades e teorias das ciências são construídas no discurso; e,
ii. Como a linguagem verbal e não verbal das formas de expressão, ação, gestos, relações pessoais se integram em atos de comunicação. Isso significa repensar teorias de comunicação de forma a acomodar o fato de que entender ciências não é somente entender o significado de certas palavras, mas de objetos e eventos e suas ações no mundo real. Entendendo que uma explicação científica baseia-se nos fundamentos ontológicos das entidades envolvidas nos fenômenos a serem explicados. São as propriedades, tendências e os "poderes" dessas entidades que produzem os fenômenos. Dentro dessa perspectiva, explicações deixam de ser 'sentenças' deduzidas a partir de leis gerais, passando a adquirir um caráter de necessidade num determinado contexto (MARTINS *et al,* 1999).

O processo de interação discursiva dos professores em formação inicial foi analisado a partir de cada estrutura de participação expressa, pois foram consideradas as interações dos participantes, assim como as identidades de cada um durante o desenvolvimento das atividades de aula.

Foi construída uma categoria de análise denominada *construção epistêmica* – ela diz respeito ao movimento pelo qual o conhecimento é trabalhado ao longo das interações até

adquirir um acabamento final e constituir um enunciado. Esta categoria pode caracterizar um episódio, constituído pelos turnos de fala dos participantes da interação discursiva (Quadro 30). As aulas do PFIQ2 e PFIQ5 foram ministradas em conjunto e as temáticas ensinadas foram a "luminescência" e a "bioluminescência".

Quadro 30. Categoria: Construções epistêmicas analisadas nos discursos do grupo do PFIQ2 e PFIQ5

Categoria	**Subcategorias**	**Enunciados (turnos) das construções epistêmicas.**	**Nível de Representação.**
CONSTRUÇÕES EPISTÊMICAS	Mundo dos objetos e eventos	Corresponde à construção do fenômeno da "luminescência" e da "bioluminescência".	Representações como: **Nível 1**: imagem **Nível 2**: habilidade Simbólica **Nível 3**: sintático-formal **Nível 4**: semântico-formal **Nível 5**: construção reflexiva
	Mundo das teorias e modelos	Corresponderam à construção da Teoria atômica, os conceitos de emissão e de absorção para explicar o fenômeno.	
	Relação entre os dois mundos	Constituiu os elementos que possibilitam pensar sobre fenômenos, em particular, mediante o uso de analogias, experimentos, e outras atividades que foram construídas pelos PFIQ.	

Fonte: Crédito da Pesquisadora, 2012

Só foram apresentadas as análises do grupo dos PFIQ2 e PFIQ5, pois com eles foi possível fazer uma reconstrução de todo o processo mediante as filmagens. Nos outros casos existem só algumas aulas filmadas o que dificultou fazer uma reconstrução completa de como ocorreu toda a experiência na escola, porém as outras propostas foram analisadas mediante os artigos e a proposta elaborados pelos PFIQ.

O processo de transcrição da aula ministrada pelo grupo dos PFIQ2 e PFIQ5 (Apêndice 4) correspondeu ao Episódio 1 denominado "Indagação sobre os conceitos prévios e a construção da Teoria Atômica"**.** Neste episódio as interações dos participantes são consideradas entre os PFIQ e Estudantes de Ensino Médio da Escola. Cabe ressaltar que a este grupo pertencem também o PFIQB e PFIQC que não são analisados como sujeitos de pesquisa, porém, como eles fazem parte do grupo, são levados em consideração na construção dos discursos, para poder entender como foi realizada a interação dos

participantes na construção das Representações Científicas em sala de aula. Entretanto, os PFIQ2 e PFIQ5 continuam sendo o foco de análise da pesquisa.

Na primeira parte do **Episódio 1,** os PFIQ procuram indagar sobre as representações que os Estudantes possuíam sobre o conceito de átomo (Turno 01 até o turno 55). O que acontece entre o grupo de PFIQ e os estudantes tem a finalidade de reconstruir o conceito de átomo e ao mesmo tempo caracterizar as possíveis representações de acordo com os Modelos Atômicos conhecidos e analisar qual é a compreensão que os estudantes têm sobre isto. Isto é apresentado no Quadro 31:

Quadro 31. Análise do Episódio 1. Construção epistêmica dos PFIQ2 e PFIQ5 (Apêndice 4)

<table>
<tr><th colspan="4">Episódio 1: Indagação sobre os conceitos prévios e a construção da Teoria Atômica.</th></tr>
<tr><td colspan="2">Principais ideias: construção epistêmica. (enunciados) (turnos)</td><td>Operação Epistêmica</td><td>Nível de Representação</td></tr>
<tr><td>Turno 01 ao Turno 55.</td><td>Reconstruir o conceito de átomo e ao mesmo tempo caracterizar as possíveis representações de acordo com os Modelos Atômicos.</td><td rowspan="4">Mundo das Teorias/Modelos e Representações.</td><td rowspan="4">Nível 3
Representações sintáticas – formais.</td></tr>
<tr><td>(Turnos 02, 20 e 29)</td><td>Os modelos desenhados pelos Estudantes corresponderam respectivamente aos modelos Rutherford, Bohr e Thompson.</td></tr>
<tr><td>Turno 07</td><td>O Estudante N identifica as entidades que compõem o Modelo de Rutherford nos modelos desenhados ao dizer que o átomo tem elétrons, prótons, nêutrons e orbitais onde se encontram girando os elétrons.</td></tr>
<tr><td>Turno 20 ao 26</td><td>A Estudante M explica que no átomo de Bohr o núcleo tem os prótons e os nêutrons que tem carga positiva e são neutros e ao redor estão os orbitais que tem os elétrons com carga negativa.</td></tr>
</table>

Fonte: Crédito da Pesquisadora, 2012

Como é possível observar nas interações dos Estudantes durante a aula, os modelos que eles representaram mediante os desenhos (Turnos 02, 20 e 29) correspondem respectivamente aos Modelos de Rutherford, Bohr e Thompson (uma análise destas representações foi feita pelos PFIQ no artigo elaborado por eles no CD anexo). No entanto, a maioria desenhou o Modelo atômico de Rutherford (7 Estudantes de 17). Durante a aula,

o papel dos PFIQ foi de indagar o que os estudantes sabem sobre o átomo, por isso, em repetidas vezes perguntaram para os estudantes sobre outros modelos que conhecem e qual é o significado dessas representações para eles (Turno 15, 19, 21 e 23), como pode ser notado nas seguintes interações discursivas (Turno 23, 24, 25 e 26):

> *23 - PFIQ5: e você sabe o que é isso? [indicando no modelo desenhado] passa e explica para nós.*
> *24- Estudante M: [estudante diante da lousa apontando o átomo de Bohr desenhado], pois no núcleo estão os prótons e os nêutrons que tem carga positiva e são neutros e ao redor estão os orbitais que têm os elétrons com carga negativa.*
> *25- PFIQ5: Órbitas ou orbitais?*
> *26 - Estudante M: Orbitais... ou órbitas...?*

A explicação dada pelo estudante é questionada pelo PFIQ5 que indagou sobre o conceito de órbita e orbital, ainda que não se realizassem esclarecimentos sobre este aspecto. Para procurar conhecer qual é o significado de átomo para os estudantes o PFIQ5, com ajuda dos outros PFIQ, pergunta onde podem ser achados os átomos (turno 36 ao turno 52, Apêndice 4):

> *36 – PFIQ5: segundo o modelo que vocês têm, aonde acreditam que podemos encontrar os átomos?*
> *37 – Estudantes: [Todos respondem] em tudo.*
> *38 – PFIQ5: Ou seja, todos têm claro que o átomo está na matéria ... vocês acreditam que isto existe, que eu posso encontrá-lo assim [apontando o desenho do átomo de Rutherford na lousa]*
> *39 – Estudante N: Não*
> *40 – PFIQ5: Então, o que são?*
> *41 – Estudante N: Indivisíveis*
> *42 – PFIQ5: hummm*
> *43 – Estudante N: Isso é uma representação do átomo que é dada por cada um ... sim, uma definição própria.*
> *44 – PFIQ5: Ou seja, ninguém vê os átomos?*
> *45 – Estudante L: Eu não.*
> *46 – PFIQB: então, o que é um átomo? Como o concebemos?*
> *47 – PFIQA: Você, o que pensa que é um átomo? Fale, não importa.*
> *48 – Estudante T: é uma massa que se move por meio de prótons e nêutrons.*
> *49 – Estudante F: Que é a menor unidade da matéria*
> *50 – Estudante S: é uma partícula microscópica que forma uma substância.*
> *51 – Estudante N: é um objeto microscópico que conforma as coisas ao nosso redor.*
> *52 – Estudante G: Eu penso que é uma partícula microscópica que tem cargas positivas e neutras que conformam a massa atômica.*

Nesse processo de construção das representações, os Estudantes e os PFIQ usam diferentes linguagens para poderem se comunicar e para expressar suas ideias, transformando seus pensamentos e elaborando outras formas de pensar a respeito do que é o átomo. Assim, o fato de por o pensamento em ação para construir uma representação do que é um átomo e a troca de ideias significa que eles estão pensando o mundo com teorias e suas ações são dirigidas a elaborar representações que são ressignificadas em coletivo, em interação com seus colegas e os professores. Pensamento, ação e comunicação se articulam de tal forma que se convertem em um processo de interiorização que parte de uma construção coletiva, segundo Vygotsky (1999), o papel da cultura é um fato marcante no processo de internalização que faz o estudante compreender um conceito.

Quando o PFIQ5 (Turno 38) pergunta para os estudantes se eles acreditam que o átomo se encontra tal como foi desenhado, isto com a intenção de indagar qual é a concepção que tinham sobre a existência do átomo, mostra-se interessante a resposta do Estudante N (Turno 43) quando diz: "*Isso é uma representação do átomo que é dada por cada um ... sim, uma definição própria*". Esta resposta permite inferir que o significado que ele tem de tal representação de átomo, mostra que concebe as formas de representar como possibilidades para interagir com o conhecimento. Isto é a construção do conceito/entidade átomo, mediada por uma necessidade de poder comunicar aos outros o que pensamos mediante signos que vão adquirindo um significado em determinado contexto.

> A potencialidade para as operações complexas com signos já existe nos estágios mais precoces do desenvolvimento individual. Entretanto, as observações mostraram que entre o nível inicial (comportamento elementar) e os níveis superiores (formas mediadas pelo comportamento) existem muitos sistemas psicológicos de transição que estão entre o biologicamente dado e o culturalmente adquirido. Referimo-nos a esse processo como a história natural do signo (VYGOTSKY, 1999, p. 61).

O significado de átomo dado pelos estudantes como "microscópico", "indivisível", "que faz parte das coisas", "que possui uma carga e tem uma massa", ainda que eles afirmassem que não o tenham visto, são produtos de construções produzidas no contexto escolar mediante as quais eles dotam de significado um signo representado pela palavra átomo. Porém, este significado está ligado a uma forma de representar e assim não se pode pretender substituir a palavra pela imagem ou vice-versa, isto seria uma visão reducionista da representação.

Contudo, as representações elaboradas pelos Estudantes e PFIQ podem ser caracterizadas como Representações sintático-formais ainda ligadas ao perceptível e a acreditar que o átomo é da forma em que é representado pelo professor ou pelo livro-texto.

É importante destacar, também, que a atividade cognitiva não se limita ao uso de instrumentos ou signos, existem outros elementos que envolvem essas construções; o papel do contexto influencia o desenvolvimento dos sujeitos favorecendo ou não a construção e apropriação de signos, cujo significado é construído mediante mediações entre o que está dado no sujeito e aquilo que está sendo significativo para desenvolver capacidades que lhes permite aprender e dar valor ao que está apropriando. Neste sentido, os PFIQ procuraram abordar a temática partindo das ideias dos estudantes, abordando os conceitos, modelos e formas de representar, de tal modo que foi significativo tanto para os PFIQ como para os Estudantes, de igual forma o clima de aula favoreceu a participação dos estudantes que se sentiram à vontade para perguntar e falar.

O **Episódio 2**, foi denominado como "Explicação do conceito de emissão e absorção de energia" (transcrições no Apêndice 5). O grupo de PFIQ faz a explicação do que é o processo de emissão e absorção, para isso empregam o Modelo de Bohr. Isto significa que, tal como os PFIQ pensaram o processo de ensino e as temáticas que deviam ensinar aos estudantes, eles passam do Mundo das Teorias/Modelos/Representações ao Mundo dos objetos e eventos. Para isso utilizaram o desenho do átomo de Bohr para explicar o que acontece quando o elétron passa de um nível energético de menor energia para um de maior energia mediante a absorção de energia para atingir esse nível. Porém ele mesmo requer liberar essa energia absorvida para regressar a seu estado fundamental, então essa energia emitida é percebida em forma de fótons de luz. Uma análise disso aparece no Quadro 32.

O grupo dos PFIQ parte da explicação de um Modelo de Bohr considerado pré-quântico para explicar a absorção e emissão, assim os saberes mobilizados por eles encontram-se em uma transição que possivelmente pode indicar que suas construções epistêmicas sobre este tipo de conceitos ainda permanecem ligadas ao concreto-abstrato.

Quadro 32. Análise do Episódio 2 (Apêndice 5)

Episódio 2: "Construção epistêmica explicação do conceito de emissão e absorção de energia"			
Principais ideias: construção epistêmica. (enunciados) (turnos)		Operação Epistêmica.	Nível de Representação
(Turnos 06, 13,14)	O Modelo empregado pelo PFIQB para explicar o conceito de absorção e emissão é o modelo de Bohr, o professor incorpora conceitos como quanto e fóton para explicar o fenômeno fazendo uma aproximação ao modelo quântico.	Mundo dos objetos e eventos	**Nível 2** Representação semântico-formal
(Turno 28, 29)	O PFIQB utiliza as representações de emissão e absorção baseado no conceito de "transições eletrônicas" no átomo de Bohr.		

Fonte: Crédito da Pesquisadora, 2012

De acordo com o anterior, o conceito de órbita de Bohr baseia-se em descrições clássicas, no entanto, a ideia dos estados eletrônicos correspondentes a quantidades fixas de energia – níveis de energia – que correspondem a explicações de tipo quântico. Então, o Modelo de Bohr é um Modelo Atômico no qual se misturam elementos clássicos (a imagem do átomo como um sistema solar em miniatura) e quânticos (o conceito de níveis de energia), razão pela qual é possível que o PFIQB tenha feito esta construção mental da representação científica do átomo para explicar o conceito de emissão e absorção, como pode ser extraído do Episódio 2 (Apêndice 5).

Como sugere Bachelard (1996), a configuração do pensamento abstrato se dá entre as formas construídas que se desligam da experiência imediata para entrar em polêmica declarada com a realidade. Isto significa que existe uma mobilização de saberes pelos PFIQ no momento do ensino, eles mostram essa transição buscando incorporar outros conceitos para explicar o fenômeno, mas não conseguem abstraí-los totalmente para construir outra realidade. Então, pode-se dizer que a construção do saber científico baseado em fundamentos Filosóficos, Históricos e Sociológicos contribuiu em alguma forma e subsidiou o trabalho do professor no processo de ensino da Química.

O **Episódio 3** foi denominado "Construção de uma analogia para explicar os conceitos de absorção e emissão de energia" (transcrições no Apêndice 6). Neste caso, a análise foca tanto os discursos dos participantes como o desenvolvimento da atividade

formulada mediante uma analogia denominada "Um hotel e seu hóspede", de tal forma que o vínculo entre discurso e as atividades se convertem numa atividade discursiva (COLL; ONRUBIA, 1998) em que a atividade da analogia permite representar os conceitos que são alvos de ensino, de uma forma mais próxima dos estudantes. O análogo foi trazido pelo PFIQ2 referente a um personagem conhecido pelos estudantes numa situação quotidiana. Como é apresentado no Quadro 33.

A analogia foi introduzida para que fizesse sentido para os Estudantes, pelo fato de ser trabalhada depois de explicar os conceitos de emissão e absorção (Episódio 2) garantiu que ela fosse usada como um recurso a mais que ajudou na construção dos conceitos ensinados, fazendo com que os Estudantes não ficassem somente com a ideia da analogia sem compreender os conceitos em si mesmos. Tal como o sugere Bachelard, para que a analogia não seja convertida num obstáculo epistemológico na compreensão dos fenômenos e conceitos científicos.

Quadro 33. Análise do Episódio 3 (Apêndice 6)

Episódio 3: "Construção epistêmica de uma analogia para explicar os conceitos de absorção e emissão de energia"			
Principais ideias: construção epistêmica. (enunciados) (turnos)		Operação Epistêmica.	Nível de Representação
Turno 01 ao 13	A explicação do fenômeno da emissão e absorção utilizando uma analogia ajudou na aprendizagem dos Estudantes.	Relação entre os dois Mundos	Representação semântico-formal

Fonte: Crédito da Pesquisadora, 2012

Deste modo, explicar as Teorias e Modelos Científicos envolve, além de uma análise cuidadosa dos conteúdos a serem tratados, a consideração de diferentes estratégias de comunicação, diferentes interesses e habilidades cognitivas dos interlocutores, a motivação, os objetivos e papeis sociais dos participantes, as restrições impostas pelo contexto, etc. (MARTINS, OGBORN, KRESS, 1999). O papel mediador do PFIQ2 para conduzir a compreensão dos Estudantes usando a analogia para que eles pudessem entender os conceitos em direção à compreensão dos fenômenos da bioluminescência e da fluorescência, mostra o CPC que ele leva em consideração durante o desenvolvimento da aula, em que o objetivo não se centrou só nos conceitos, mas também em gerar interesse

nos aprendizes. Do mesmo modo, o PFIQ2 se preocupa em deixar claro o papel da analogia (Turno 07 do Apêndice 3) como uma forma de representar o processo de emissão e absorção.

O **Episódio 4** foi denominado como "Construção dos conceitos de bioluminescência e de fluorescência" (transcrições no Apêndice 7). Os PFIQ levaram para a sala de aula um texto intitulado "como brilha a natureza", que foi trabalhado com os estudantes com a intenção de gerar compreensões sobre os fenômenos luminescentes produzidos por substâncias químicas e aqueles que são produzidos em organismos vivos. O texto foi elaborado tomando como exemplos animais que emitem radiação em forma de luz como as algas, as medusas e os vagalumes, tal como é apresentado no Quadro 34.

Quadro 34. Análise do Episódio 4 (Apêndice 7)

Episódio 4: "construção dos conceitos de bioluminescência e de fluorescência**"**			
Principais ideias: construção epistêmica. (enunciados) (turnos)		Operação Epistêmica	Nível de Representação
Turno	Os PFIQ constroem os significados sobre bioluminescência e fluorescência usando como referente um texto que contém informação e exemplos sobre este tipo de fenômeno.	Relação entre os dois Mundos	**Nível 5** Representações Construção reflexiva

Fonte: Crédito da Pesquisadora, 2012

Durante as explicações sobre os fenômenos de luminescência, os PFIQ estabeleceram diferenciações entre conceitos como bioluminescência e quimiluminescência (Turno 17 e 22). O PFIQB procura relações entre os termos para poder explicar o significado de cada conceito, de tal modo que fizesse sentido para os Estudantes, como pode ser identificada na seguinte interação discursiva:

> *15 – Estudante L: É a emissão de luz pela energia natural do ser vivo*
> *16 – PFIQB: Bom, então é a emissão de energia em forma de luz de alguns seres vivos, então a luminescência pode ser de três formas, quais são?*
> *17 – Estudante S: Quimioluminescência e bioluminescência.*
> *18 – PFIQB: O que entende por quimioluminescência?*
> *19 – Estudante L: No texto dizia que é a produção de energia por meio de uma reação química.*

> *20 – PFIQB: Se pensamos na palavra quimio e luminescência, no que pensam?*
> *21 – Estudante T: Substância....mescla de substâncias.*
> *22 – PFIQB: Então, isso seria a produção de energia em forma de luz a partir de uma reação química e no caso da bioluminescência a reação ocorre em um organismo vivo.*

Para o caso dos conceitos como fluorescência e fosforescência são trazidos pelos mesmos Estudantes exemplos do quotidiano. Eles mencionam que tem cartazes em que se observa um efeito luminescente em ausência de luz, situações que são aproveitadas pelos PFIQ para contextualizar as explicações destes conceitos, como são observados nas seguintes falas durante a construção epistêmica dos conceitos (Turnos 30, 31 e 32 Apêndice 7).

> *30 – Estudante J: A fosforescência é a que está carregada de luz, por exemplo, num cartaz, se ele é ligado e logo apagado se vê que o cartaz se ilumina, ou seja, ele foi carregado de luz, e a outra fluorescência se apaga.*
> *31 – PFIQB: Exemplos disso são os cartazes ou as estrelas que brilham, mas então a principal diferença é que como a fluorescência é uma emissão instantânea como a medusa que está no texto, já a emissão da fosforescência dura um pouco mais, dependendo da quantidade de energia que pode absorver.*
> *32 – PFIQ2: Ao falar de instantâneo é praticamente dizer que no mesmo tempo que está absorvendo está emitindo, então se retirarmos a fonte de luz também vai deixar de emitir, diferentemente, na fosforescência ela segue emitindo luz sem a presença da fonte.*

Os PFIQ articularam o saber e seu saber fazer para contextualizar e estabelecer relações entre o Mundo das Teorias e Modelos e o Mundo dos objetos e eventos de tal modo que a construção das representações científicas deu-se pela mobilização da pluralidade e heterogeneidade de saberes postos em ação pelos PFIQ, na medida em que reuniu saberes de naturezas completamente distintas, tal como o sugere Borges (2004).

O **Episódio 5** é denominado como "experiência prática de laboratório sobre o fenômeno da quimiluminescência" (transcrições no Apêndice 8). Esta é a última atividade desenvolvida pelo grupo da PFIQ5. A ideia foi de realizar uma experiência prática de laboratório para que os Estudantes pudessem analisar como acontece um fenômeno luminescente produzido mediante uma reação química e, deste modo, poderem estabelecer

e compreender como funciona o fenômeno da bioluminescência. No Quadro 35 é apresentada a forma como foi analisada a experiência prática de laboratório.

Quadro 35. Análise do Episódio 5 (Apêndice 8)

Episódio 4: "construção epistêmica experiência prática de laboratório sobre o fenômeno da quimioluminescência**"**			
Principais ideias: construção epistêmica. (enunciados) (turnos)		Operação Epistêmica	Nível de Representação
Turno 01 ao 25	A PFIQ5 orienta o desenvolvimento da prática de laboratório com a intenção de que os Estudantes construam suas próprias explicações sobre o fenômeno	Relação entre os dois Mundos	**Nível 4** Representação semântico-formal

O PFIQ5, durante o processo realizado para entender como uma reação química produz a emissão de energia em forma de luz, pretendeu que os estudantes estabelecessem relações e pensassem, utilizando-se de Teorias e Modelos, para dar explicação a um fenômeno científico. Desta forma, a professora questiona os Estudantes para ver como eles explicam o fenômeno, como pode notar-se na seguinte interação discursiva (Turnos 31 ao 38, Apêndice 8):

> *31 – PFIQ5: Agora vamos resolver as seguintes perguntas: O que origina a luz e por que ocorre o fenômeno? Como explicar o que ocorre às substâncias? Há mudanças e transformações nas substâncias? Represente o que está ocorrendo com as substâncias.*
> *32 – PFIQ5: Bem, quem de vocês que fizeram o pré-relatório nos conta sobre o que acreditam que aconteceu com as substâncias?*
> *33 – Estudante N: Bem, eu. Ao mesclar as substâncias começa a ser vista uma luz fluorescente esverdeada, primeiro há que se fazer uma solução e depois se agrega isso.... peróxido e hidróxido de sódio e isso se mistura completamente e se adiciona a flurescina.*
> *34 – PFIQ5: Fluoresceína.*
> *35 – Estudante N: Bem, a fluoresceína, e aí é onde se observa a reação destas substâncias e começa a ser notada a cor fosforescente esverdeada e começa a ser notada umas borbulhinhas pequeninas por toda a substância.*
> *36 – PFIQ5: Mas não me disseste, por que acredita que se dá essa cor verde fluorescente?*
> *37 – Estudante N: Pela fluoresceína.*
> *38 – Estudante F: Pois, por uma reação química entre...*

> *39 – <u>Estudante N:</u> Começam a recarregar as moléculas dos átomos, ou seja, os elétrons começam a subir e começam a colocar a energia na forma de luz, isso faz com que se veja esta reação.*

Uma análise de conjunto do processo desenvolvido pelos PFIQ durante a experiência de aula permite interpretar de acordo com o que propõe Chamizo (2010), isto é, mediante o esquema (Figura 29). É preciso conhecer o Modelo Mental e as representações construídas pelos estudantes (Episódio 1) sobre o objeto de estudo, o qual pode ou não ser semelhante ao Modelo Material (Teoria Atômica e Teoria Quântica) (Episódio 1) que servirá de encaixe para explicar o fenômeno da bioluminescência do vagalume (Episódios 2), para poder aproximar as explicações sobre o que acontece no Mundo Real mediante a relação entre os dois Mundos (Episódios 3, 4 e 5). Isto pode acontecer ou não de acordo com uma ou algumas Teorias, Modelos e Representações que são interiorizadas para construir explicações possíveis sobre como acontecem os fenômenos científicos.

Figura 29. Proposta sobre os Modelos de Chamizo

Fonte: Chamizo, (2010, p. 34)

Com relação ao CPC levado em consideração pelos PFIQ e analisado no Episódio 1, mesmo que eles tenham trabalhado os fundamentos da Teoria Quântica durante o Curso de Modelos Didáticos, como na discussão do experimento da "Dupla Fenda", eles não conseguiram trabalhar em sala de aula conceitos como o de dualidade onda/partícula, superposição e de incerteza, o que poderia ter auxiliado na construção das explicações sobre a compreensão do fenômeno da luminescência em geral.

Assim, as explicações fornecidas por eles durante o Episódio 1 (Turnos 55 ao 83 do Apêndice 4) são centradas numa construção histórica dos Modelos Atômicos a partir de Leucipo, Thomson, Rutherford, Somerfield, Bohr e Schrödinger, este último mencionado superficialmente. Ainda que no final deste Episódio 1, o PFIQ2 se preocupou em explicar para os estudantes que *"a transição entre um modelo e outro se deve a que o modelo mais recente explica fenômenos que o anterior não explica"* (Turno 83).

Nos seguintes episódios foi possível perceber que um repertório de representações foi trazido pelo PFIQ para sala de aula, isto é, mostra o que Cochran e Jones (1998), propõem, de que o conhecimento de um conteúdo específico torna-se um conteúdo pedagógico quando o professor reflete sobre ele, adapta materiais para as habilidades dos estudantes ou para suas concepções; encontra maneiras para representar o conhecimento usando analogias, exemplos, metáforas, etc.

Para os mesmos autores citados, a conexão entre o conhecimento do conteúdo específico e o pedagógico se dá de maneira mais clara e sofisticada através de experiências de ensino. Assim, as primeiras atividades realizadas pretenderam conhecer quais eram as representações que os estudantes tinham sobre o que é o átomo, para depois ir reconstruindo mediante o uso de representações da Teoria Atômica para conseguir que os estudantes reconstruíssem esses Modelos, de tal forma que sua compreensão lhes permitisse tomar como referência a explicação da emissão e absorção de energia no átomo para elaborar e compreender o fenômeno da luminescência.

Alguns PFIQ têm mais habilidade para construir atividades didáticas de ensino, como foi o caso da analogia "o hotel e seu hóspede" e a historieta "Prazeres perigosos". No entanto, outros têm mais competência para dar explicações em sala de aula e outros mostraram competências cognitivas para responder os questionamentos que os estudantes faziam, envolvendo diferentes assuntos, por exemplo: por que os seres humanos não emitem radiação em forma de luz? Estas perguntas foram colocadas pelos Estudantes em sala de aula e os PFIQ conseguiram dar uma explicação a partir das Teorias e Modelos científicos.

6.1 A RELAÇÃO TEORIA – PRÁTICA DURANTE A EXPERIÊNCIA DE ENSINO DESENVOLVIDA PELOS PFIQ NA ESCOLA

A relação Teoria - Prática foi analisada baseando-se no "saber" e "saber fazer" dos PFIQ durante todo o processo desenvolvido. Desse modo, tanto o curso ministrado de "Modelos didáticos" como a "Proposta de Ensino" construída e a "Experiência de aula" procurou que os PFIQ levassem em consideração suas manifestações e domínios como fundamentos do seu CPC no momento de planejar e desenvolver cada uma das atividades mencionadas. Então, de acordo com o que sugere Porlán *et al.* (2001), os seguintes aspectos foram examinados neste processo de análise da articulação de saberes:

1. Considerar que os PFIQ já têm construído ideias e saberes relacionados com sua ação profissional, sobre como poderia ser sua experiência profissional. De alguma maneira, seu saber/fazer em sala de aula esteve influenciado pelas teorias implícitas que eles tinham sobre o que deve fazer um professor. Essas formas de pensar e agir são mais perceptíveis quando interagem com os Estudantes. Assim, por exemplo, o PFIQ5 sempre preocupou-se por manter a ordem e chamar a atenção dos Estudantes (Turnos 01, 03, 05 - Apêndice 1). No caso do papel do PFIQ2, ele foi mais voltado para aclarar as dúvidas dos Estudantes (Turnos 65, 67, 69 - Apêndice 1). O PFIQ3 e o PFIQ4 focaram os conteúdos, iniciando com os Modelos e Representações da Teoria Atômica. A PFIQ1 se preocupou em contextualizar os Estudantes mediante a problemática do consumo de substâncias piscoativas. Estas distintas formas de atuar tornaram mais vísiveis o saber e saber fazer dos licenciandos.
2. Partir de problemas práticos de modo que as mudanças que são sugeridas a partir de fundamentos teóricos têm que ser formuladas num nível próximo à experiência dos futuros professores, dentro de sua zona de desenvolvimento próximo na qual tanto seus colegas como o PP favorecem este processo; razão pela qual a proposta sobre o que, como e para que ensinar se caracterizaram em escolhas que dependeram das problemáticas reportadas tanto à literatura em Didática e Pedagogia das Ciências como à experiência pessoal e às avaliações do planejamento prévio das atividades que iriam as ser com os Estudantes, etc.

3. Favorecer a tomada de consciência e a reflexão dos PFIQ mediante a preparação e fundamentação na realização do trabalho docente, estabelecendo relações significativas entre as necessidades e saberes prévios dos professores e a nova informação que se propõe. Com relação a isto, a construção de uma "Proposta de Ensino" procurou explorar os domínios que os PFIQ têm sobre a Química e seu ensino. Ainda que a experiência realizada na Escola tenha sido uma primeira aproximação, a práxis docente permitiu que eles vinculassem a teoria e a prática nas atividades realizadas.

Além de considerar os elementos anteriores, uma entrevista centralizada nos aspectos tratados durante o curso permitiu um questionamento sobre o desenvolvimento do processo e o problema central desta pesquisa. Desse modo, a análise das respostas dos cinco PFIQ sujeitos de pesquisa será apresentada a seguir, de acordo com o questionário apresentado no Quadro 36 e seus respectivos elementos do CPC avaliados.

Quadro 36. Categorias de análise para o questionário da Entrevista dos PFIQ

Questionário da Entrevista	**CPC avaliado nas questões**
1. Quais fundamentos conceituais do curso (Modelos Didáticos) desenvolvidos lhe serviu de aporte?	Quais os ***domínios***: conhecimento do conteúdo específico, o conhecimento dos alunos, o conhecimento pedagógico geral e conhecimento do contexto.
2. Quais fundamentos, a partir da Filosofia das Ciências e do Ensino da Química que foram trabalhados, considera que devem ser levados em conta para compreender os Modelos e Teorias Químicas de uma forma mais contextualizada?	
3. Quais fundamentos conceituais e metodológicos utilizaram para desenvolver e propor as atividades com os estudantes?	Analisar as ***manifestações*** do conhecimento do professor para entender como a representação do conteúdo é vinculada a outros domínios quando os PFIQ realizam o ensino de Química.
4. Quais tipos de representações, modelos e teorias foram utilizados? Como foram introduzidos no processo de ensino com os estudantes?	
5. Quais aportes o *curso de modelos didáticos e a experiência na escola* deram para sua formação e para a compreensão da Química e seu ensino?	Considerar que ***domínios*** e que ***manifestações*** do conhecimento foram levadas em consideração pelos PFIQ.

Fonte: Crédito da Pesquisadora, 2012

A Entrevista foi feita ao final do processo com a intenção de obter informação sobre quais fundamentos foram considerados pelos PFIQ e como eles perceberam sua

primeira experiência como professores durante o processo de ensino. Em seguida, apresentamos no Quadro 37 as respostas para a primeira pergunta.

Quadro 37. Respostas dos PFIQ para a primeira pergunta da entrevista

Pergunta 1: Quais fundamentos conceituais do seminário (Modelos Didáticos) desenvolvidos lhe serviu de aporte?	
PFIQ1	Pois para mim os fundamentos conceituais que me aportaram me permitiram deixar de ver a Química a partir do ponto de vista linear e começar a vê-la a partir do ponto de vista mais microscópico que macroscópico, que é o que usualmente um Estudante tem o erro de ver, isso mais que tudo, foi começar a ver a Química a partir do menor para poder chegar ao maior, e assim é mais fácil de entender.
PFIQ2	Pois, baseado nesta disciplina e em outras [o PFIQ explica que não está nivelado no 2° ano], este semestre coincidiu que três disciplinas trataram de Quântica, Química e Física e agora aqui em Modelos. Então, pois, sobre a Quântica, para a parte específica muitos fundamentos, algo que me pareceu muito importante foi a contextualização do saber científico que não surge da nada senão que tem um contexto Histórico, Sociológico e além, também, que a Ciência não é construída por um cientista senão que é trabalhado por muitas pessoas, então normalmente em Química a nós nos é explicado "isto é assim" é, pois, problemas de lápis de papel ou uma variação pode ser que nos expliquem através de um experimento, por exemplo, o Modelo de Rutherford, explicam-no através de uma placa de ouro, mas em si não tem uma contextualização ou uma explicação global do tema, então o vemos muito superficial e esse foi um problema da deficiência do uso dos Modelos nas disciplinas, que como uma vez falávamos com a Professora nós só com analisar o plano curricular vemos a Química dividida em Inorgânica 1, Inorgânica 2, então esse é um erro no uso do Modelos ao tratar as temáticas isoladas e relacionar as temáticas deste semestre com as do anterior, isso é uma deficiência que encontrei a partir do que aprendemos aqui.
PFIQ3	Inicialmente, pois, a minha ideia foi compreender e saber definir o que é Teoria, Modelo e Representação, cada um por aparte e, pois, ter a concepção de que eram coisas similares que tinham coisas que se interligavam, mas que finalmente tinham suas diferenças que eram muito marcantes e que iam nos dar suporte mais para frente, pois, ao irmos à experiência que tivemos, alguns conceitos do Pedagógico que fomos vendo no Curso foram nos deixando claras as diferentes posturas pedagógicas que surgiram ao longo da história e como ao final pudemos adotar alguma ou várias para poder aplicá-las a nosso trabalho. Enquanto à Teoria talvez é para mim o ponto de partida dentro do qual pude fundamentar tudo, já que uma Teoria pode ter vários Modelos e para usar um Modelo podem ter várias representações, partindo disso a Teoria é como o macro do assunto e a partir disso começa a estruturar uma série de atividades que terminam com uma representação gráfica ou escrita, isso já depende da pessoa, mas que finalmente é como uma série de escadas que vai decrescendo em que a Teoria é o macro.
PFIQ4	Bom, pois, todo o reforço que foi feito sobre Modelos Atômicos, a verdade esse conhecimento eu não o tinha e, pois, com o que vimos nas aulas foi com isso que pudemos dar as aulas na Escola.
PFIQ5	Um dos primeiros fundamentos conceituais que me deu suporte é que tenho que começar a entender o Modelo Atômico de forma diferente que não posso ficar com uma concepção plana senão começar a ver as coisas de maneira tridimensional e primeiro ter em conta que tudo isso são representações, a gente primeiro procura alguma explicação e a partir disso busca uma representação mediante Modelos e Representações, mostrar que

	é o que um quer explicar, isso foi basicamente. E o que ficou foi poder começar a entender a Ciência e a Química de uma maneira diferente, baseando-me em Modelos e Representações, para levá-la aos Estudantes que é o que nos ajudou a entender o que está ocorrendo na natureza e que explicação Química pode ter cada coisa.

Fonte: Entrevistas aos PFIQ, 2011

A respeito das respostas à primeira pergunta, no caso da PFIQ1, pode-se inferir que ela percebe que as Teorias, Modelos e Representações lhe ajudam a entender a Química e a explicar os comportamentos microscópicos. Também o PFIQ2 menciona que *"[...] a contextualização do saber científico não surge da nada senão que tem um contexto Histórico, Sociológico e [...] que a Ciência não é construída por um cientista senão que é trabalhada por muitas pessoas [...]"* Já para o PFIQ3, além do conhecimento do conteúdo específico sobre o que é o Modelo, a Teoria e a Representação, foi destacado também sobre as posturas pedagógicas adotadas para seu trabalho na aula. O PFIQ5 diz que "[...] *a gente primeiro procura alguma explicação e a partir disso busca uma representação mediante Modelos e Representações para mostrar o que é o que se quer explicar, isso foi basicamente* [...]"

Analisando o conjunto das respostas, o discurso dos professores permite corroborar com o que propõe Shulman (1987), dar uma aula efetivamente implica em possuir alguns conhecimentos e habilidades básicos, dentre eles estão conhecer o conteúdo e as habilidades pedagógicas gerais. Ele concebe a interação destes dois elementos como o "Conhecimento pedagógico do conteúdo" (CPC).

As respostas dos PFIQ para a segunda pergunta é apresentada no Quadro 38. A pergunta foi realizada para indagar sobre o papel da Filosofia da Ciência na construção do CPC do PFIQ.

Quadro 38. Respostas à segunda pergunta da entrevista aos PFIQ

Pergunta 2: Quais fundamentos, a partir da Filosofia das Ciências e do Ensino da Química que foram trabalhados, considera que devem ser levados em conta para compreender os Modelos e Teorias Químicas de uma forma mais contextualizada?	
PFIQ1	Pois, primeiro que tudo leva a Química há aplicações e, pois, no que estivemos trabalhando das leituras também a postura de Merce Izquierdo me pareceu interessante enquanto ao que a Química não pode ser vista simplesmente através de fórmulas e moléculas abstratas, senão que tem que ser vista de forma mais aplicada.
PFIQ2	Pois, primeiro em relação ao contexto, creio que quando trabalhamos no início todas estas disposições sobre todos os Modelos Pedagógicos nos dava uma percepção de cada uma delas e nos ajudava a não nos fechar em que sou tradicional ou sou condutista, senão que a gente em si não segue um Modelo, senão que segue padrões de vários Modelos, mas é diferente trabalhar estes Modelos sem ou com consciência. Muitas vezes nós nos

	dávamos conta na Escola que fazíamos coisas que sentimos como o papel do professor e só isso, mas que não foram enquadradas dentro de um Modelo e ao momento de analisá-lo a gente se identifica possuindo muitos, não só Modelos senão muitas Teorias Pedagógicas. Muitas estruturas que ainda que a gente as faça sem consciência, conscientemente poderia justificá-las.
PFIQ3	Realmente acredito que é fundamental e que é muito pouco trabalhado levar em consideração a História das Ciências, como tal a História da Química… porque realmente dentro das experiências que a gente tem e dentro do contato que temos com os estudantes atuais da Escola, nós nos damos conta que os Professores limitaram-se a dar conceitos e que ele é mecanizado através da repetição com uma metodologia tradicionalista dentro da qual o Estudante limita-se a aprender conceitos através da repetição sem ter a possibilidade de aprender e saber o que ele está dizendo, muitos Estudantes repetem e repetem sem saber o que estão falando, pois, eu me dei conta a partir de que tinha Estudantes que sabiam o que era o átomo, mas na hora de representá-lo não conseguiram, pois aprenderam o conceito repetindo, mas não sabem o que é, outro exemplo sabiam que era um composto, mas não sabiam que era um elemento, então, realmente me dei conta que têm incoerências porque os Estudantes aprendem repetindo, mas não tem os conceitos básicos para poder estudar os mais complexos, a partir disso eu acredito que é fundamental a História e a Filosofia e todos estes campos.
PFIQ4	Pois os fundamentos da Natureza das Ciências como é o Epistemológico que é como nasce uma Ciência, o Histórico que é como vai mudando a Ciência e no contexto social que é como interage a Ciência como o Homem e como ele aplica a Ciência.... e.... no Didático, no Ensino da Química nos Modelos me dei conta que Ensinar Química com Modelos e Representações é muito mais fácil, pois isso faz com que os Estudantes captem melhor as coisas do que se a gente começasse a ditar-lhes coisas e escrever só na lousa.
PFIQ5	A partir da Filosofia das Ciências, às vezes me deixa confuso porque por dizer alguma coisa o átomo não existe então, ... quem tem visto o átomo me deixa com erro, temos que ter em conta que nós devemos ter bases fortes para levar isto à sala de aula então a partir da Filosofia das Ciências, isso me deixa, isto é pensar de modo diferente…porque igual a gente na Universidade ainda tem uma concepção do Modelo no atual. Então a partir dessa parte tive bases para ver a Ciência de maneira distinta e eu acredito que vê-la de maneira diferente é mais fácil levar isto aos Estudantes porque já comecei a conceber as coisas de outra maneira.

Fonte: Entrevistas aos PFIQ, 2011

Os PFIQ identificam os tipos de Modelos Pedagógicos na hora de ensinar e refletem sobre a necessidade de ensinar a partir de outras perspectivas evitando a mecanização do conhecimento, como é exposto pela PFIQ1 "[...] *a Química não pode ser vista simplesmente através de fórmulas e moléculas abstratas, senão que tem que ser vista de forma mais aplicada [...]".* Do mesmo modo, o PFIQ2 reflete sobre as manifestações do conhecimento e seu agir na sala de aula ao responder que *"[...] muitas vezes nós nos dávamos conta na Escola que fazíamos coisas que sentimos como o papel do professor e só isso, mas que não foram enquadradas dentro de um Modelo e no momento de analisá-lo a gente se identifica possuindo muitos não só Modelos, senão muitas Teorias [...]"*.

Para o PFIQ3 o conhecimento do conteúdo e sobre a natureza da Química lhe permite relevar o papel da História da Química no ensino ao responder que:

> *"[...] eu me dei conta a partir de que tinha Estudantes que sabiam que era o átomo, mas, na hora de representá-lo não conseguiram, pois aprenderam o conceito repetindo, mas não sabem o que é [...] os Estudantes aprendem repetindo, mas não têm os conceitos básicos para poder estudar os mais complexos, a partir disso eu acredito que é fundamental a História e a Filosofia e todos estes campos [...]."*

No mesmo sentido de raciocínio, o PFIQ4 explica que os Fundamentos da Natureza das Ciências, a Epistemologia, a Didática e o Contexto social o ajudou no Ensino da Química, isto mostra que ele esta construindo seus saberes baseados em argumentos que indicam que trabalhar na formação inicial com tais fundamentos influi no seu "saber fazer". Também insiste em que é mais fácil ensinar mediante Teorias, Modelos e Representações, o que pode significar que ele concebe o pensar o Mundo e a Ciência dessa forma, o que pode implicar na mobilização do saber e saber fazer utilizando esses fundamentos.

O PFIQ5 começa a analisar sobre seu próprio conhecimento e questiona o fato de que ele aceita que o átomo não existe e que deve ter argumentos para ensinar isto aos Estudantes e assume que estes argumentos devem ser provenientes da Filosofia da Ciência. De igual forma, ao pensar nisso, diz que sua maneira de pensar mudou e percebe as coisas de maneira diferente. Isto permite inferir que ele reflete sobre o saber científico e como ele deve ser trabalhado pelo professor, este pensamento indica uma construção do seu próprio CPC.

A análise das respostas à pergunta 3 teve como finalidade entender que tipo de conhecimento do conteúdo é levado em consideração pelos PFIQ e como se manifesta no processo de ensino e na construção das atividades que os professores entenderam pertinentes que fossem realizadas pelos Estudantes da escola para compreender as temáticas propostas. No Quadro 39 são apresentadas as respostas dadas a este respeito.

Quadro 39. Respostas dos PFIQ à terceira pergunta da entrevista

Pergunta 3: Quais fundamentos conceituais e metodológicos utilizaram para desenvolver e propor as atividades com os estudantes?	
PFIQ1	A metodologia se baseou em centrar primeiro em uma experiência de vida que eles tinham, ou seja, em uma situação que tinham correspondência nesse momento por sua localização, então, por isso, foi trabalhado as drogas para poder, através disso, explicar os

	neurotransmissores.
PFIQ2	Conceituais e metodológicos, umm…, pois, de acordo com o que falamos da Filosofia das Ciências, nós nos abrimos mais, com a percepção de não ensinar a Ciência e chegar e explicar "isto é assim", como um método, senão que começamos a levantar questões aos Estudantes e que digamos a partir do debate geramos questões para nós mesmos, …. Com relação ao campo Pedagógico, as exposições que tivemos no princípio sobre Modelos foram muito importantes porque, como eu disse, a gente agora pode misturar muitas coisas, mas já entendendo-as e analisando-as, uma relacionada com as demais podemos chegar a fazer trabalhos melhores. Digamos, quando usamos a aprendizagem significativa, conceitos prévios e demais e começávamos a debater isso que já vinha depois da Escola Nova e então nós baseávamos esses debates em pesquisas, [...] ou dizer isso é algo tradicionalista, [...] ligar isso serviu muito, [...]. Enquanto à Quântica e a Filosofia da Ciência, foi importante explicar o tema sem necessidade de estar representando coisas que possam ficar fixas na mente dos jovens como que isso é assim, ... como que a Ciência é imóvel e mutável, então também a gente ao momento de fazer uma representação tinha mais cuidado em se foi apropriado fazê-la ou não, ... porque a gente também foi estudante de Ensino Médio e sei que eu estudava para a prova, no caso dos Estudantes de nosso grupo foram poucos os que participaram e onde quisemos aproximá-los por meio de representações eles iam tomar a representação tal como ela é.
PFIQ3	Conceituais […] a partir da Pedagogia tratamos de utilizar com minha colega uma série de conceitos que se baseavam em uma Pedagogia Tradicional, a partir do ponto de vista de que os Estudantes tinham apatia para falar lhes deu medo falar, talvez pela câmera e os Professores, pelo que começamos a dar-lhes certos fundamentos para que eles tivessem confiança e deram-se conta que eles sabiam, mas que eles tinham medo, então por isso utilizamos uma Pedagogia Tradicionalista a partir do ponto de vista de que começamos a falar primeiro nós como professores, para que eles pudessem se soltar, mas depois os estudantes davam-se a possibilidade de falar e de ir construindo conceitos a partir de diferentes coisas que se iam propondo, então eles muitas vezes deixaram o medo e começaram a construir esses conceitos entre todos, então viram que eles sabiam sobre os conceitos. Pois, com o que aprendemos aqui no Curso, tivemos essa capacidade de poder ir conhecendo o que eles pensavam, então, pois, aplicamos uma leitura para que eles fossem dizendo que conheciam e isso foi como um teste de ideias prévias, a partir disso já fomos desenvolvendo a aula.
PFIQ4	Bom, pois, o nosso tema foi a Fissão e as bombas atômicas, então o primeiro que fizemos foi dar-lhes a Teoria Atômica, mas com conceitos menos técnicos para que eles pudessem entender mais facilmente, logo falamos do núcleo, da massa atômica, o peso atômico que eles não o sabiam e já logo entramos a trabalhar sobre a Fissão, foi trabalhado com um slide que nós fizemos sobre "Dragon Ball", revertendo o processo com Gogeta, que seria a Fussão entre Goku e Vegueta, então fizemos a Fissão ao fissionar-se Vegueta ficou Vegueta e Goku e três Cami Cami Casi e pois isso ajudou um pouco para que os Estudantes entendessem melhor o processo e também usamos um simulador de fissão, mas acho que isso dificultou um pouco o processo porque a aula seguinte que lhes explicamos e lhes dissemos que representassem por escrito ou gráfico o processo da Fissão e a reação em cadeia e todos desenharam a pistola de nêutrons que havíamos mostrado no simulador, então me parece que seria bom resgatar essa parte.
PFIQ5	Primeiro os fundamentos conceituais foram a emissão e absorção a partir de Bohr e foi a partir de uma experiência com algo que eles conhecem, que é o vagalume e sobre como brilha a natureza, a função que tem o vagalume, então a partir disso decidimos explicar este fenômeno a partir da bioluminescência e da quimiluminescência utilizando conceitos quânticos.

Fonte: Entrevistas aos PFIQ, 2011

Os PFIQ estiveram preocupados não só em ensinar conteúdos. Por exemplo a PFIQ1, menciona que é importante partir de experiências proximas à vida dos Estudantes com temas como as "drogas"; o PFIQ2 menciona que ensinar os Estudantes questionado-os fez com que ele se questionasse também sobre o que ele sabe, reconhecendo a importância de poder saber de maneira consciente sobre o que há de se saber e saber fazer, isto é apontado em sua fala *"[...] como eu disse, a gente agora pode misturar muitas coisas, mas já as entendendo e analisando-as, uma relacionada com as demais nos permite fazer trabalhos melhores [...]"* também ele menciona que conhecer os diferentes Modelos Pedagógicos o ajudou para caracterizar o Modelo Tradicionalista, desse modo, quando ele foi à sala de aula ele trabalhou as ideias previas dos Estudantes e a aprendizagem significativa. "*[...] Enquanto à Quântica e a Filosofia da Ciência, foi importante explicar o tema sem necessidade de estar representando coisas que possam ficar fixas na mente dos jovens, como que isso é assim [...]*" com esta ideia do PFIQ2 pode inferir-se que ele sabe que a representação pode induzir o pensamento do Estudante acreditando que o mundo é tal qual é representado.

O PFIQ3 mostra de maneira reflexiva que teve que usar a Pedagogia Tradicionalista para que os Estudantes começassem a participar, ele analisou seu papel como tradicionalista no começo, pois, segundo ele foi difícil que os estudantes participassem. Porém, acredita que nem sempre pode ser catalogada esta forma de agir como tradicionalista. No entanto, para ele toda ação em que o Professor é o único que fala, é tipificada como tradicionalista. Pode-se analisar que os PFIQ não assumem que a transformação de uma sala de aula passiva em uma sala de aula ativa é um processo que deve ser liderado por eles até conseguir motivar, interessar e gerar um clima de aula propício para o Estudante expor o que ele pensa. Na seguinte fala vê-se precisamente isso quando ele diz: *"[...] Pois com o que aprendemos aqui no Curso tivemos essa capacidade de poder ir conhecendo o que eles pensavam, então, pois, aplicamos uma leitura para que eles fossem dizendo que conheciam e isso foi como um teste de ideias prévias, a partir disso já fomos desenvolvendo a aula [...]".*

O PFIQ4 faz uma análise do seu saber e saber fazer baseado na experiência de aula, ele resgata que ensinar usando o contexto do Estudante facilita a compreensão deles, isso foi percebido por ele quando foram incorporados os personagens de um programa de TV chamado "Dragon Ball" para explicar o conceito de Fissão. Ele também analisa que a introdução de um simulador gerou a ideia de que o fenômeno acontece da mesma forma na realidade, o PFIQ4 analisa que, de alguma maneira, os recursos que o grupo dele usou e a forma como foram trabalhados, refletindo sobre seu

papel como professor, o fez ciente dos erros e acertos nas atividades trazidas para o ensino da ciência.

Com respeito ao PFIQ5, para ele o fato de partir de uma situação conhecida pelo Estudante favoreceu a explicação do conhecimento científico e seu ensino em sala de aula, isto é, a contextualização do conhecimento é um elemento determinante que o professor deve levar em consideração como parte do conhecimento do conteúdo.

A pergunta 4 procurou indagar sobre o repertório de Representações construídas pelo PFIQ para realizar o Ensino da Química, isto é o que Loughran, Mulhall e Berry (2004) denominam a Representação do Conteúdo (ReCo). No Quadro 40 encontram-se as respostas a esta pergunta.

Quadro 40. Respostas dos PFIQ à quarta pergunta da entrevista

Pergunta 4. Quais tipos de representações, modelos e teorias foram utilizados? Como foram introduzidos no processo de ensino com os estudantes?	
PFIQ1	Foi introduzido o tema dos Neurotransmissores mediante uma História com imagens, para que eles pudessem relacionar digamos o cérebro de uma pessoa viciada com o cérebro de uma pessoa normal, foram usados exemplos da bioquímica dos ratos que é muito parecida à nossa de humanos, para que eles soubessem como era o processo da heroína no cérebro, as sinapses, os Modelos Atômicos e o que é o elétron e todas essas coisas.
PFIQ2	Pois, primeiro para saber que tipo de representações poderiam ser usadas fizemos atividades diagnósticas e vimos corroborando com o que tinha sido feito, ou seja, que o Modelo que a pessoa que está ensinando usa é diferente do Modelo de quem está aprendendo, quem está aprendendo usa Modelos mais inconscientemente, então, por exemplo, na atividade do átomo nós nos demos conta que quando eles desenham o átomo eles estavam fazendo representações do átomo, mas em si não estavam fazendo um Modelo, ... não estavam abarcando o Modelo em sua representação, porque quando no momento do debate sabiam do desenho e algo a mais, mas não entendiam em si o Modelo, depois disso evitou-se desenhar, então buscamos fazer analogias, representações mediante analogias. Por exemplo, transições eletrônicas foram explicadas mediante um "Hotel e seu hóspede"[...] então nessas analogias fazíamos ênfase em lhes dizer que esse objeto ou essa imagem que estava representando não representava a totalidade da realidade, senão uma parte, uma função e, pois, a partir disso nós nos demos conta que o interesse do Estudante foi despertado quando o relacionava com a vida quotidiana, então por meio das atividades que lhes deixamos para fazer em casa, lhes pedimos que fizessem relações do que aprenderam na aula com a vida quotidiana, e pois deu resultado, então usamos representações icônicas e contrastamos as representações que eles faziam e, pois, vimos a partir delas e a discussão dos Modelos deles e também contrastamos com os nossos.
PFIQ3	Pois, nosso tema foi Auroras Boreais, inicialmente nos nós demos conta que tínhamos uma ideia, mas era muito pouco o que podia ser explicado. A partir disso, buscamos explicar o tema relacionando-o com o efeito fotoelétrico, depois íamos lendo mais para argumentar mais ~~as~~ coisas e nos demos conta que primeiro tínhamos que explicar a fluorescência para chegar a outros temas, [...] Inicialmente começamos com representações gráficas para que eles se dessem conta do que era uma aurora, porque eles não as conheciam, a partir disso com os vídeos e com outros desenhos tentamos mostrar

	essa interação entre o plano solar e os íons que estejam na ionosfera e então começamos a juntar todas essas representações e ir explicando pouco a pouco até chegar à fluorescência que foi o tema que mais abrange as auroras boreais e a partir do qual podíamos explicar melhor o tema.
PFIQ4	Bom, os Modelos trabalhados, os Modelos Atômicos que tinham servido do Modelo e que tínhamos trabalhado e, pois, as Representações como tinha dito anteriormente a representação de Dragon Ball e um slide que mostrava a Fissão do átomo, além disso, de forma gráfica como funciona uma bomba atômica, [...] ahhh, além disso, na fissão usamos a Teoria da Gota da água que diz que as moléculas comportam-se como as partículas em uma gota de água, então se a gente deixa cair uma gota de água supõe-se que a gota se divide.
PFIQ5	Tem [...] em Teorias, Modelos e Representações depois de ter estado com os Estudantes nós nos demos conta de que adotamos um Modelo dos Modelos de Merce Izquierdo que diz que nós devemos começar a pensar em Teorias e fatos propondo hipóteses e assim, mediante a interação com os Estudantes, a partir de Teorias e dos Modelos um pensa assim e pode chegar a explicar aos Estudantes e, que eles interatuem com a gente e, além de que já eu proponho hipóteses e eles interagem entre eles e assim posso saber se eles estão compreendendo. E na parte em que Chamizo também menciona que a partir de experiências e da sociedade em que eles estão, a gente assim mesmo vai desenvolvendo o Modelo que acredita que é mais adequado para desenvolver a temática.

Fonte: Entrevistas aos PFIQ, 2011

A compreensão da Representação e do Modelo, não só como um recurso pronto senão como uma forma de estruturar o pensamento e como uma atividade intencional, convencional, segundo Van Fraassen (1994) permite definir a seleção de aspectos, cuja precisão é decisiva e relativa ao contexto estabelecido pelos elementos precedentes. Assim, a intenção do PFIQ1 foi a de construir representações científicas escolares sobre os Neurotransmissores mediante uma História que partiu de um contexto conhecido pelos Estudantes.

Para o PFIQ2, seu raciocínio indica que existem diferenças entre o Modelo do Estudante e o Modelo do Professor. Vai mais além ao afirmar que as representações feitas pelos estudantes não podem ser enquadradas em um Modelo como tal. Como foi mencionado por Greca e Santos (2005), nem toda representação corresponde a um Modelo. Ao mesmo tempo, para o PFIQ2 a representação não é reduzida ao desenho, para ele o fato de que os Estudantes não conseguiram explicar os desenhos usando algum Modelo indica que eles ainda não o compreenderam quando foi ensinado, razão pela qual eles optaram por não fazer desenhos para explicar e valeram-se de analogias que envolveram o Estudante na temática, como com a analogia do "Hotel e seu hóspede". O PFIQ2 tem conhecimento de que a analogia representa uma parte da realidade, mas não é a realidade, assim preocupa-se

em passar isto para os Estudantes e, finalmente, ele reflete sobre seus próprios Modelos e Representações ao contrastá-los com os dos Estudantes.

O PFIQ3 faz uma análise sobre qual conhecimento científico deve ser levado à aula para explicar o fenômeno das Auroras Boreais. Ao fazer uma revisão do tema, ele tem dificuldades para procurar as Teorias e Modelos que lhe permitiriam compreender primeiro o fenômeno antes de explicá-lo aos Estudantes. Esta dificuldade pode ser devido a que o conhecimento do conteúdo que ele tem é reduzido e isso mesmo faz com que a construção de um repertório de representações seja limitado, razão pela qual recorre aos gráficos que estão na internet para explicar o fenômeno aos estudantes. A respeito destas dificuldades pode inferir-se que o CPC do PFIQ3 está comprometido com os domínios do conhecimento e isso repercute nas formas de manifestá-lo em sala de aula.

O PFIQ4 incoropora a concepção de Modelos em seu discurso, isto é percebido quando adota um Modelo para explicar o fenômeno da Fissão, isso mostra que o professor começa a pensar o mundo com teorias, modelos e representações.

No caso do PFIQ5, ele se apropria o conceito de Modelo e diz que o que ele fez foi um Modelo de Modelos ao citar que tomou em consideração o Modelo de Merce Izquierdo, essa fala é um indicador de que o professor levou em consideração de forma consciente o que é Modelo. Também ele afirma que lhe permite pensar para ensinar a Química, em sua fala ela diz:

> *"[...] começar a pensar em Teorias e fatos propondo hipóteses e assim, mediante a interação com os Estudantes, a partir de Teorias e dos Modelos, um pensa assim e pode chegar a explicar aos Estudantes e que eles interatuem com a gente e além de que já eu proponho hipóteses e eles interagem entre eles e assim posso saber se eles estão compreendendo [...]".*

Esta fala diz respeito ao saber do professor e o saber fazer em sala de aula, só que isso foi possível porque o PFIQ5 teve a experiência de trabalhar com Modelos em sala de aula, o que lhe possibilitou vivenciar e ver os limites e possibilidades que ele tem quando tem como subsídio estes fundamentos. Isto pode indicar que o CPC articulado nesta experiência se constitui em uma amálgama de saberes que permitem ao professor agir conscientemente em sala de aula para pode lidar com os problemas que surgem ao longo do processo de ensino e aprendizagem.

Na pergunta 5 é questionado sobre os aportes que o PFIQ consideram que tiveram durante o processo desenvolvido. No Quadro 41 aparecem as respostas dadas por eles.

Quadro 41. Respostas à quinta pergunta pelos PFIQ à entrevista

Pergunta 5: Quais aportes o *curso de modelos didáticos e a experiência na escola* deram para sua formação e para a compreensão da Química e seu ensino?	
PFIQ1	Pois, a nível conceitual definitivamente a partir da Quântica é mais fácil entender certos processos do que a partir do normal a gente não vê, [...] se […] e com relação ao ensino, digamos que a gente pode chegar a ensinar os Estudantes de uma forma diferente, mais Didática na Quântica que todo o Mundo acredita que é mais difícil e eles captam melhor as coisas quando se leva a Química aplicada.
PFIQ2	Que bom, […]. Primeiro o que falávamos anteriormente víamos as Ciências em geral como segmentadas, ou seja, como é o processo de aprendizagem, e a Ciência é ... vai em uma direção só, então essa direção está dividida em segmentos, sim. Então e me deu suportes que podemos ver a Ciência ainda que esteja direcionada podemos aprender o máximo possível e o que a gente deseja aprender, que essa Ciência se pode relacionar muito entre si, e às vezes pensamos que só basta o saber o disciplinar para ensiná-lo e, já entendê-lo a partir de outro ponto de vista que é o da Pedagogia e da Didática ajuda a melhorar estes processos. No que concerne à Ciência, aprendi muito da Quântica, conheci novos Modelos, no pessoal foi bom porque foi minha primeira prática como docente e me dava muito medo, mas já depois, como que a gente se desenvolve e, pois a confiança a ser o que quero ser que é ser Licenciado e pronto.
PFIQ3	Acredito que é uma pergunta muito fechada. Foram muitas coisas, … ou seja, limitar-me a algo concreto,… Eu acho pessoalmente que teve coisas muito marcantes digamos a conferência sobre a História e Filosofia é algo importante dentro do ensino, o que disse no início entender representações, modelos e teorias, geralmente como docente à hora de ensinar se necessita ter claro essas coisas para poder ensinar. Outra das coisas foi as teorias da Pedagogia, seu avanço conhecer este âmbito pedagógico é algo significativo, pois porque para o presente e para o futuro nos dá ferramentas para saber o que fazer em determinado momento, se não consegue controlar o grupo o tradicionalismo tem certas maneiras de controle mas se a Escola nos dá outras oportunidades pode utilizar outros mecanismos para fazer sua aula todas essas coisas são enriquecedoras.
PFIQ4	Bom, então ao chegar à Escola, me dei conta que me faltava como entender os conceitos de forma mais clara para poder explicá-los com palavras, mas simplesmente muitas vezes usamos as palavras muito técnicas que só nós entendemos, mas que os Estudantes não. Enquanto à formação em docência me serviu bastante porque, bom é a primeira vez que nos nós enfrentamos um grupo para ditar uma aula e consegui corrigir vários erros que tinha enquanto ao dirigir o grupo e o tom da voz, porque, a gente aqui em uma exposição tem dificuldade, mas lá na aula em meu caso e de meus colegas as palavras fluíam e pudemos explicar melhor os temas,... No conceitual me serviu bastante porque eu não tinha todo esse conhecimento até este momento, só conhecia o Modelo de Bohr, ... Sabia que existia a equação de Schrödinger, a reconhecia, mas não sabia o que significava cada operador, também não conhecia os Modelos Quânticos o Modelo de Heisenberg, o Modelo de Dirac, nem tinha conhecimento do experimento do gato na caixa, ... Então tudo isso me serviu bastante e também, pois, para explicar a partir dali muitas coisas da Química porque digamos muitos conhecimentos da Química a gente os têm, mas não sabia que eles vieram dessa Teoria Quântica, então já se pode ir associando isto com os conhecimentos em Química que já temos.

PFIQ5	Aportou-me na Teoria Quântica, pois gostei muito dessa parte, para começar a ver as Teorias para poder levar isto à aula e mais experiência para trabalhar com os Estudantes, a começar a ver que não é somente ir ensinar Química, senão ter em conta o contexto no que eles se desenvolvem e que tem que interagir com os Estudantes. Todos os Modelos que se propuseram me aportaram no conhecimento da Quântica na parte da Química para começar a ver a Química de distintas maneiras, isso foi o que me aportou porque eu gosto mais dessa parte.

A respeito dos aportes, quase todos os PFIQ mencionam que a temática abordada durante o Curso foi importante. Por exemplo, da resposta da PFIQ1 pode inferir-se a construção do Conhecimento do Conteúdo baseado na Teoria Quântica, pois para ela esse conhecimento lhe permitiu compreender e ensinar melhor a Química. Como ela diz: *"[...] é mais fácil entender certos processos que a partir do normal a gente não vê [...]"* Para o PFIQ2, os domínios do conhecimento não se limitam somente à disciplina, existem outros saberes que seriam, neste caso, o conhecimento pedagógico e didático, isso é o que ela responde na seguinte fala:

> *"[...] às vezes pensamos que só basta o saber disciplinar para ensiná-lo, e já entendê-lo a partir de outro ponto de vista que é a Pedagogia e a Didática ajuda a melhorar estes processos" e também que "no pessoal foi bom foi minha primeira prática como docente e me dava muito medo, mas já depois, como que a gente se desenvolve [...]".*

Na fala do PFIQ3 pode notar-se a valorização que ele faz sobre o "saber" baseado em Teorias, Modelos e Representações e sobre o "saber fazer" fundamentado no conhecimento pedagógico, apontando que isto refletirá em sua práxis tal e qual aparece no seguinte trecho da fala:

> *"[...] o que disse no início entender representações, modelos e teorias, geralmente como docente na hora de ensinar se necessita ter claro essas coisas [referindo-se à História e a Filosofia] para poder ensinar. Outra das coisas foram as teorias da Pedagogia, seu avanço conhecer este âmbito pedagógico é algo significativo, pois porque para o presente e para o futuro nos dá ferramentas para saber o que fazer em determinado momento[...]"*

A respeito da resposta do PFIQ4, sobre o seus domínios de saber, ele é ciente de suas limitações e de como isso influiu no saber fazer, pois ele afirma: *"[...] me dei conta que me faltava entender os conceitos de forma mais clara para poder explicá-los com palavras, mas simplesmente muitas vezes usamos as palavras muito técnicas que só nós entendemos, mas, que os Estudantes não [...]".* No saber experiencial também ele resgata que o trabalho em sala de aula o

ajudou: *"[...] Enquanto à formação em docência me serviu bastante porque, pois, bom é a primeira vez que nós enfrentamos um grupo para ditar uma aula e consegui corrigir vários erros que tinha [...]".*

Para o PFIQ5 o aporte esteve, sobretudo, em *"[...] mais experiência para trabalhar com os Estudantes, a começar a ver que não é somente ir ensinar Química, senão ter em conta o contexto em que eles se desenvolvem e que tem que interagir com os Estudantes [...]"*. Pode inferir-se disso que o processo foi relevante na construção do Conhecimento do Conteúdo, pois esse conhecimento lhe permitiu compreender e ensinar melhor a Química.

As respostas dos PFIQ coadunam com Borges (2004) ao propor que a natureza dos saberes tem uma origem social e o saber da experiência, além de ocupar um lugar estratégico frente aos outros saberes, também serve de substrato de base em relação aos outros conhecimentos. Isso significa que podem ser avaliados, mediante o saber experiencial, os outros saberes quando são incorporados pelo trabalho do Professor, quando são processados, transformados e construídos em função da realidade e das situações de ensino, tal como ocorreu com a proposta de ensino desenvolvida pelos PFIQ na Escola.

No que diz respeito aos saberes mobilizados, eles foram avaliados nos domínios e manifestações do trabalho como professores e durante o ensino. Tal mobilização não é um processo fácil de deslocamento. Para que ela tenha sentido, é preciso que o professor, além de estar ciente disso, consiga agir perante as dificuldades e avanços. Dessa forma é possível esperar resultados diferentes e inovadores em sala de aula, tal como é colocado por Tardiff e Lessard (1999):

> Ensinar é mobilizar uma grande variedade de conhecimentos compostos, revestindo-os no trabalho, para adaptá-los e transformá-los para e pelo trabalho. Assim, a experiência do trabalho não é apenas o lugar onde os conhecimentos são aplicados; ela é, em si mesma, um conhecimento do trabalho sobre os conhecimentos, o quer dizer reflexão, tomada de consciência, reiteração, apropriação de tudo o que o docente sabe dentro do que sabe fazer, com a finalidade de produzir a própria Prática Profissional. E os saberes da experiência não só fazem parte do conjunto de saberes, como constituem o lugar onde esses saberes são amalgamados (apud BORGES, 2004, p. 70)

Frente ao exposto, surge também uma questão que é colocada por Lederman e Zeidler (1987) quando afirmam que é possível que o professor exiba um razoável

conhecimento da Filosofia da Ciência sem que traduza, necessariamente, tal conhecimento nas suas ações em sala de aula. Isto em razão de que, além dos fundamentos filosóficos, sua aplicação envolve mudanças em seu pensar e em seu fazer, pois não é suficiente investir na fundamentação filosófica sem o professor ter um posicionamento frente ao ensino e ao que ele ensina, procurando sempre uma renovação didática e metodológica de suas aulas. Desse modo, tentar enfocar a Formação de Professores fora dos padrões tradicionais do indutivismo ingênuo é um desafio para o qual nem todos aqueles filosoficamente aptos podem estar psicologicamente preparados e socialmente motivados.

Segundo Porlán *et al.* (2001), para a administração educativa do conhecimento teórico, entendido como conhecimento científico relacionado com as ciências da educação e com as disciplinas vinculadas aos conteúdos educativos, e o conhecimento prático relacionado com o exercício profissional, são os dois eixos que devem ajudar a estruturar e desenhar o *curriculum* dos cursos de Formação de Professores.

CONCLUSÕES

Este estudo procurou mostrar as contribuições que uma fundamentação em História, Filosofia e Sociologia da Ciência podem proporcionar à Formação Inicial de Professores de Ciências da Natureza e, particularmente, da Química.

Destacamos alguns dos pontos que a pesquisa e a análise dos dados constituídos durante o processo puderam explicitar:

1. Os Professores em Formação Inicial precisam *saber Ciência* e *saber sobre a Ciência* considerando sua fundamentação epistemológica e ontológica, como foi evidenciado no processo desenvolvido com os PFIQ. Estes fundamentos mostraram-se importantes para Ensinar a Ciência e para poder construir o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo, favorecendo o trabalho do professor e sua interação com os estudantes em sala de aula.
2. Em diversas oportunidades do processo de constituição dos dados, os PFIQ mencionaram a relevância do estudo da HFC, enfatizando a necessidade de questionar sobre o que é a Ciência e como o professor utiliza as representações para explicar os fenômenos, as teorias e os modelos como formas de compreender como funciona o mundo. Para isso é necessário entender como este foi construído, como se transforma e como são realizadas as práticas científicas que dão origem ao conhecimento.
3. Uma formação pedagógica baseada em saberes fundamentados na História e Filosofia da Ciência pode ser entendida como a necessidade de contextualizar o conhecimento científico, de modo que ele seja compreensível e interessante para os futuros professores, pois esses saberes podem auxiliá-los no ensino da Ciência, na melhoria de suas concepções sobre ciência, bem como nas práticas voltadas à educação científica na escola (SOLBES; TRAVER, 2001).
4. O Professor em Formação deve ter um conhecimento mais acurado/aprofundado das representações. Observou-se durante a pesquisa que as conceitualizações sobre o que são Teorias, Modelos e Representações têm ficado no patamar de fundamentos cognitivistas. Embora os trabalhos acadêmicos incluam em suas reflexões alguns casos de experiências baseadas em instrumentações, estes se limitam em identificar

e caracterizar os tipos de modelos sejam científicos, materiais, mentais, etc. De algum modo, isto reduz os estudos sobre as Representações Científicas a uma leitura do mundo externo mediante a construção do mundo interno, desconsiderando o valor que têm outros contextos na construção destas conceitualizações. Na pesquisa percebeu-se que o professor em formação age em seu contexto para construir as representações que ele tem do mundo, valendo-se de diversos contextos científicos, sociais, históricos, culturais, tecnológicos, dentre outros, dependendo da finalidade dada a eles. Portanto, é preciso explorar este campo em toda a sua complexidade.

5. A Formação de Professores deve aproximar-se às perspectivas provenientes do Pluralismo Ontológico, Epistemológico e, inclusive, no plano Educativo, já que isto contribuiria para pensar que o homem constrói um mundo com os outros, e esse mundo está permeado de contextos sócios, políticos, culturais e ideológicos, que fazem parte de sua história. Assim, todos têm a possibilidade de construir representações que estão ligadas a uma construção de mundo que abrange e dá conta daquilo que somos. Razão pela qual cada sujeito é responsável pela construção de seu próprio mundo e a Escola deve propiciar isso, transformando as dificuldades em oportunidades. Desse modo, o Professor em Formação Inicial conseguiria lidar com os problemas que nele se geram e entender que a riqueza está na diversidade e não na redução do conhecimento a formas únicas já preestabelecidas.
6. É necessário facilitar a construção e mobilização de saberes durante a Formação de Professores, uma vez que tal mobilização não é um processo fácil de deslocamento. Isto implica analisar e avaliar os domínios e manifestações do trabalho do professor, que abrange múltiplos saberes, pois, como proposto por Borges (2004), os saberes dos docentes são plurais, heterogêneos, compostos, hierárquicos, interativos e relacionais. Pesquisar sobre eles implica na consolidação de fundamentos que mobilizem o professor, para que este esteja ciente não somente de seu "saber" e seu "saber fazer", mas consiga agir perante as dificuldades e avanços. Dessa forma, é possível esperar resultados diferentes e inovadores em sala de aula.

7. É necessário formar o Professor para ensinar a Ciência não como um acúmulo de conteúdos e técnicas estabelecidas, mas como um bem cultural, pois, "saber uma Ciência", como a Química, deve ser entendido de tal forma que o futuro professor tem de ir construindo, vivenciando e se enriquecendo para construir seu próprio Conhecimento Pedagógico do Conteúdo e poder desenvolver-se em sala de aula auxiliado pelo repertório de representações que ele consegue elaborar, levando, assim, esse bem cultural para a sala de aula e,
8. Incorporar o "saber da experiência" na Formação do futuro Professor, pois além de ocupar um lugar estratégico em relação aos outros saberes, ele também serve de base aos outros conhecimentos. Isso significa que os outros saberes podem ser avaliados mediante o saber experiencial quando eles são incorporados ao trabalho do Professor. Dessa maneira, se quer dizer que a relação teoria – prática deve ser mais explorada durante a formação, não somente no final do curso, pois, muitos dos PFIQ estudados nessa pesquisa, mesmo estando no segundo ano, manifestaram depois da experiência na Escola que apenas nesse momento estavam começando a dimensionar o significado que tem o "ser professor".

Finalmente, como reflexão e como fruto desta pesquisa, como Professora Pesquisadora, foi experimentada uma sensação de satisfação pelos resultados produzidos, pois foi um processo de estruturação, planejamento e articulação de ideias. Processo esse fundamentado em experiências que confluíram no que se constitui hoje como o real construído, com o valor e significado que isto "representa". Cabe aqui definir "representação" em todo seu contexto, pois ela foi intencional, convencional, orientadora, motivadora e mobilizadora do saber, do saber fazer e o saber ser, como pesquisadora e professora. Não foi por acaso que o problema abordado atingiu tal magnitude e abrangência, tantos foram os elementos, aportes e fundamentos, que se converteram em ações, pensamentos e expressões, reflexos de cada uma das atividades desenvolvidas. O desafio, entretanto, continua; ficam avanços, expectativas e lacunas que precisam ser trabalhadas. O que aconteceu aqui foi uma possibilidade que a vida me permitiu vivenciar e da qual são levadas muitas sensações, conhecimentos, saberes e experiências, que serão o motor para continuar construindo o caminho que faz parte da vida profissional e pessoal. A

vontade é seguir trabalhando e fazer parte dos projetos de vida profissional dos futuros docentes com o desejo de ser melhor a cada dia e contribuir com a construção de comunidades que transcendam fronteiras e aproximem as nações, trabalhando, assim, na educação de seres humanos mais competentes, com princípios e valores que melhorem a qualidade de vida das pessoas.

REFERÊNCIAS

ADÚRIZ-BRAVO, A.; IZQUIERDO-AYMERICH, M. Diretrices para la formación epistemológica del futuro professorado de ciencias naturales. In: PERAFAN, G. **Pensamiento y conocimiento de los profesores.** Debates y perspectivas internacionales. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, 2002. p. 127-139.

ADÚRIZ-BRAVO, A.; IZQUIERDO-AYMERICH, M. Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. **Revista electrónica de investigación en educación en ciencias**, v. 4, n. Especial 1, p. 40-49, Febrero 2009.

AGUERO, G. Prácticas y representación. In: MINHOT, L.; TESTA, A. **Representación en ciencia y en arte**. Cordoba: Editorial Brujas, 2003. Cap. Parte I, p. 57-87.

ANDRÉ, M. Pesquisa, formação e prática docente. In: ANDRÉ, M. **O papel da pesquisa na formação e na prática dos professores**. 2a edição. ed. Campinas, SP.: Papirus, 2002. Cap. 3, p. 55-69.

BACHELARD, G. **Le pluralisme cohérent de la cheimie moderne**. Tradução de Estela Abreu. Primera edição. ed. [S.l.]: [s.n.], 1973.

BACHELARD, G. **A filosofia do não**. Tradução de Joaquim Moura. 5ta Edição. ed. Lisboa: Editorial Presença Ltda, 1991.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Tradução de Estela Abreu. 1" edição. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BACHELARD, G. **A epistemologia**. Tradução de Fátima Lourenço e Mário Carmino. Lisboa: Edições 70 Lda, 2001.

BACHELARD, G. **O pluralismo coerente da química moderna**. Tradução de Estela Abreu. 1" edição. ed. [S.l.]: Contraponto Editora, 2009.

BAILLAUQUÈS, S. Trabalho das representações na formação dos professores. In: PAGUAY, L., et al. **Formando professores profissionais. Quais estratégias? Quais competências?** Tradução de Fátima Murad e Gruman Eunice. 2a Edção revista. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001. p. 37-54.

BAILLAUQUÈS, S.; KEMPF, M.; ROUSVOAL, J. **Représentations du métier et de la formation chez les futurs enseignants**. à paraître. ed. Paris: Biennale de l' Education et de la formation, 1994.

BARTOLOMÉ, M.; ACOSTA, A. Articulación de la investigación popular con la educación formal. Investigación participativa. **Revista de Investigción Educativa** , v. 20, n. 2, p. 151-178, 1992.

BASTOS, J.; SIQUEIRA, A. O experimento da Dupla Fenda como exemplo de incognoscibilidade? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 15, n. 1-4, p. 153-162, 1993.

BENSAUDE-VINCENT, B.; STENGERS, I. **História da Química**. Lisboa: Instituto de Piaget, 1992.

BORGES, C. **O professor da educação básica e seus saberes profissionais**. 1a Edição. ed. Araraquara: JM editora , 2004.

BOZELLI, F.; NARDI, R. Interações discursivas e o uso de analogias no ensino de Física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 1, p. 81-107, 2012.

BRZEZINSKI, I. **Professão professor:** identidade e professionalizaçõ docente. Brasília: Plano Editora, 2002.

BUNGE, M. **Treatise on Basic Philophy**. Dordrecht, The Netherland: Reidel Publishing, 1974-1989.

BUNGE, M. **Ser, Saber y Hacer**. Segunda edición. ed. Mexico: Paidós, 2002.

BUNGE, M. **Teoria e realidade**. Tradução de Gita K Guinsbug. S.P.: Editora Perspectiva, 2002.

CARVALHO, A.; GIL, D. **Formação de professores de ciências.** Tendências e inovações. São Paulo: Cortez, v. 26, 2003.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência no final?** 1a edição 4a Reimpressão. ed. São Paulo: Brasiliense., 2000.

CHAMIZO, J. Los modelos de la química. **Educación Química**, v. 17, n. 4, p. 476-482, 2006.

CHAMIZO, J. **La esencia de la química. Reflexiones sobre filosofía y educación**. 1a edición. ed. México: Universidad Autonoma de México, 2007.

CHAMIZO, J. Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. **Revista Eureka Enseñanza y Divulgación Científica**, v. 7, n. 1, p. 26-41, 2010.

CHARLIER, É. Fomar professores profissionais para uma formação contínua articulada à prática. In: PAGUAY, L., et al. **Formando professores profissionais**. Tradução de Fátima Murad e Eunice Gruman. 2a edição revista. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001. p. 85-102.

CHITTLEBOROUGH, G.; TREAGUST, D.; MOCERINO, M. **Constraints to the development of first year university chemistry students' mental models of chemical phenomena**. Teaching and Learning Forum 2002: Focusing on the student. [S.l.]: Curtin University of Technology. 2002. http://www.google.com/#hl=es&output=search&sclient=psy-ab&q=Constraints+to+the+development+of+first+year+university+chemistry+students%E2%80%99+mental+models+of+chemical+phenomena&oq=Constraints+to+the+development+of+first+year+university+chemistry+studen.

CLERMONT, C. P. . K. J. S. B. T. The influence of an intensive in-service workshop on pedagogical content knowledge growth among novice chemical demonstators. **Journal Research Science Teaching**, v. 30, n. 1, p. 21-44, 1993.

CLERMONT, C.; KRAJCIK, J.; BORKO, T. The influence of an intensive in-service workshop on pedagogical content knowledge growth among novice chemical demonstators. **Journal Research Science Teach**, v. 30, n. 1, p. 21-44, 1993.

COCHRAN, K.; JONES, L. L. The subject Matter Knowledge of Preservice Science Teachers. **International Handbook of Science Educational**, p. 707-718, 1998.

COLL, C.; ONRUBIA, J. A contrução de significados compartilhados em sala de aula: atividade conjunta e dispositivos semióticos no controle e no acompanhamento mútuo entre professor e alunos. In: COLL, C.; EDWARDS, D. **Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula**. Porto Alegre: Artes Médicas , 1998. p. 75-106.

CUEVAS, J. **La imagen Científica en la era electrónica (desde los inicios hasta 1975)**. Primeiera edición. ed. [S.l.]: Complutense de Madrid, 2010.

DIEZ, J. A.; MOULINES, C. U. **Fundamentos de la filosofia de la ciencia**. Segunda edición. ed. Barcelona: Aditorial Ariel S.A., 1999.

ESPINET, M. et al. The rol of language in modeling the natural word: perspectives in science education. In: FRASSER, B.; TOBIN, K.; MCROBBIE, C. **Second intenational of handbook in science education**. New York: Springer, 2010.

EYSENC, M.; KEANE, M. **Cognitive psycology a student' s handbook**. 2da reimpreennsión. ed. [S.l.]: Lawrence Erlbaum Associates Ltd, 1990.

FLICK, U. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. Tradução de Sandra Netz. Porto Alegre: Bookman, 2004.

FOUREZ, G. Enseñanza de las ciencias y la ciudadania. **Revista Crítica**, v. Acceso en http://www.revista-critica.com/artigos.php?id=1841, n. 948, Septiembre-octubre 2007.

GALAGOVSKY, L. et al. Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de las ciencias naturales, un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química apartir del concepto de mezcla. **Enseñanza de las ciencias**, v. 1, n. 21, p. 107-121, 2003.

GARCIA, C. M. **Formação de Professores. Para uma mudança educativa**. Portugal: Porto Editora, 1999.

GARCÍA, J.; PERALES, F. ¿Cómo usan los profesores de química las representaciones semióticas? **Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias**, v. 5, n. 2, p. 247-259, 2006. http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen5/ART3_Vol5_N2.pdf.

GARCÍA, J.; PERALES, F. ¿Cómo usan los profesores de química las representaciones semióticas? **Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias**, v. 5, n. 2, 2006.

GARRTIZ, A.; TRINIDAD-VELASCO, R. El conocimiento pedagógico del contenido. **Educación en química**, México, v. 15, n. 2, p. 98-102, 2004.

GIERE, R. **La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognitivo**. Tradução de Claudia Blanchet. 1a edición en español. ed. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnologia, 1992.

GIERE, R. **Science withouth laws**. [S.l.]: The University of Chicago Press, 1999.

GRECA, I.; MOREIRA, M.; HERSCOVITZ, V. Uma proposta para o Ensino de Mecânica Quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 4, p. 444-457, Dezembro 2001.

GRECA, I.; SANTOS, F. Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências:o caso da física e da química. **Investigaões em Ensino de Ciências**, v. 10, p. 31-46, 2005.

GUTIERREZ, R.; PINTÓ, R. Aproximación Ontológica a las concepciones de modelo científico que presentan los profesores. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. VIII

Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, n. Número Extra, p. 3637-3641, 2009.

HACKING, I. **Representar e Intervenir**. Tradução de Sergio Martínez. Primera edición. ed. México: Paidós, 1996.

HARRINSON, A.; TREGAUST, D. A tipology of school science models, v. 22, n. 9, p. 1011-1026, 2000.

HELMHOLTZ, I. V. **The facts of perception**. [S.l.]: [s.n.], 1879.

HOFFMAN, R. **Lo mismo y no lo mismo**. [S.l.]: Fondo de la cultura econõmica, 1997.

HOFFMAN, R.; LAZLO, P. Representation in chemistry. **Angewandte Chemie International Edition in English**, v. 30, n. 1, p. 1-16, January 1991. http://www.roaldhoffmann.com/pn/modules/Downloads/docs/Representation_in_Chemistry.pdf.

IBARRA, A.; MORMANN, T. Una teoria combinatoria de las representaciones científicas. **Revista Hispanoaméricana de Filosofía**, v. XXXII, n. 95, p. 3-46, 2000.

IZQUIERDO, M. La transformación del átomo químico en una particula física ¿ Se puede realizar el proceso inverso? In: CHAMIZO, J. **Historia y Filosofia de la Química**. Primera edición. ed. México: Siglo XXI editores, 2010. Cap. 8, p. 169-194.

IZQUIERDO-AYMERICH, M. **Epistemology ofb school science**. Poceedings from the third international conference of science. [S.l.]: Phylosophy of science Teaching Group. 1995.

IZQUIERDO-AYMERICH, M. Fundamentos epistemológicos en la enseñanza de la ciencia. In: CHAMIZO, J. **La esencia de la química. Reflexiones sobre filosofia y educación**. 1a edição. ed. México: Universidad Autonoma de México, 2007. Cap. 27, p. 27-59.

IZQUIERDO-AYMERICH, M.; SANMARTÍ, N.; ESPINET, M. Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. **Enseñanza de las ciencias**, v. 17, n. 1, 1999.

IZQUIERDO-AYMERICH, M. Un nuevo enfoque en la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. **The journal of the Argentine Chemical Society**, v. 92, n. 4/6, p. 115-136, 2004.

JACOB, C. Análisis y síntesis. Operaciones independientes entre la práctica y el lenguaje químico. **HYLE International Journal for philosophy of chemistry**, v. 7, p. 31-50, 2001.

JOHNSON-LAIRD, P. **Mental models**. Cambrigde: Harvard University Press, 1983.

JOHNSON-LAIRD, P. Images, models and propositional representations. In: VEGA, E. A. **Models of visuospatial cognition**. New York: Oxford University Press, 1996. p. 90-127.

JOHNSTONE, A. Chemical education research in Glasgow in perspectiva. **Chemestry Education Research and Practice** , v. 7, n. 2, p. 49-63, 2006.

JOHNSTONE, A. You can't get there from here. **Jorunal of chemical education**, v. 87, n. 1, p. 22-29, January 2010.

JONG, O.; VEAL, W. R.; VAN DRIEL, J. H. Exploring Chemistry Teachers' Knoledge Base. In: GILBERT, J.; AL, E. **Chemical Education:** Towrds Research-based Practice. [S.l.]: The Netherlands, 2002. p. 369-390.

JUSTI, R.; GILBERT, J. Phylosophy of Chemestry in university chemiical education:The case of model and modelling. **Foundations of Chemistry**, Netherlands., n. 4, p. 213–240, 2002.

KOZMA, R. et al. The roles of representatiosn and tools in the chemestry laboratory and their implications for chemistry learnig. **Journal of the Learning Science**, v. 9, n. 2, p. 105-143, 2000.

KOZMA, R.; RUSSELL, J. Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In: GILBERT, J. **Visualization in Science Education**. [S.l.]: Dordrecht, 2005. p. 121-146.

LABARCA, M. Filosofia de la química en la filosofia de la ciencia contemporánea. **Reyes**, Argentina, v. 11, n. 021, p. 155-171, 2005.

LABARCA, M. **Acerca del triangulo de joonhstone:** algunos comentarios filosóficos. 1ª Conferência Latino-americana do International History, Philosophy, and Science Teaching Group (IHPST-LA). Maresias-Brasil: Grupo de Historia e Teoria da Ciência e Instituo de Física de São Carlos. 2010. p. 101.

LABARCA, M.; LOMBARDI, O. Acerca del estatus ontológico de las entidades químicas: El caso de los orbitales atómicos. **Principia**, Santa Catarina, v. 14, n. 3, p. 309–333, 2010. http://www.cfh.ufsc.br/~principi/p143-1.pdf.

LATOUR, B. Drawing things together. In: LYNCH, M.; WOOLGAR, S. **Representation in scientific practice**. Cambridge: MIT Press, 1988. p. 19-68.

LEDERMAN, N.; ZEIDLER, D. Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teacher behaviour? **Science Education**, v. 71, n. 5, 1987.

LEMKE, J. **Teaching all lenguages of science:** words, symbols, imagens,and actions. Conference on science education. Barcelona: Disponível em:. Acesso em: 02 mar 2012. 1998.

LOMBARDI, G.; CABALLERO, C. Lenguaje y discurso en los modelos conceptuales sobre equilibrio químico. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 3, p. 383-412, 2007.

LORENZANO, P. **La teorización filosófica sobre la ciência en el siglo XX**. Boletin de la Biblioteca del Congreso de la Nación. [S.l.], p. 29-43. 2001-2002. (121). http://www.infoamerica.org/teoria_articulos/lorenzano01.pdf.

LOUGHRAN, J.; MULHALL, P.; BERRY, A. In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. **Journal of research in science teaching**, v. 41, n. 4, p. 370-391, 2004.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação:** abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, N. J. **Epistemologia e didática:** as concepções de conhecimento e inteligência e a prática docente. 4a edição. ed. São Paulo: Cortez, 2000.

MAGNUSSON, S.; KRAJCIK, J.; BORKO, H. Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In: NEWSOME, J.; LEDERMAN, N. **Examining pedagogical content knowledge:** Tha construct and its implica-tions for science education. Dordrecht: The Netherlands, 1999. p. 95-132.

MALDANER, O. Concepções epistemológicas no ensino de ciências. In: SCHNETZLER, R.; ARAGÃO, R. **Ensino de ciências fundamentos e abordagens**. Piracicaba: Capes/Unimep, 2000. p. 60-81.

MALDANER, O.; BASSO, L. Pesquisa educacional e produção de conhecimento do professor de química. In: SANTOS, W.; MALDANER, O. **Ensino de química em foco**. Rio Grande do Sul: Editora Unijuí, 2010. Cap. 4, p. 101-130.

MARQUES, L.; MARQUES, C. **Dialogando com Paulo Freire e Vygotsky sobre educação**. Reunião anual da associação nacional de Pós-graduação e pesquisa em educação (ANPED). Caxambul/MG: [s.n.]. 2006. p. 29.

MARTÍNEZ, S.; GUILLAUMIN, G. **Historia, filosofia y enseñanza de las ciencias**. México: Universidad Nacional Autonoma de México, 2005. www.libros@filosofica.unam.mx.

MARTINS, I.; OGBORN, J.; KRESS, G. Explicando uma explicação. **Ensaio**, v. 01, n. 1, Setembro 1999.

MATTHEWS, M. Historia, filosofia y enseñanza de las ciencias: La aproximación actual. **Revista Enseñanza de las ciencias**, v. 12, n. 2, p. 255-277, 1994.

MATTHEWS, M. El constructivismo en la enseñanza de las ciencias. In: MARTÍNEZ, S.; GUILLAUMIN, G. **Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias.** México: Universidad Autónoma de México, 2005. p. 419-460.

MEDEIROS, A.; BEZZERRA, F. A natureza da ciência e a instrumentação para o ensino. **Ciência e Educação**, v. 6, n. 2, p. 107-117, 2000.

MELLADO, V.; CARRACEDO, D. Contribuciones de la filosofia de la ciencia a la didáctica de las ciencias. **Enseñanza de las ciencias**, v. 11, n. 3, p. 331-339, 1993.

MINHOT, L.; TESTA, A. **Representación en ciencia y en arte**. Primera edición. ed. Cordoba: Editorial Brujas, 2003. http://books.google.com.br/books?id=wCc1R9av1zcC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.

MOREIRA, M.; GRECA, I.; PALMERO, M. Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. **Revista Brasileira de pesquisa em educação em ciências** , v. 2, n. 3, p. 37-57, 2002.

MORTIMER, E. et al. **Uma metodologia de análise e comparação entre a dinâmica discursiva de salas de aulas de ciências**. V Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências ENPEC. Bauru: [s.n.]. 2005. p. 53-94.

MORTIMER, E.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências** , v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

MUÑOZ, L. **La formación inicial de profesores de química: Una propuesta didáctica innovadora**. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, p. 240. 2004.

NARDI, R.; ALMEIDA, M. J. Educación en ciencias: lo que caracteriza el área de enseñanza de las ciencias en Brasil, segun investigaodres brasileños. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 3, n. 1, p. 24-34, 2008. http://www.exa.unicen.edu.ar/reiec/files/anio3/num1/REIEC_anio3_num1_art3_b.pdf.

NEWTON-SMITH, W. The undeterminationof theory by data. **Proceedings of the Aristotelian Society**, v. Suplementario, n. 52, p. 72, 1978.

ORTEGA, S. et al. **La UVE heurística de Gowin e o mapa conceitual como estrategias que favorecen eln aprendizaje experimental**. VII congreso Enseñanza de las Ciencias. Barcelona: Revista Enseñanza de las Ciencias. 2005 Número extra. p. 1-4.

PAGUAY, L. PHILIPE P; ALLET M. **Formando professores profissionais. Quais estatégias?Quais competências?** Tradução de Fátima Murad e Eunice Gruman. 2a edición revista. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

PORLÁN; R. POZO; TOSCANO J; GARCIA J. **La relación teoría-práctica en la formación permanente del profesorado. Informe de una investigación.** 1a Edición Noviembre. ed. España: Díada Editora , 2001.

QUÍMICA, P. C. D. L. E. **Documento de Acreditación**. Universidad Distrital. Bogotá, p. 54. 2010.

QUINTANILLA, M. Historia de la ciencia ciudadania y valores: Claves de una orientación realista-pragmática de la enseñanza de las ciencias. **Revista Educación y Pedagogia**, Medellin, v. XVIII, n. 45, p. 9-23, mayo-agosto 2006.

QUINTANILLA, M. Didactología y formación docente. El caso de la educación cient~ifica frente a los desaf~ios de una nueva cultura docente y ciudadana. **Investigación en Educación**, Galicia-España, n. 3, p. 71-94, 2006a.

REYES, I. **La interpretación filosófica de la imagen científica del mundo**. Universidad de la Laguna. España, p. 319. 2001. ftp://tesis.bbtk.ull.es/ccssyhum/cs107.pdf.

ROLLNICK, M; BENETT J; RHEMTULA M; DHARSEY N; NDLOUVU T. The place of subject matter knowledge in pedagogical content knowledge: A case study of South African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. **Intenational Journal of science education**, v. 30, n. 10, p. 1365-1387, 2008.RONALD, G. La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo, México, 1992.

SACRISTÁN, J.; GÓMEZ, I. **Compreender e transformar o ensino**. Tradução de Ernani Fonseca. 4a edição. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2000.

SANDÍN, M. **Pesquisa qualitativa em educação:** fundamentos e tradições. Tradução de Miguel Cabrera. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2010.

SANTOS, F. M.; GRECA, I. Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências: o caso da física e da química. **Investigações em ensino de ciências**, v. 10, n. 1, p. 31-46, 2005.

SHULMAN, L. Paradigmas y programas de investigación en el estudio de la enseñanza: Una perspectiva contemporánea. In: WITTROCK, M. **La investigación de la enseñanza**. Barcelona: Paidós, 1986.

SHULMAN, L. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. **Harvard Educational Review**, n. 57, 1987. 1-22.

SILVA C, A.; MORTIMER, E. Caracterizando estratégias enunciativas em uma sala de aula de química: aspectos teóricos e metodológicos em direção à configuração de um gênero do discurso. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p. 121-153, 2010.

SILVA, A.; MORTIMER, E. Caracterizando estratégias enunciativas em uma sala de aula de química: aspectos teóricos e metodológicos em direção à configuração de um gênero discurso. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p. 121-153, 2010.

SILVEIRA, H.; PINTO, P. A história da ciência em periódicos brasileiros de química: saberes para formação docente. **Revista Enseñanza de las ciencias**, n. Extra VIII Congreso Internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias, p. 37-40, 2009.

SOLBES, J.; TRAVER, M. J. La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física y la química. **Revista Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 1, p. 103-112, 1996.

SUÁREZ, E. **Variedad infinita ciencia y representación. Un enfoque histórico y filosófico.** México: Editorial Linusa, 2007.

SUÁREZ, E. **Variedad infinita:** ciencia y representación un enfoque histórico y filosófico. Primera edición. ed. México: Editorial Limusa, 2007.

TALANQUER, V. ¿ Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química? **Educación Química**, México, v. 15, n. 1, p. 60-66, 2004.

TALANQUER, V. El químico Intuitivo. **Revista Educación Química**, México, v. 16, n. 4, p. 540-547, Octubre 2005.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Tercera. ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2003.

TARDIF, M.; LESSARD, C. **Travail enseignant au quotidien. Experiénces, interation humanies et dilemmes professionells**. Quebec: Les press université Laval, 1999.

THOMAS, A.; PEDERSEN, E.; FINSON, K. Validating the Draw-A-Science-Teacher-Test Checklist (DASTT-C): exploring mental models and teacher beliefs. **Journal of science teacher education**, v. 12, n. 3, 2001.

TREAGUST, D.; MAMIALA, T. The roel of submicroscopic and symbolic representatiosn in chemical explanatios. **Journal Science Education**, v. 25, n. 11, 2003.

VAN FRAASSEN, B. **A imagem científica**. Tradução de Luiz Araújo. São Paulo: Editora UNESP, 2006.

VAN FRAASSEN, B. C. Interpretation of science:science as interpretation. In: HILGEVOORT, J. **Physics and our view of the world.** [S.l.]: Cambridge University Press, 1994. p. 169-187.

VAN FRAASSEN, B. C. **Interpretation of science; science as interpretation**. Jan Hilgevoord. ed. [S.l.]: [s.n.], 1994. 169-187 p.

VASCONCELLOS, C. **Para onde vai o professor? resgate de professor como sujeito de transformação**. 10a edição. ed. São Paulo: Libertad, 2003.

VASQUEZ, B.; JIMÉMEZ, R.; MELLADO, V. El desarrollo profesional del profesorado de ciencias como integración de la reflexión y la práctica. La hipótesis de la complejidad. **Eureka**, Cadiz-España, v. 4, n. 003, p. 372-393, 2007.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente.O desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. Tradução de José Neto. 6ª Edição. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 4 edição. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991a.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. Edição eletrônica: Ridendo Castigat Mores. ed. [S.l.]: [s.n.], 1991b. www.jahnr.org.

WILSON, S. The use of ethographic tecniques in educational research. **Review of educational research** , v. 4, n. 1, p. 245-265, 1977.

WITZEL, A. Verfahren der qualitatien sozialforshung:. **Oberblick and alternatives**, Frankfurt, 1982.

WU, H.; KRAJCIK, J.; SOLOWAY, E. Promoting understanding of chemical representations. studennts' use of a visualization toll in the classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 7, p. 821-842, 2001.

WU, H.; LINKING, J. The microscopic view of chemestry to real0life experiences; intertextuality in high-school science classroom. **Science Education**, v. 87, p. 868-891, 2003.

APÊNDICES E ANEXOS

APÊNDICE 1

Questionário de Sondagem

O questionário abaixo pretende coletar dados que aportaram informação importante para seu processo de formação, pelo que lhe pedimos respondê-lo em sua totalidade. Isto não é um instrumento de avaliação, porém, pedimos sua honestidade e compromisso frente ao material aqui apresentado.

1. Das moléculas que você conhece, escolha uma e represente-a.
2. Escolha um dos átomos da molécula anteriormente representada e represente-o.
3. Represente as seguintes sustâncias (utilize as representações que deseje)

a. Benzeno
b. Cloreto de sódio
c. Iodo

4. Você sabe como se chegou a conhecer alguma das moléculas que hoje estudamos na Química? Elabore um relato sobre a história de alguma destas moléculas.

5. Pode mencionar e explicar as contribuições que deram para a humanidade algumas das moléculas?

6.a. Qual é o significado da seguinte expressão? $$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\psi(x)}{dx^2}+V(x)\psi(x)=E\,\psi(x)$$

6.b. Existe alguma relação entre a expressão anterior e o comportamento das moléculas? Explique-a.

7. Em 1935, Erwin Schrödinger, um dos fundadores da física quântica, desenhou um experimento mental, que colocou em dúvida a solidez da teoria. Trata-se do seguinte: Suponha que um gato vivo é enjaulado numa caixa de aço junto com uma pequena mostra de material radiativo e um frasco que contem um potente veneno. Só basta que um átomo radiativo se desintegre para que o frasco de veneno exploda e mate o gato quase instantaneamente. Sem abrir a caixa:
   - Quais são as probabilidades de que o gato esteja vivo ou morto dentro da caixa?
   - Elabore uma representação que explique o que está acontecendo no interior da caixa

8. Explique os seguintes termos estabelecendo a relação que pode dar-se com os contextos: científico, ensino e a docência.

a. Modelo
b. Representação
c. Teoria
d. Fenômeno

É importante que para todas as perguntas seja dada uma resposta, assim seja para explicar as rações de por que você não sabe sobre o que se lhe esta perguntando

APÊNDICE 2

ENTREVISTA PROFESORES EN FORMACIÓN INICIAL
PROYECTO CURRICULAR DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

Respetado entrevistador, a continuación aparecen algunas indicaciones importantes que le ayudarán a orientar el desarrollo de la entrevista, la cual es de semi-estructurada, lo que permite tener como guía las preguntas que se formulan a continuación, con la posibilidad de elaborar otras a partir de las respuestas del entrevistado, teniendo cuidado de no alejarse del propósito de la entrevista, que es el de indagar acerca de las construcciones que los profesores en formación inicial fueron elaborando sobre las representaciones científicas y su fundamentación, filosófica y didáctica con miras a ser introducidas en el proceso de comprensión de las teorías y modelos que se utilizan como sustento para explicar y comprender los fenómenos científicos.

PRIMERA ETAPA
Preguntas relacionadas con el análisis y la construcción conceptual y metodológica de los modelos y representaciones de la estructura de las sustancias.

1. Con respecto a las teorías, modelos y representaciones que sobre los conceptos químicos han elaborado los científicos para entender los fenómenos científicos: ¿Qué fundamentos conceptuales le aportó el seminario desarrollado?
2. ¿Qué fundamentos desde la filosofía de las ciencias y la enseñanza de la química de los que fueron trabajados considera usted, deben ser tenidos en cuenta para comprender los modelos y teorías químicos de una forma más contextualizada?

SEGUNDA ETAPA

Proceso de intervención en el aula. Con respecto a la propuesta desarrollada en la institución educativa:

3. ¿Qué fundamentos conceptuales y metodológicos utilizó para desarrollar y proponer las actividades con los estudiantes?
4. ¿Qué tipo de representaciones, modelos y teorías fueron utilizadas y como fueron introducidas en el proceso de enseñanza con los estudiantes?
5. ¿Qué le aportó EL SEMINARIO Y LA EXPERIENCIA EN LA INSTITUCIÓN, para su formación, la comprensión de la Química y su enseñanza?

APÊNDICE 3
CARACTERIZAÇÃO DAS REPRESENTAÇÕES BASEADOS NO REFERENCIAL TEÓRICO

Sínteses das características dos níveis de representação baseado no referencial teórico						**Fundamentos da Filosofia das Ciências**
Níveis	**Competências Representacionais**	**Níveis Representacionais na Química**	**Linguagens de interpretação na Química**	**Teoria combinatória das representações**	**Síntese das características de cada nível de representação**	
Origem	Habilidade Cognitiva	Natureza da Química	Semântico	Filosofia da Ciência		Filosofia da Ciência
Autores	Kozma e Russell (2005)	Jonhstone (2006) e Galagozky *et al* (2003)	Galagozky *et al* (2003)	Ibarra e Mormann, (2000)		Hacking (1996), Bachelard (1991, 1996) e Van Fraassen (2006)
Nível 1	A Representação como imagem 1	Macroscópico 2	Linguagem Visual 3	Isomorfia 4	Baseadas somente em características físicas. 1 Corresponde ao real observável dos fenômenos químicos inclui as ideias e experiências dos estudantes. 2 Descrições ao nível macroscópico, para representar esquemas de partículas, utiliza fórmulas matemáticas ou químicas. 3 Existe uma semelhança entre os dois objetos da representação.	Epistemologicamente Realista Ontologicamente Realista

					4	
Nível 2	Representação como Habilidade simbólica 1	Semi-particulado 2	Linguagem Gráfico 3	Isomorfia – Substituição 4	Baseiam em características físicas e alguns elementos simbólicos interpretados literalmente. 1 Outorgar rasgos perceptíveis a entidades –conceptos– não perceptíveis. 2 Descrições ao nível macroscópico, para representar esquemas de partículas, utiliza fórmulas matemáticas ou químicas e planos. **3** Funcionam como substituto das entidades empíricas de diversos tipos. Existe uma semelhança entre os dois objetos da representação 4	Epistemologicamente Realista Ontologicamente Realista
Níveis	**Competências Representacionais**	**Níveis Representacionais em Química**	**Linguagens de interpretação na Química**	**Teoria combinatória das representações**	**Síntese das características de cada nível de representação**	**Fundamentos da Filosofia das Ciências**
Nível 3	Representação sintático – formal 1	Submicroscópico 2	Linguagem Formal e verbal 3	Substituição 4	Levam em conta características físicas observáveis e não observáveis de entidades ou de processos. Cujas interpretações subjazem de descrições para	Epistemologicamente Realista-racionalista Ontologicamente Realista

					atribuir-lhes significado às representações. Embora as semelhanças entre se baseiem somente nas características superficiais e subjetivas. 1 Representa entidades não perceptuais para fazer uma interpretação particular da matéria. 2 Utilizam fórmulas matemáticas ou químicas, códigos com formatos sintáticos convencionais e consensuados. .3 Funcionam como substituto das entidades empíricas de diversos tipos. 4	
Nível 4	Representação semântico-formal 1	Simbólico 2	Linguagem Simbólico 3	Homomorfia 4	Utilizam um sistema de símbolos para as entidades inobserváveis e para outro tipo de processos representados, baseando-se em regras sintáticas cujo significado subjaz da situação representada. 1 Representa entidades não perceptuais para fazer uma interpretação particular da matéria	Epistemologicamente Racionalista Ontologicamente Pluralismo Ontológico

					2 Expressadas mediante linguagem verbal e visual, elaborando explicações que são interpretadas utilizando códigos e linguagens verbais e gráficas. .3 Representações que conservam sua estrutura em domínios teóricos e empíricos, p. exe., a massa e a longitude, consistem em fazer corresponder um número que represente a cada objeto a medir. 4	
Nível 5	Representação Construção reflexiva		Linguagem verbal 3	Homologia	São construídas múltiplas representações que se utilizam para explicar relações entre as propriedades físicas, as entidades e os processos subjacentes de um fenômeno. Explica porque uma representação particular é mais apropriada que outra. Aceita representações como substituições para os fenômenos reais. 1 Elaboram explicações que são interpretadas utilizando códigos sintáticos convencionais e consensuados. .3	Epistemologicamente Racionalista Ontologicamente racionalista Pluralismo Ontológico

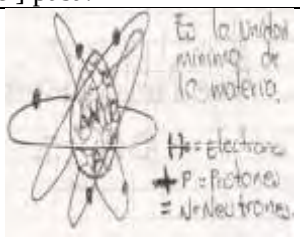
	1			4	Não depende nem da semelhança com o objeto e nem com a estrutura, senão aquelas que conservam a lógica baseada na relação entre uma categoria empírica e uma categoria simbólica, isto pode ser análogo com o que propõe Van Fraassen (1980) existe uma correspondência entre as subestruturas empíricas e os fenômenos observáveis como critério construtivo da teoria. 4	
Origem	Habilidade Cognitiva	Natureza da Química	Semântico	Filosofia da Ciência		Filosofia da Ciência
Autores	Kozma e Russell (2005)	Jonhstone (2006) e Galagozky et al (2003)	Galagozky et al (2003)	Ibarra e Mormann, (2000)		Hacking (1996), Bachelard (1991, 1996) e Van Fraassen (2006)

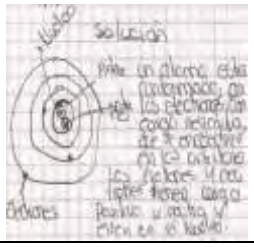
APÊNDICE 4

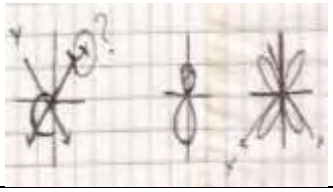
Transcrição da Aula

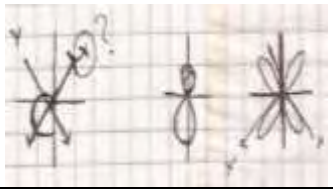
Episodio 1: Conceitos prévios e Construção da Teoria Atômica

Los Profesores escriben en el tablero las preguntas que los estudiantes debían responder y seleccionan algunos de los dibujos elaborados por los estudiantes para dibujarlos en el tablero.

Episodio 1: Indagação sobre os conceitos prévios e a construção da Teoria Atômica		
Turno 01	PFIQ5 01:34 min.	Por favor me ponen atención vamos a empezar a resolver el cuestionario entre todos entonces vamos a empezar con a primera pregunta. Dibuja y describe un átomo quien de ustedes quiere pasar a darnos la respuesta,,, [la profesora indica a un estudiante] pasa.
02	Estudiante N	[en el tablero dibujando] Dibuja un átomo 
03	PFIQ5	Por favor hacemos silencio
04	PFIQB	Muchachos pensemos en la respuesta […] entonces quienes de ustedes dibujaron algo parecido a él? [señala el estudiante en el tablero] …por qué lo dibujaron? Con que lo asociamos? Por ejemplo lo que él dibujo a que se les parece,
05	PFIQ5	[Desorden en la sala] … Por favor hacemos silencio
06	PFIQB	Estudiante N… explícanos porque dibujaste eso?
07	Estudiante N	Está compuesto por un protón, un electrón y un neutrón y las orbitas donde van girando los electrones.
08	PFIQC	Tan sólo un protón un neutrón y un electrón…
09	Estudiante N	No…pues van varios eso dependiendo del elemento ..o la molécula
10	PFIQ5	Y tú sabes de quien es este modelo
11	Estudiante N	No.. [todos quedan en silencio]
12	PFIQ5	Bueno ahora si vamos a empezar
13	Estudiante C	Es el modelo de Rutrerford
14	PFIQC	Sim é o modelo de Rutherford
15	PFIQ5	Quien más, vamos a socializar que otros modelos ustedes dibujaran, entonces vamos a ver cual dibujaron ustedes
16	PFIQC	Vamos hacer una cosa levanten la mano los que dibujaron el mismo que dibujo el Estudiante N
17	Estudiantes	7 estudiantes levantan la mano
18	PFIQB	Y de los que no levantaron la mano que otras ideas tienen son diferentes a las del estudiante N
19	PFIQ5	Tu qué hiciste (señalando una estudiante)

20	Estudiante M	Yo hice ese señala un átomo dibujado por los profesores en el tablero 
21	PFIQ5	Y sabes de quien es ,,,,
22	Estudiante M	Borh,,
23	PFIQ5	Y sabes que es esto,,,(indicado en el modelo dibujado) pasa y nos explicas
24	Estudiante M	(estudiante en el tablero) pues en el núcleo están los protones y los neutrones que tienen carga positiva y son neutros y alrededor están los orbitales que tienen los electrones con carga negativa.
25	PFIQ5	Orbitales o orbitas?????
26	Estudiante M	Orbitales …o orbitas…???
27	PFIQB	Quien más lo dibujo así…
28	PFIQ5	Bueno ahora nosotros vamos a explicar los modelos para que ustedes vean cuales son los modelos que ustedes dibujaron
29	PFIQB	El modelo de Thonsom es este y señala un dibujo del átomo en el tablero
30	PFIQC	Digamos ,,,quien dibujo ese modelo y porque
31	Estudiante D	Yo lo dibuje
32	PFIQC	Y que significa cada cosa en el dibujo
33	Estudiante D	No me acuerdo ,,,creo que son los positivos e negativos….como se llama….no me acuerdo… los positivos como se llaman
34	Estudiante N	Protones
35	Estudiante D	Eso
36	PFIQ5	Según el modelo que ustedes tienen, en donde creen que podemos encontrar los átomos?
37	Estudiantes	Todos responden en todo..
38	PFIQ5	O sea que todos lo tienen claro que el átomo está en la materia… ustedes creen que esto existe que yo lo puedo encontrar así (señalando el dibujo del átomo de Rutherford en el tablero).
39	Estudiante N	No
40	PFIQ5	Entonces esto que son?
41	Estudiante N	Indivisibles
42	PFIQ5	Hummm
43	Estudiante N	Eso es como una representación de lo que cada uno le quiere dar al átomo..si una definición propia.
44	PFIQ5	O sea nadie ha visto los átomos????
45	Estudiante L	Yo no
46	PFIQB	Entonces que es un átomo? Como los concebimos
47	PFIQA	Tú que piensas que es un átomo? Habla no importa

48	Estudiante T	Es una masa que se mueve por medio de protones y neutrones
49	Estudiante F	Que es la unidad mínima de la materia
50	Estudiante s	Es una partícula microscópica que forma una sustancia
51	Estudiante N	Es un objeto microscópico que conforma las cosas de nuestro alrededor
52	Estudiante G	Yo pienso que es una partícula microscópica que tiene cargas positivas e neutras que conforman la masa atómica
53	PFIQ5	Bueno vamos a hablar de cada uno de los modelos
54	Estudiante N	El profesor de Química nos explicó esto pero de forma general y no me acuerdo mucho
55	PFIQ5	Entonces vamos a comenzar el primero que habló de la materia en sí fue Demócrito y Leucipo, ellos dijeron que el átomo era una partícula indivisible
56	PFIQC	Entonces cuando los físicos y los químicos comenzaron a estudiar el átomo el primero que comenzó a hablar de átomo como tal fue John Dalton, el no hizo un modelo como tal, en el que finalmente dijo que el átomo estaba conformado por un núcleo y unas partículas que giraban alrededor de él. Luego vino Thomson, que lo llamaron el modelo del pudin en ese se entendía como un pastel que contiene las cargas positivas y negativas (señalando el dibujo en el tablero) el primero que hablo de cargas. Luego vino Rutherford con su modelo planetario (Señalando el modelo) en donde los electrones giraban en unas orbitas alrededor del núcleo y los protones y los neutrones estaban en el interior del núcleo. Luego vino Bohr dijo que los electrones giraban alrededor del núcleo en unas orbitas de radio conocido (señalando en el modelo representado en el tablero) es decir podemos medir la distancia que hay entre el núcleo y las orbitas. 
57	PFIQ5	Después viene Sommerfield, quien dijo que los electrones no sólo giran en forma circular, sino también elíptica. Después viene el modelo Schrödinger, ya habían escuchado sobre él…. Pero entonces ustedes porque hacen el Rutherord si el de Borh viene después.
58	Estudiante N	Porque dicen que ese es el modelo del átomo actual. Sólo nos enseñaron el átomo de Bohr, Rutherford y Dalton.
59	PFIQ5	Humm ustedes han escuchado algo de la teoría cuántica
60	Estudiantes	(Murmullo) …cuánticas es cantidad… (todos quedan en silencio)
61	Estudiante M	Pues una vez no explicaron que los electrones giraban en esos diagramas con esas formas (señalando en el tablero un orbital p dibujado por o profesor C)
62	PFIQC	En la teoría cuántica sabes cómo se llaman esos diagramas…
63	Estudiante M	No
64	PFIQC	Ese es uno de los principales cambios en el átomo, como vimos antes del átomo de Bohr se llamaban orbitas en la teoría cuántica se llaman orbitales, porque el electrón giraba en esas orbitas de radio conocido, ahora aquí no el electrón no está girando así, el electrón se encuentra en una región del espacio en donde lo podemos encontrar esos son los

		orbitales y no están en forma puntualizada. Entonces ya no hablamos de orbitas sino de orbitales. Si entendieron
65	PFIQ2	¿Cual es la diferencia entre orbita y orbital?
66	Estudiante S	Orbitales es cuando los electrones giran a un solo lado ya la orbita es cuando gira de todos de varios lados. Por ejemplo en el que dibujo el estudiante N (Modelos de Rutherford) el electrón gira adelante y hacia arriba en el otro no (Modelo de Bohr)
67	PFIQ2	Entonces bueno aquí en el modelo de Rutherford y en el de Borh vemos los electrones incrustados en unas circunferencias o orbitas …que asumimos cuando vemos el electrón ahí? Por donde viaja el electrón? (señalando en el átomo de Bohr dibujado en el tablero)
68		Todos en silencio (el gesto de sus rostros indica duda, confusión)
69	PFIQ2	¿El electrón se está moviendo? Esta estático, se está moviendo, si se mueve por donde se mueve?.... se mueve por acá cierto? (señalando una circunferencia en el átomo de Bohr)
70	PFIQ2	Aquí vemos dibujado el electrón? (señalando en los orbitales dibujados) 
71	Estudiantes	NO
72	PFIQ2	Entonces aquí hay un gran cambio, porque aquí hablamos de trayectoria (señalando en el átomo de Bohr) en donde podemos predecir hacia donde se mueve el electrón, aquí estos son figuras que como vemos hay un eje z tratando de dar otra dirección en tercera dimensión, entonces un circulo en tercera dimensión es una esfera… entonces aquí ya vemos que el electrón lo podemos encontrar dentro de la esfera en cualquier punto de esa esfera, mientras aquí hablamos de trayectoria (señalando en el átomo Borh) que lo podemos ubicar acá. Aquí lo podemos ubicar dentro de un volumen que es dentro de la esfera. En este caso esto lo vemos como un ocho, pero es un ocho en tercera dimensión tenemos la posibilidad de encontrar el electrón en ese volumen en ese espacio en cualquier punto, más no se mueve sólo por la línea que los delimita. Entonces el cambio de esos modelos aca (señalando los modelos de Rutherford, Bohr y los orbitales) es que mientras que aquí hablamos de una trayectoria e un recorrido, aquí estamos hablando de que el electrón lo podemos encontrar en un volumen en cualquier parte de ese volumen dado lo podemos encontrar y no podemos decir que se mueve circular. Ahora es claro
73	Estudiantes	Están atentos y no dicen nada
74	Estudiante J	O sea que en el aire no hay átomos
75	PFIQ2	Por qué?
76	Estudiante J	Como no hay algo que lo delimite
77	PFIQC	Como asi, que quieres decir?
78	Estudiante J	Pues como yo no veo aquí algo que lo delimite (haciendo un circulo en

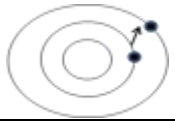
		el aire)
79	PFIQ2	Lo que pasa es que ese limite no es algo material, es un campo electromagnético… entonces por ejemplo ustedes no se van a golpear con las paredes para salir, ustedes saben que este espacio los limita (mostrando las paredes del aula) ustedes se pueden mover dentro y sin necesidad de tocar las paredes ustedes saben que hay algo que los limita. En el átomo el electrón responde a estas fuerzas electrostáticas que hacen que se mantenga siempre moviéndose hay dentro pero no es en sí un límite físico que se pueda
80	PFIQB	Bueno muchachos,,, es bueno tener claro que esto (señalando los átomos dibujados en el tablero) son modelos, entonces nosotros podemos dibujar el átomo así, como el Rutherford como el Thonsom, pero eso son sólo representaciones de los átomos. O sea esos modelos representan algo que nosotros no podemos ver que es el átomo.
81	Estudiantes	Se muestran pensativos en lo que escuchan
82	PFIQ5	Ustedes tiene que tener en cuenta que esos modelos nos sirven para explicar diferentes fenómenos de la naturaleza, entonces tenemos que saber que esos modelos surgieron para eso para explicar los diferentes fenómenos
83	PFIQ2	El cambio de un modelo a otro no se debe a que el modelo anterior este errado, porque como nadie ha visto un átomo no podemos decir como es exactamente. La transición entre un modelo y otro se debe a que él modelo más reciente explica fenómenos que el anterior no explica.
84	PFIQ5	Bueno para terminar les vamos a dejar unas preguntas para que ustedes las resuelvan para la próxima aula.

APÊNDICE 5

Transcrição da Aula

Episódio 2: explicação do conceito de emissão e absorção de energia.

A aula começa com os estudantes sentados prestando atenção na explicação do professor

Episodio 2: "explicação do conceito de absorção e emissão de energia"		
Turno 01	PFIQB	La parte de absorción y emisión yo se las voy a explicar a partir del Modelo de Bohr
02	PFIQB	Ustedes han escuchado la palabra "cuanto"? Cuanto de energía?
03	Estudantes	No hummmm
04	PFIQB	En que piensan con la palabra cuanto
05	Estudiantes	Cantidad,,,, (responden con voz baja)
06	PFIQB	Cuanto si puede ser una cantidad, es un paquete de energía, digamos x cantidad de energía es un cuanto. Ahora que entienden por fotón?
07	Estudiantes X	Una foto
08	PFIQB	Para tomar una foto usted que necesita?
09	Estudiante Y	Un flash
10	PFIQB	Y que es el flash?
11	Estudiante Y	Luz
12	PFIQB	Exacto un rayo de luz
13	Estudiante Y	Un fotón es un paquete de energía pero la energía en forma de luz
14	PFIQB	Entonces que es un cuanto?
15	Estudiante x	Es un paquete de energía
16	PFIQB	Porque como podemos obtener energía
17	Estudiante Y	Por la corriente
18	PFIQB	Con que calientan el agua
19	Estudiante Y	Con calor
20	PFIQB	Entonces algunos elementos cuando se colocan al fuego emiten luz. Por ejemplo el sódio emite uma luz naranja, etc
21	PFIQB	Entonces ya vimos que el fuego es energía, entonces cuando algo se pone al fuego le estamos suministrando energía
22	PFIQB	El profesor dibuja el modelo de Bohr en el tablero
23	PFIQB	Ustedes saben que cada uno de estos es un nivel energético (señala en el dibujo)
24	PFIQB	Entonces cada electrón tiene una determinada cantidad de energía para estar en cada nivel. Entonces entre más energía tenga el electrón va a estar en un nivel mayor
25	PFIQB	Entonces en la emisión cuando yo tengo un átomo y le comienzo a suministrar energía, esa energía la va absorber el electrón, entonces qué pasa con la energía aumenta o disminuye?
26	Estudiante f	Aumenta
27	Estudiante g	¿Cómo?
28	PFIQB	Entonces como ya dije que la energía en este nivel va a ser mayor que en este (señalando en el átomo de Bohr) va haber un momento en que la energía de este electrón va hacer la necesaria para que este en un nivel superior o no en este inferior 

29	PFIQB	Entonces que pasa va haber algo que se llama transiciones energéticas, en donde el electrón al adquirir energía pasa a este otro nivel. (señalando en el átomo dibujado) si me hago entender?
30	Estudiantes	En coro No y otros si
31	PFIQB	Entonces qué pasa cuando ese electrón adquiere más energía se dice que está más excitado porque esta estimulado por la energía para estar en otro nivel, si me hago entender?
32	Estudiantes	SI en voz baja
33	PFIQB	Bueno ahora que pasa hay unas leyes de la naturaleza que dicen que todo tiene que volver a su estado natural, entonces que quiero decir, que si este electrón absorbió energía para llegar acá (señalando en el átomo) tiene que haber un momento en el cual él bota esa energía para volver al estado fundamental de él que es en este primer nivel. Entonces en el momento que la expulsa que pasa???
34	Estudiantes	Se devuelve
35	PFIQB	Exacto entonces pierde la energía y se devuelve a donde estaba, que pasa con esa energía? Esa energía es la que vemos en forma de luz y se acuerdan que yo dije que un paquete de energía que era
36	Estudiantes	Fotones
37	PFIQB	Entonces esto emite fotones y esto es la luz que nosotros vemos
38	PFIQB	Si me entendieron si yo le digo a alguien que me explique? Por ejemplo usted
39	Estudiante T	Pués que el electrón absorve e emite energia em forma de luz,,,,eso
40	PFIQB	Bueno pues ahora vamos hacer una analogía

APÊNDICE 6

Transcrição da Aula
Episodio 3: construção de uma analogia para explicar o conceito de absorção e emissão de energia.

Esta aula é uma continuação do tema anterior só que agora é utilizada uma analogia trazida pelo PFIQ2 que ele denominou *"Un hotel y su huésped"*

Episodio 3: "construção de uma analogia para explicar o conceito de absorção e emissão de energia**".**		
Turno 01	PFIQ2	Bueno entonces aquí tenemos algunas partes de un "Hotel" donde Homero (personaje del programa de TV los Simpson) está descansando con su familia, el se despertó en un día soleado así (muestra la imagen de homero con ropa interior
02	PFIQ2	Entonces decidió irse a bañar, para bañarse se despojo de la ropa
03	PFIQ2	Luego quiso ir al teatro entonces para pasar al teatro se visitó porque no lo dejarían entrar desnudo. Luego volvió a su cuarto.
04	PFIQ2	Cuando llegó al cuarto se quitó la ropa para ir a dormir, o sea quedo así de nuevo.
05	PFIQ2	Entonces podemos hacer la analogía, tomando la ropa como la energía y tomando a Homero como el átomo, entonces vemos que para ciertos espacios es necesaria una cantidad de ropa mínima, entonces con la ropa de dormir no puede ir al teatro entonces al colocarse la ropa absorbe energía para pasar a otro espacio. Estos espacios son los que llamamos niveles energéticos. Entonces por ejemplo con la ropa que va al teatro puede ir al restaurante y al bar. Entonces esos tres estarían representando un mismo nivel de energía pero cada lugar seria un subnivel distinto. Entonces en el baño si tiene poca ropa el nivel de energía es mayor o menor?
06	Estudiantes	Es menor (todos responden)
07	PFIQ2	Lo que estoy explicando con la ropa es una analogía para entender otras cosas por ejemplo un cuanto siempre es un fotón? o un fotón siempre es un cuanto?
08	Estudiantes	Silencio en el aula

09	PFIQ2	Decíamos que un cuanto qué es?
10	Estudiantes	Un paquete de energía
11	PFIQ2	Y fotón?
12	Estudiantes	Un paquete de energía en forma de luz
13	PFIQ2	Entonces un fotón es un cuanto porque los dos son energía, pero un cuanto no es un fotón porque él se puede presentar en otras formas diferentes a la luz

APÊNDICE 7

Transcrição da Aula

Episodio 4: construção epistêmica dos conceitos de biolumenescência e fluorescência.

A atividade deste Episódio começa organizando grupos para realizar a leitura de um texto construído pelos PFIQ titulado "O como brilha a natureza" para introduzir os estudantes no tema da luminescência.

Episodio 4: "construção dos conceitos de biolumenescência e fluorescência "		
Turno 01	PFIQB	Bueno muchachos si tienen alguna duda van preguntando
02	Estudiante N	Que es ATP?
03	PFIQB	Para que nosotros nos podamos mover y realizar nuestras actividades necesitamos de energía cierto?
04	Estudiantes	Si
05	PFIQB	Entonces el ATP es energía que produce mi organismo, entonces nosotros comemos nuestro organismo lo procesa y se convierte en energía para poder caminar e realizar otras actividades y se llama adenosin trifosfato
06	Estudiante M	Adenosin que…?
07	PFIQB	Adenosin trifosfato
08	Estudiante N	Luciferasa ,,que es eso? (palabra que están en el texto de lectura)
09	PFIQB	Si la luciferasa es una enzima que tiene la luciérnaga dentro de su organismo si?
10	Estudiante T	Yo tengo una pregunta yo no entiendo lo de la fluorescencia?
11	Estudiante S	La fluorescencia es la que se carga?
12	PFIQB	Se carga de qué?
13	Estudiante S	Se carga de luz
14	PFIQB	Vamos a comenzar entonces qué es la bioluminiscencia según el texto?
15	Estudiantes L	Es la emisión de luz por la energía natural do ser vivo
16	PFIQB	Bueno entonces es la emisión de energía en forma de luz por algunos seres vivos, entonces la luminiscencia puede ser de tres formas cuáles son?
17	Estudiante S	quimioluminiscencia y bioluminiscencia
18	PFIQB	Que entiendes por quimioluminiscencia?
19	Estudiantes L	En el texto decía que es la producción de energía por medio de una reacción química
20	PFIQB	Si pensamos en la palabra quimio y luminiscencia en que piensan
21	Estudiante T	Sustancias ,,,mezcla de sustancias
22	PFIQB	Entonces bien es seria la producción de energía en forma de luz a partir de una reacción química y en el caso de la bioluminiscencia la reacción ocurre en un organismo vivo.
23	PFIQ2	Entonces hay muchas reacciones que producen energía pero la capacidad de emitir energía depende de las moléculas que tengan esa capacidad de absorber una determinada energía y la vuelvan a emitir
24	PFIQ2	El objetivo es producir luz en la luminiscencia pero no todos los organismos emiten esa energía en forma de luz sino todo brillaría no? Y no es así eso depende de la capacidad que tenga la molécula o la sustancia que absorbe la energía
25	PFIQB	Les quedó claro que es la quimioluminiscencia

26	Estudiantes F	Que se genera luz a partir de una reacción química
27	PFIQB	Bueno y ahora la fluorescencia y la fosforescencia?
28	Estudiante S	Que necesita cargarse de energía
29	PFIQB	Quién y cómo?
30	Estudiante J	La fosforescencia es la que está cargada de luz, por ejemplo en un afiche, si uno prende la luz y luego la apaga y ve que el afiche alumbra o sea el se cargo de luz y la otra la fluorescencia se apaga
31	PFIQB	Ejemplos de eso son los afiches o las estrellitas que alumbran, pero entonces la principal diferencia es que mientras que la fluorescencia es una emisión instantánea como la medusa que está en el texto mientras que la fosforescencia dura un poco más la emisión dependiendo de la cantidad de energía que puede absorber.
32	PFIQ2	Al hablar de instantáneo es prácticamente decir que al mismo tiempo que está absorbiendo está emitiendo entonces si quitamos la fuente de luz también va a dejar de emitir en cambio en las fosforescencia sigue emitiendo luz sin la presencia de la fuente.
33	PFIQB	Entonces tenemos una pregunta: ¿Cree usted que el origen de la luz que emite la luciérnaga tiene alguna relación con los objetos fluorescentes que usted ha observado?
34	PFIQB	Que ejemplos de fluorescencia conocen?
35	Estudiante T	La luciérnaga
36	Estudiante D	La lluvia cósmica
37	PFIQB	Volviendo a la pregunta hay o no hay relación
38	Estudiante D	Si
39	PFIQ5	Por qué dices que si?
40	Estudiante D	Porque las dos necesitan de una fuente de energía para poder brillar aunque en una es natural y la otra no
41	PFIQ5	Entonces de dónde saca la energía la luciérnaga para que brille?
42	Estudiante D	Del ambiente
43	Estudiante N	Yo creería que es la energía la principal relación entre la luciérnaga y las cosas que brillan porque a partir de ver como brillan la medusa y eso inventaron otras cosas para que brillaran
44	PFIQB	A partir de que los científicos pueden explicar el brillo de ciertas sustancias?
45	Estudiante	Pues de la absorción y emisión de energía en forma de fotones
46	PFIQB	Aja eso es
47	PFIQB	La luciérnaga que tipo de fenómeno es?
48	Estudiante F	Yo digo que es bioluminiscencia porque es un animal
49	Estudiante N	La luciferasa es una sustancia química?
50	PFIQ2	No la luciferina,,, pero la luciferina emite o absorbe? Bueno ustedes van averiguar para la próxima clase, sobre las luces de neón, los chalecos reflexivos, señales de tránsito y cuales hongos emiten luz?

APÊNDICE 8

Transcrição da Aula

Episodio 5: "experiência pratica de laboratório sobre o fenômeno da quimioluminescência."

A PFIQ5 encontra-se frente aos Estudantes e começa a experiência prática dando instruções a eles, que estiveram distribuídos em três grupos cada um em uma mesa com o material de laboratório.

Episodio 5: "experiência pratica de laboratório sobre o fenômeno da quimioluminescência."		
Turno 01	PFIQ5	Entonces les voy a explicar rápido la practica… yo les voy a empezar a pasar el material …lo cuidan cada uno… esta ya limpio y todo entonces por favor no lo vayan a romper todos vamos a trabajar en orden… porque en desorden yo no trabajo porque hay un reactivo que es corrosivo, entonces tienen que tener cuidado que no les vaya a caer en la piel, entonces todos en orden juiciosos en la mesa, entonces les vamos a dar primero a cada grupo los reactivos
02	Estudiante F	Qué es corrosivo????
03	PFIQ5	O sea que te reseca que quema la piel, … entonces pasen cada uno por el material [los estudiantes van hasta la mesa y empiezan a preguntar sobre el material]
04	PFIQ5	Para que no nos desordenemos vamos a preparar una solución… ustedes saben lo que es una solución? Entonces vamos a prepararla con hidróxido de sodio en solución con ferrocianuro de potasio e con peróxido de hidrógeno…. Anoten
05	Estudiante G	Un esfero es que no trajimos nada para escribir porque no nos dijeron
06	PFIQ5	(La profesora pasa por cada mesa colocando los reactivos)
07	Estudiante H	¿Qué es eso?
08	PFIQ5	Esto es hidróxido de sodio
09	Estudiante H	¿Eso quema?
10	PFIQ5	Si … le reseca a uno la piel
11	Estudiante J	Y eso alumbra?
12	PFIQ5	Ahorita vamos a ver…. Este otro es el peróxido es agua oxigenada
13	Estudiante N	Ahora si se apaga la luz
14	PFIQ5	(se dirige para el segundo grupo con los reactivos)
15	PFIQ5	Estas son las soluciones de ferrocianuro de potasio y adicionamos el hidróxido de sodio y el agua oxigenada
16	PFIQ5	(se dirige para el tercer grupo con los reactivos)
17	PFIQ5	Vamos a mezclar las soluciones de ferrocianuro de potasio y adicionamos el hidróxido de sodio y el agua oxigenada.
18	PFIQ5	Ahora sí les voy a pasar a fluoresceína y ustedes le agregan 4 gotas y van mirando lo que va pasando y van anotando eso
19	Estudiantes (G1)	Tienen dificultad para manipular el gotero,
20	PFIQ5	La profesora les explica como manipular el gotero
21	Estudiante J (G1)	Cuantas gotas?
22	PFIQ5	3 o 4 gotas
23	Estudiante F (G1)	Anote lo que está pasando
24	Estudiante J (G1)	Escriba,,,
25	PFIQ5	Si ven lo que está sucediendo
26	Estudiante N (G1)	Apaguen la luz (la luz es apagada)
27	Estudiante J (G1)	No mejor préndanla se ve mejor (prenden la luz) e observar que el vaso que estaba incoloro ahora esta amarillo con un color verde

		fluorescente en la superficie de la solución)
28	Estudiante F (G1)	Hay si vea tan chévere usted ve
29	Estudiante D (G2)	Observa el vaso con que contiene las sustancias
30	PFIQ5	Ustedes pueden ver la fluorescencia en la parte de encima de la solución.
31	PFIQ5	Ahora vamos a resolver las siguiente preguntas: ¿Que origina la luz y porque ocurre el fenómeno? ¿Cómo explicar lo que le ocurre a las sustancias? Hay cambios y transformaciones en las sustancias? Represente lo que está sucediendo con las sustancias?
32	PFIQ5	Bueno quien de los que hizo el pre-informe nos cuenta que cree que paso con las sustancias?
33	Estudiante N	Bueno yo al mezclar las sustancias se empieza a ver una luz fluorescente como verdosa, primero se tiene que hacer una solución y después se le agrega eso, … peróxido e hidróxido de sodio e a esa mezcla completa se le agrega flurescina
34	PFIQ5	Fluoresceína
35	Estudiante N	Bueno fluoresceína y ahí es donde se observa la reacción de estas sustancia y se empieza a notar el color fosforescente verdoso y se empiezan a notar unas burbujitas chiquiticas por toda la sustancia
36	PFIQ5	Pero no me dijiste porque crees que se da ese color verde fluorescente?
37	Estudiante N	Por la fluoresceína
38	Estudiante F	Pues por una reacción química entre …
39	Estudiante N	Se empiezan a recargar las moléculas de los átomos, o sea los electrones empiezan a subir e empiezan a botar la energía en forma de luz eso hace que se vea esta reacción.
40	PFIQ5	Alguien más quiere opinar
41	Estudiante N	Yo tengo una pregunta cómo se llama la solución completa?
42	PFIQ5	No hay un nombre para toda la solución porque está ocurriendo una reacción, entonces lo que hace la fluoresceína es como un indicador para poder ver lo que está sucediendo en la reacción mediante ese color

ANEXO 1

Ementa do Curso de Modelos Didáticos

<table>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">UNIVERSIDAD FRANCISCO JOSE DE CALDAS
Facultad de Ciencias y Educación
Proyecto Curricular de Licenciatura en Química</td></tr>
<tr><td colspan="2">ESPACIO ACADEMICO: Modelos Didácticos</td><td colspan="3">Código</td></tr>
<tr><td colspan="5">Prerrequisitos: Pedagogía III – Modelos Pedagógicos</td></tr>
<tr><td colspan="2">Obligatorio Básico (X)</td><td colspan="3">Obligatorio Complementario</td></tr>
<tr><td colspan="2">Electivo Intrínseco</td><td colspan="3">Electivo Extrínseco</td></tr>
<tr><td>Créditos: 2</td><td>HTD: 2</td><td>HTC: 2</td><td colspan="2">HTA: 2</td></tr>
<tr><td colspan="5">Docente Encargado:</td></tr>
<tr><td colspan="5">FINALIDADES EDUCATIVAS DEL ESPACIO ACADÉMICO (Sociales y Profesionales):
En la actualidad, la Didáctica de las Ciencias se ha consolidado como una disciplina científica emergente para atender problemáticas relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. En tal sentido, a lo largo de su desarrollo, han surgido diversos modelos u orientaciones teóricas y prácticas que dan cuenta de esta problemática. Para un futuro(a) profesor de química, es indispensable conocer estos referentes teóricos y metodológicos como base para la toma de decisiones al momento de su práctica profesional docente.</td></tr>
<tr><td colspan="5">SECUENCIACION DE CONTENIDOS</td></tr>
<tr><td colspan="2">CONCEPTUALES
(Saber)</td><td>ACTITUDINALES
(Saber – Hacer)</td><td colspan="2">PROCEDIMENTALES
(Hacer)</td></tr>
<tr><td>Núcleos Problémicos</td><td>Temas</td><td rowspan="2">Facilidad para escuchar y aceptar otros argumentos a pesar que representen puntos de vista diferentes.

Aceptación en los cambios en las formas de pensar, de sentir y de actuar a partir de mis propios desarrollos teóricos y prácticos y/o de los aportes de otras personas.

Decisión manifiesta por el respeto al ambiente y a su sostenibilidad

Uso del diálogo y de la argumentación para superar</td><td colspan="2" rowspan="2">Observación fundamentada de un fenómeno o de una situación

Formulación de preguntas sobre un fenómeno o una situación

Elaboración de conjeturas para dar respuestas preliminares o consolidadas a preguntas

Escogencia de información pertinente al problema que se aborda

Formulación de explicaciones para dar respuestas tentativas o preliminares a una</td></tr>
<tr><td>¿Cuáles son los fundamentos conceptuales y metodológicos actuales que orientan el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias?

¿Cuál es el estado actual de la didáctica de las ciencias y sus campos de investigación?

¿Desde cuáles enfoques</td><td>-Diferencia entre pedagogía y didáctica de las ciencias.
-Alfabetización científica y tecnológica.
-La didáctica de las ciencias como disciplina autónoma.
-Modelos pedagógicos a través de la historia
-El uso de modelos en la enseñanza de las ciencias como categoría epistemológica.
-Importancia de la historia de las ciencias en el proceso de enseñanza.</td></tr>
</table>

conceptuales y metodológicos se ha orientado el proceso de enseñanza - aprendizaje de las ciencias, cómo se elaboran y cómo se implementan?	Modelos Didácticos: -Estructuración cognitiva -Enseñanza para la comprensión -Aprendizaje Basado en Problemas. ABP Pedagogía conceptual -El Cambio Conceptual, metodológico, actitudinal y axiológico	enfrentamientos y posiciones antagónicas Valoración positiva de la actividad docente como un ejercicio profesional, riguroso, interesante y retador Interés por transformar información en conocimientos útiles para explicar situaciones de la vida cotidiana o de interés científico Responsabilidad por el auto-cuidado de la persona para mantenerse sana Intención porque el acto de enseñanza y aprendizaje genere felicidad en las personas a pesar del tratamiento de situaciones complejas y en ocasiones poco convencionales Valoración del significado por vivir en la pluralidad Aceptación que los modelos científicos son cambiantes con el tiempo Posturas críticas y reflexivas frente a las implicaciones bioéticas, políticas, económicas, religiosas y culturales de la ciencia.	situación problémica Proposición de variables para abordar el estudio de una situación problémica Relación de variables para estudiar una situación problémica Elaboración de conclusiones fundamentadas para dar respuestas a las hipótesis que orientan la investigación seguida en el curso para solucionar una situación problémica Elaboración de conocimientos para dar respuesta apropiada a preguntas Interpretación de textos y de otras fuentes de información Argumentación fundamentada oral y escrita para explicar un fenómeno o una situación Identificación y uso apropiado de lenguaje científico Comprensión de textos científicos escritos en lengua diferente al español. Comprensión de textos clásicos y ubicación pertinente de los contextos en los que fueron escritos Comprensión del desarrollo

			del lenguaje científico a partir del desarrollo de modelos teóricos de la ciencia.

COMPETENCIAS A DESARROLLAR

GENERICAS

COMUNICACIÓN ESCRITA

Pensamiento e ideas (calidad del análisis, respuesta y presentación de la información o de los problemas definidos).

Lenguaje: Estructura y expresión (efectividad de la estructura y organización, claridad en la expresión y uso de las normas del lenguaje).

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Identificar, entender y enunciar el problema de manera diferente. Reorganizar, sintetizar y aplicar información relevante al problema. Conceptualizar/generar/identificar la solución del problema. Evaluar las estrategias de solución y sus resultados.

PENSAMIENTO CRÍTICO

Comprensión (contenido y puntos de vista del escritor o del interlocutor). Análisis (identificación de líneas de razonamiento, evidencia, conclusiones, argumentos). Identificación de deficiencias en argumentos: inconsistencias lógicas, supuestos infundados, consecuencias no intencionadas, recursos retóricos distorsionantes, falsas analogías, etcétera. Evaluación (credibilidad y validez de la evidencia, credibilidad de líneas de razonamiento, validez de argumentos, solidez de las conclusiones, etcétera).

ENTENDIMIENTO INTERPERSONAL

Demostrar un buen nivel de comprensión de sentimientos, motivación y comportamiento de otras personas, así como de problemas relacionados con el trabajo con otras personas o la ayuda a otras personas. Reconocer la manera como puede aplicarse esa comprensión para trabajar en equipo o ayudar a otros de manera efectiva en aspectos como la comunicación, la negociación, el trabajo en equipo y el liderazgo.

COMPRENSIÓN LECTORA

Interpretación: Capacidad del estudiante para reconocer y dar cuenta de las relaciones semánticas, sintácticas y pragmáticas que se dan entre enunciados, párrafos o el texto en su globalidad. El estudiante debe identificar y reconocer las relaciones entre tópicos locales y globales; inferir el sentido global y otros posibles sentidos del texto; reconocer las intenciones comunicativas de los enunciadores presentes en el texto e identificar las relaciones entre lo enunciado en el texto y la manera como es enunciado.

Argumentación: Capacidad del estudiante para dar cuenta de los puntos de vista que sustentan una determinada posición; para inferir y establecer relaciones de causalidad, de necesidad y suficiencia de condiciones determinadas; para dar explicaciones y razones coherentes y consistentes que articulen contenidos explícitos o que se puedan derivar de lo planteado en los textos. En este nivel el estudiante debe estar en capacidad de inferir conclusiones, de plantear secuencias lógicas o de organización textual y de validar una afirmación a partir de casos particulares. Para lo anterior es necesario haber logrado una comprensión global de lo planteado en un párrafo, una porción mayor del texto, o el texto en su totalidad.

Proposición: Capacidad del estudiante para valorar propuestas que resuelvan de modo adecuado y pertinente un problema o situación particular. Se evidencia cuando se explicitan generalizaciones, conjeturas, deducciones o conclusiones que requieren ir más allá de la información expuesta en el

texto. Exige la comprensión del tópico global del texto y la puesta en relación de éste con el contexto sociocultural en que se inserta. El estudiante debe dar cuenta del establecimiento de relaciones entre el contenido del texto, sus interlocutores y lo que propone él como lector; así mismo, debe establecer relaciones de distinto orden entre varios textos.

INGLÉS

B1: Es capaz de comprender los puntos principales de textos claros y en lengua estándar si tratan sobre cuestiones que le son conocidas, ya sea en situaciones de trabajo, de estudio o de ocio. Sabe desenvolverse en la mayor parte de las situaciones que pueden surgir durante un viaje por zonas donde se utiliza la lengua. Es capaz de producir textos sencillos y coherentes sobre temas que le son familiares o en los que tiene un interés personal. Puede describir experiencias, acontecimientos, deseos y aspiraciones, así como justificar brevemente sus opiniones o explicar sus planes.

ESPECIFICAS PROFESIONALES

Identifica y vivencia la Didáctica de las Ciencias como disciplina autónoma de conocimiento y en construcción.

Reconoce las diferentes posturas teóricas y metodológicas de los modelos didácticos contemporáneos.

Propone Unidades Didácticas para la enseñanza de la Química fundamentadas en Modelos Didácticos contemporáneos.

OBJETIVOS

DE ENSEÑANZA	DE APRENDIZAJE
Diseñar estrategias de socialización, apropiación, reflexión y discusión fundamentadas sobre las temáticas planteadas para la asignatura dando respuesta a los núcleos problémicos. A través de la discusión crítica y reflexiva de cada uno de estos. Propiciar espacios de socialización por parte de los docentes en formación de las unidades didácticas construidas desde cada uno de los modelos.	Construir un marco de referencia teórico y metodológico desde los modelos didácticos que les permita a los docentes en formación inicial elaborar unidades didácticas que den cuenta del componente disciplinar y didáctico respondiendo a las necesidades de los estudiantes objeto de estudio.

ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA:

Clase tipo seminario.

Socialización de la información a través de medios de representación como posters, ponencias, carteleras, collages, exposiciones, entre otras que surjan desde el colectivo.

Asistencia a eventos extra-académicos como congresos, simposios y foros relacionados con las temáticas planteadas.

Salidas de campo a Colegios para aplicar las unidades didácticas elaboradas para someterlas validación y/o reformulación.

EVALUACION:

- Preparación y participación fundamentada y crítica en cada una de las sesiones.
- Interpretación, comprensión y argumentación de las lecturas realizadas.
- Trabajos escritos (mallas conceptuales, mapas conceptuales, ensayos, ponencias, artículos)
- Presentaciones orales
- Presentación personal, comportamiento, puntualidad, disciplina.
- Investigación documental de temas específicos.
- Calidad y puntualidad en la entrega de trabajos

- auto y co-evaluación.

BIBLIOGRAFIA, HEMEROGRAFIA, CIBERGRAFIA:

Aliveras J. Gutierrez R., E Izquierdo M., (1989) La didáctica de las ciencias: Una empresa de racional. Revista enseñanza de las ciencias. Vol 7. N° 3

Aduriz-Bravo, A. , Perafán, A., y Badillo, E., (2003) Actualizaciones de la didáctica de las ciencias y las matemáticas. Didácticas Magisterio. PP.13-21

Valera Alfonso, O. (2002). *El debate teórico en torno a la pedagogía*. Editorial Magisterio.

Suárez D., M. E. (2000). *TEORÍA PEDAGÓGICA, NECESIDADES E IMPACTO EN EL QUEHACER DOCENTE*. *Una aproximación a la formación docente en Venezuela, desde el espacio universitario*. en: www.quadernsdigitals.net

Gallego Badillo, R., Pérez Miranda, R., Torres de Gallego, L. y Amador-Rodríguez, R. Y. (2004). *La formación inicial de profesores de ciencias en Colombia. Contrastación de fundamentos.* Universidad Pedagógica Nacional.

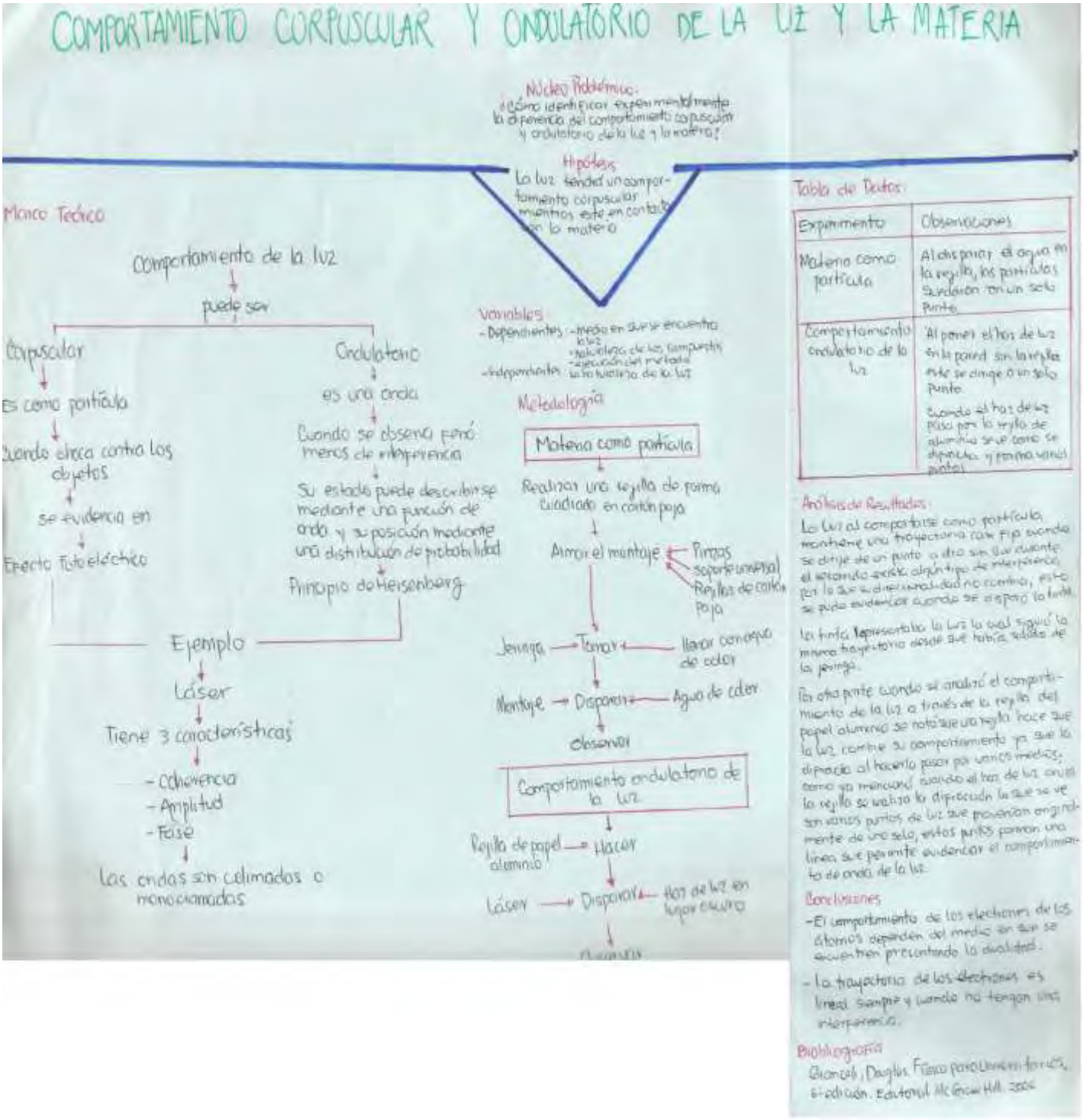
Libro: Enfoques pedagógicos y didácticas contemporáneas. Fundación Internacional de Pedagogía Conceptual Alberto Merani. Colombia. 2004.

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. http://www.saum.uvigo.es/reec/

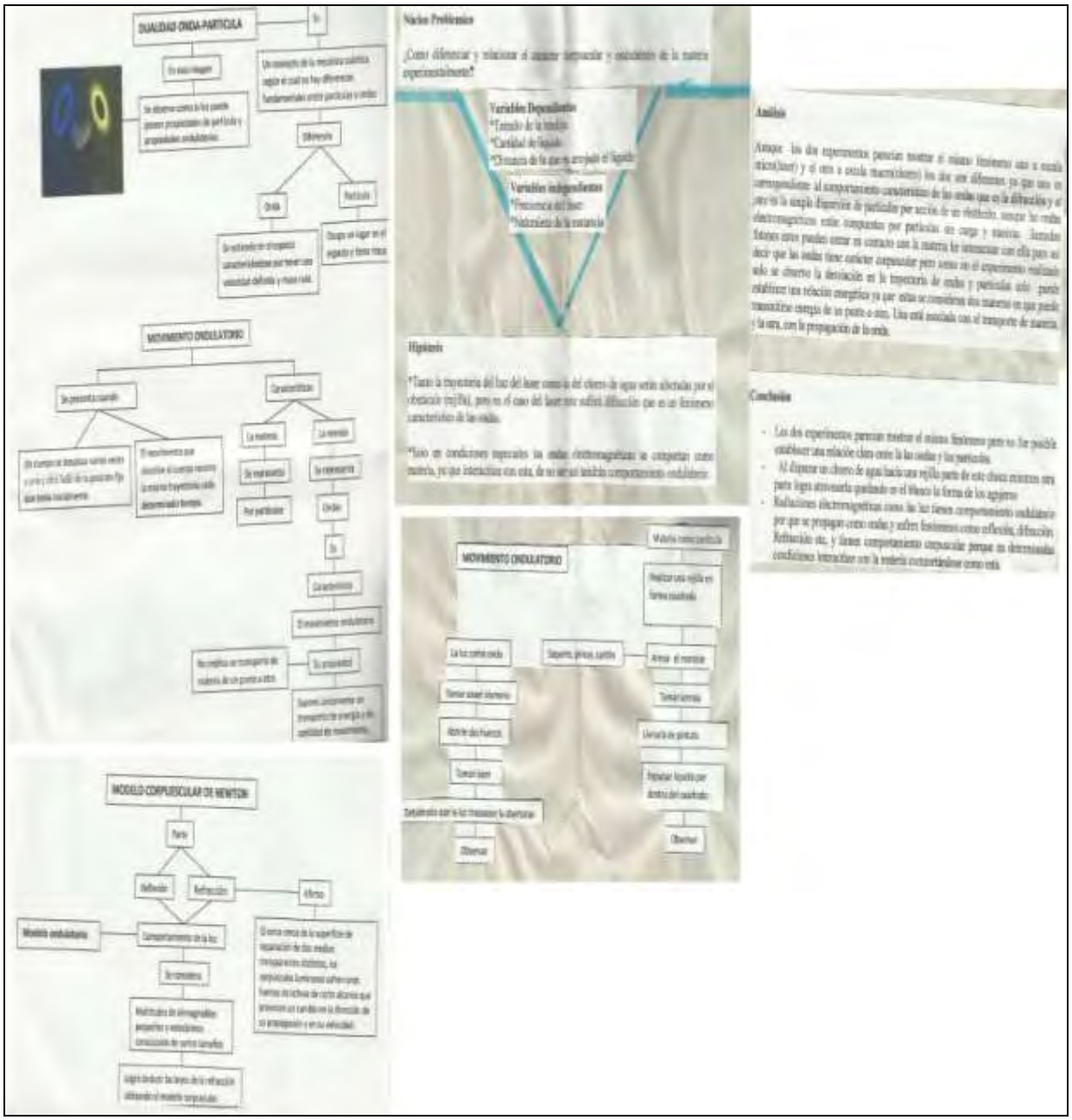
ANEXO 2

Uve heurística elaborada pelos PFIQ sobre o comportamento da matéria

Grupo 1



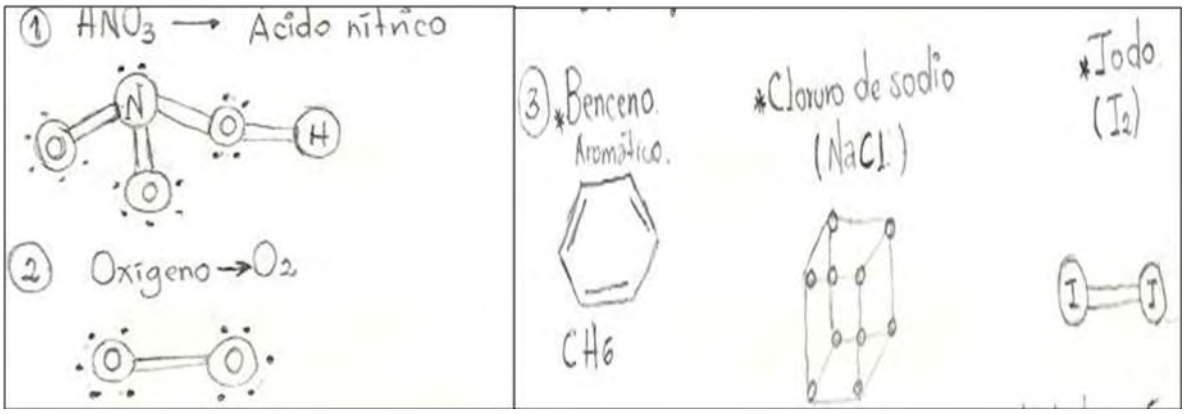
Grupo 2


DUALIDAD ONDA-PARTICULA
MOVIMIENTO ONDULATORIO
MODELO CORPUSCULAR DE NEWTON
Nudos Problemáticos
Variables Dependientes
Variables independientes
Hipótesis
Análisis
Conclusión
MOVIMIENTO ONDULATORIO

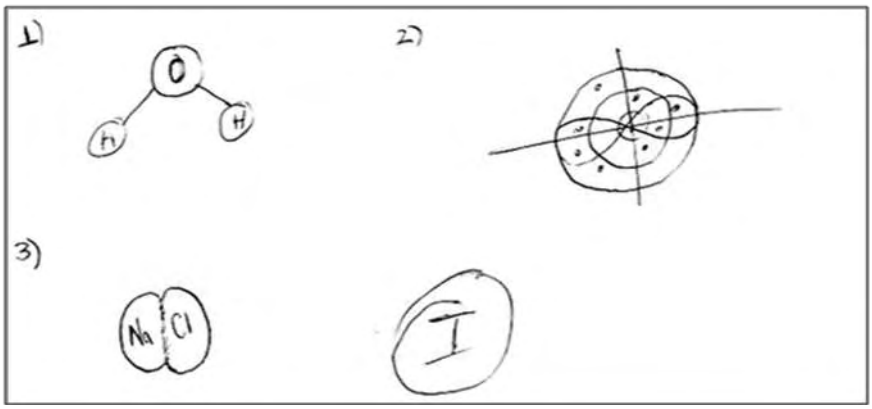
ANEXO 3

Respostas dos PFIQ às perguntas 1,2 e 3, do apêndice 1

PFIQ1

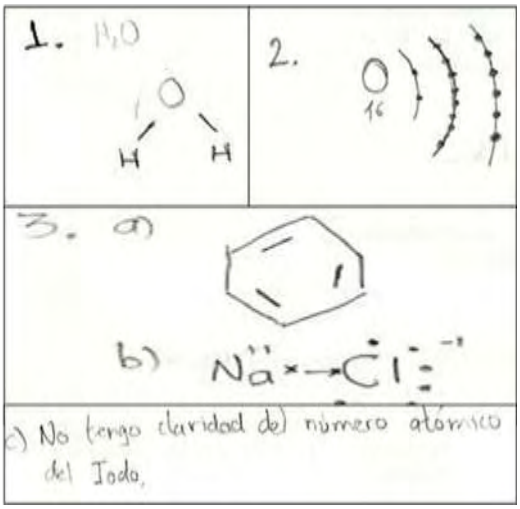


PFIQ 2

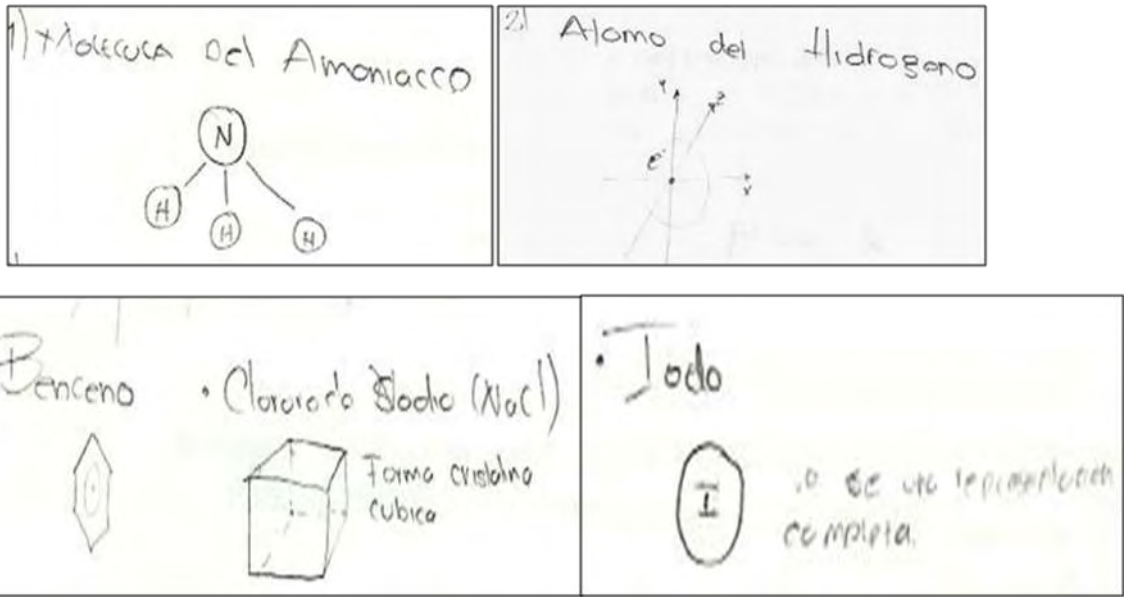


PFIQ3

PFIQ4


1. H_2O
O
H H
2.
O
16
3. a)
b) $Na^{\cdot\cdot} \times \rightarrow \dot{C}l:^{-}$
c) No tengo claridad del número atómico del Iodo.

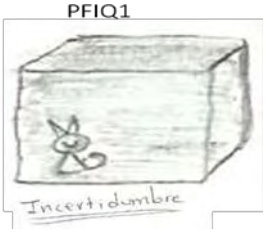
PFIQ5


1) Molecula del Amoniacco
N
H
H
H
2) Atomo del Hidrogeno
3). Benceno
• Clororo de Sodio (NaCl)
Forma cristalina cubica
• Iodo
I
.o se va reemplazando completa.

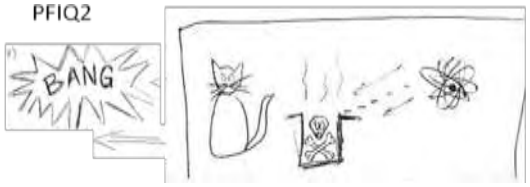
ANEXO 4

Representações dos PFIQ da pergunta 7 do Apêndice 1

PFIQ1



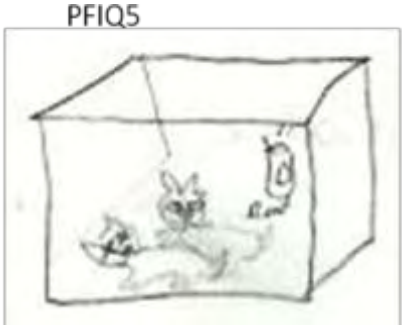
PFIQ2



PFIQ3

PFIQ4

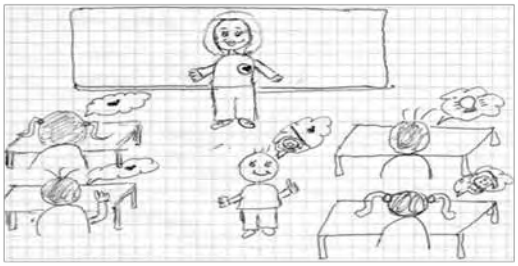
PFIQ5



ANEXO 5

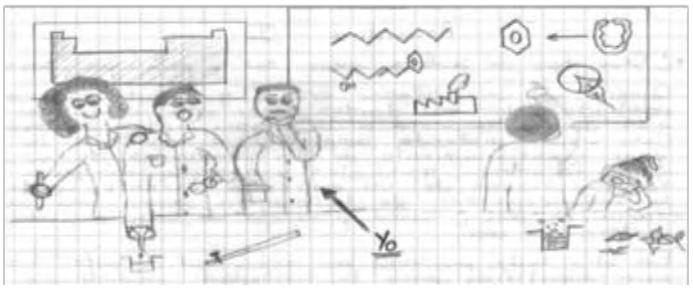
Atividade introdutória: que professor quero ser e para qual sociedade?

PFIQ1



Quiero ser una profesora, más que erudita con la capacidad de ponerme colocar en el lugar del otro, deseo inspirar respeto más no miedo, creo que la pedagogía del amor todo lo puede y aunque a decir verdad al principio no estaba muy convencida del asunto de ser profesora, en este momento siento que me gustaría desarrollar esta vocación por completo. Quisiera ser parte de la solución más no del problema porque definitivamente pienso que la educación sí es la base para el progreso de esta sociedad.

PFIQ2



Quiero ser un profesor crítico, que invite a pensar, que posibilite a los estudiantes tener una visión del mundo más amplia respecto a la misma antes de conocernos. Esta visión pretendo ampliarla a través de la reflexión y el cuestionamiento de las dinámicas de su realidad y de fenómenos inusuales y desconocidos para ellos. Pretendo a través de mi ejercicio docente, contribuir en la reconcepción de la ciencia como una actividad social, es decir como producto de una sociedad y promotora de ella.

Por otro lado, proyecto mi actividad docente con formación científica para la sociedad colombiana llegando a ella a través de los jóvenes, ya que veo en esta población la oportunidad de generar y promover cambios en la concepción científica y social de manera tal que la actividad educativa no caiga en la unilateralidad y la falta de innovación. Me gustaría trabajar con grupos cuyo contexto social sea variado con el fin de identificar formas de asumir el mundo, no solo a través de la química, sino en un marco multidisciplinar puesto que veo esto como un camino al enriquecimiento y progreso de la educación y de la ciencia, especialmente de la química.

PFIQ3

Quiero ser un profesor el cual tiene un objetivo fijo [illegible] siempre buscarte cómo [illegible] dicho objetivo es lograr enseñar un área para formar personas para la sociedad. Creo que es complejo lograr enseñar la química a la luz de formar personas integras, dentro de nuestra sociedad tan llena de diferencias y rivalidades.

La sociedad dentro de la cual quiero involucrarme es aquella sociedad dentro de la cual todo convive, todos somos diferentes, pero todos debemos llegar a respetar las oportunidades

PFIQ4

Quiero ser un profesor comprometido con mi labor de enseñanza, no solo en el ámbito de la química sino también en la formación personal de mis estudiantes, quiero dar muy bien las clases, pues se que si llego a dar alguna información que es incorrecta los estudiantes la creerán y la apropiarán y les haría un daño muy grande. Me gustaría ser profesor de una universidad, ya que la gran mayoría de los jóvenes ven con la convicción de superarse y por experiencia se que es mucho más fácil trabajar con estos grupos que con muchachos de colegio.

PFIQ5

1. El tipo de Profesora que quiero ser es Primero que todo integra Con valores hacia la formacion de estudiante Con nuevos pensamientos que vean a una sociedad de manera critica, independiente a la hora de trabajar Con los estudiantes, ademas de todo con respeto y concideracion para entender a cada uno de los estudiantes. Y tener presente que no todos aprenden de la misma manera. ese tipo de profesor me gustaria Ser diferente y no ser como los tipicos profesores a los que los estudiante les da pereza, diferente Para que haya un espacio hacia nuevos conocimientos y diferentes maneras de ver el mundo que nos rodea.