

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
DOUTORADO EM EDUCAÇÃO
LINHA DE PESQUISA: FORMAÇÃO E PROFISSIONALIZAÇÃO DOCENTE**

JOSÉ EVERALDO PEREIRA

**FORMAÇÃO DA HABILIDADE DE INTERPRETAR GRÁFICOS CARTESIANOS
EM LICENCIANDOS EM QUÍMICA SEGUNDO A TEORIA DE P. YA. GALPERIN**

Natal-RN

2013

JOSÉ EVERALDO PEREIRA

**FORMAÇÃO DA HABILIDADE DE INTERPRETAR GRÁFICOS CARTESIANOS
EM LICENCIANDOS EM QUÍMICA SEGUNDO A TEORIA DE P. YA. GALPERIN**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação do Centro de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação.

Orientador: Prof. Dr. Isauro Beltrán Núñez.

Natal-RN

2013

JOSÉ EVERALDO PEREIRA

**FORMAÇÃO DA HABILIDADE DE INTERPRETAR GRÁFICOS CARTESIANOS
EM LICENCIANDOS EM QUÍMICA SEGUNDO A TEORIA DE P. YA. GALPERIN**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação do Centro de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação.

Orientador: Prof. Dr. Isauro Beltrán Núñez.

APROVADA EM: _____/_____/2013.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Isauro Beltrán Núñez
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN (Orientador)

Profª. Drª. Edenia Maria Ribeiro do Amaral
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE (Examinadora Externa)

Profª. Drª. Rogéria Gaudencio do Rêgo
Universidade Federal da Paraíba – UFPB (Examinadora Externa)

Profª. Drª. Betânia Leite Ramalho
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN (Examinadora Interna)

Profª. Drª. Márcia Gorette Lima da Silva
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN (Examinadora Interna)

*Aos meus pais José e Anita pelo carinho e amor
incondicional e tudo que abriram mão para que um dia eu
aqui estivesse.*

*A minha esposa Fábia e meu filho José Henrique pela
compreensão nos momentos de ausência.*

*Aos meus enteados Cintia, André, Luciano e Erick
pelo apoio sempre que precisei.*

*À minha família e de minha esposa pelo constante
apoio.*

AGRADECIMENTOS

Uma tese de doutorado é escrita a várias mãos, seja daqueles que dividem os momentos de estudos, daquele que faz silêncio para que você possa trabalhar, daquele que lhe abraça e fala que vai dar tudo certo, dos vários amigos que torcem para que você consiga. São muitos a agradecer e faço isso de coração. Para alguns um agradecimento especial:

Ao professor e orientador Isauro Beltrán Núñez pelos muitos momentos de apoio e de cobrança, muitas vezes necessárias para que possamos despertar e prosseguir. Não foram poucas as vezes que me recebeu em sua casa em finais de semana, abdicando de seu descanso para me orientar. Obrigado amigo!

Aos amigos do grupo de estudo da base de Formação e Profissionalização Docente do PPGEd/UFRN pelos muitos momentos de troca de experiência e estudos. Agradecimento especial ao amigo Marcus Vinícius, sempre disponível para tirar minhas dúvidas.

Aos amigos da PROEN/IFRN pelo apoio em meus momentos de cansaço e por muitas vezes aliviaram minhas atribuições para que pudesse trabalhar na tese.

Um agradecimento especial ao amigo Victor Varela que assumiu minhas funções em um momento muito complicado e me ajudou até o término deste trabalho.

Ao programa de Pós-Graduação em Educação da UFRN pelo excelente trabalho que desenvolve e pelo apoio durante meu percurso formativo.

*“Há quem diga que todas as noites são de sonhos.
Mas há também quem garanta que nem todas, só as de verão.
Mas no fundo isso não tem muita importância.
O que interessa mesmo não são as noites em si, são os sonhos.
Sonhos que o homem sonha sempre.
Em todos os lugares, em todas as épocas do ano, dormindo ou acordado.”*

(Shakespeare)

RESUMO

É notória nas discussões da área de Didática das Ciências a necessidade de que os estudantes não só aprendam teorias, leis e conceitos, mas que também desenvolvam habilidades que lhes permitam o agir competente para a cidadania crítica. Nessa perspectiva, alguns dos procedimentos/habilidades para a aprendizagem das ciências naturais devem ser ensinados de modo consciente, intencional e planejados, como componente dessa competência básica. Estudos nos últimos vinte anos têm mostrado que estudantes e professores têm diversas dificuldades no desenvolvimento de habilidades, dentre elas, a de interpretar gráficos cartesianos, essencial para a compreensão das Ciências Naturais. Nesse sentido, o desenvolvimento desse conhecimento profissional na formação inicial de futuros professores de Química passa a ser estratégico não apenas para saber utilizá-lo, mas para saber ensiná-lo. Esta pesquisa teve como objetivo geral a organização, o desenvolvimento e o estudo de um processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos como parte do conhecimento profissional docente, a partir de um estudo de caso com seis estudantes do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Para o desenvolvimento dessa habilidade, utilizamos como referencial a *Teoria da Formação por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos* de P. Ya. Galperin e seus seguintes indicadores qualitativos: forma da ação, grau de generalização, grau de consciência, grau de independência e grau de solidez. A pesquisa, de natureza qualitativa, privilegiou como instrumentos de coleta de dados o registro de atividades dos licenciandos, a observação, o questionário e testes diagnósticos. No primeiro momento, foi planejado um Sistema Didático para o desenvolvimento da habilidade de interpretar gráficos cartesianos, com base nos pressupostos e etapas da Teoria de Galperin. No segundo momento, o referido Sistema foi aplicado junto aos licenciandos e o processo de formação da habilidade foi desenvolvido. Os resultados mostraram a possibilidade de formar a habilidade com consciência do sistema de operações invariante, com alto grau de generalização e internalizada a invariante operacional no plano mental. Os estudantes manifestaram as contribuições positivas desse tipo de experiência formativa. A pesquisa, por sua vez, revela a importância de se aprofundar na compreensão didática das individualidades no processo de assimilação, segundo a Teoria de Galperin, quando se trata da atualização de habilidades como parte do conhecimento profissional docente.

Palavras-chaves: Ensino de Química. Formação inicial. Saberes docentes. Formação de habilidades. Gráficos cartesianos. Teoria de Galperin.

ABSTRACT

It has been remarkable among the Science Teaching debates the necessity that students do not learn only theories, laws and concepts, but also develop skills which allows them to act towards a critical citizenship. Therefore, some of the procedures/skills for the natural sciences learning must be taught consciously, intentionally and in a planned way, as component of a basic competence. Studies of the last twenty years have shown that students and teachers have plenty of difficulties about skills development and, among several, the skill of interpreting Cartesian graphics, essential for the comprehension of Natural Science. In that sense, the development of that type of professional knowledge during the initial education of future Chemistry teachers has become strategic, not only because they need to know how to use it, but also because they need to know how to teach it. This research has as its general objective the organization, development and study of a process of formation of the skill of interpreting Cartesian graphics as part of the teachers' professional knowledge. It has been accomplished through a case study with six undergraduate students of the Teaching Degree Course of Chemistry of *Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN – Federal University of Rio Grande do Norte)*, in Brazil. In order to develop that skill, we have used as reference *P. Ya. Galperin's Theory of the Stepwise Formation of Mental Actions and Concepts* and its following qualitative indicators: action form, degree of generalization, degree of consciousness, degree of independence and degree of solidness. The research, in a qualitative approach, has prioritized as instruments of data collecting the registering of the activities of the undergraduate students, the observation, the questionnaire and the diagnosis tests. At the first moment, a teaching framework has been planned for the development of the skill of interpreting Cartesian graphics based on the presupposed conceptions and steps of Galperin's Theory. At the second moment, the referred framework has been applied and the process of the skill formation has been studied. The results have shown the possibility of develop the skill conscious about the invariant operation system, with a high degree of generalization and internalized the operational invariant in the mental plane. The students have attested the contributions at that type of formative experience. The research reveals the importance of going deeper about the teaching comprehension of the individualities tied to the process of internalization, according to Galperin's Theory, when the update of abilities as part of the teaching professional knowledge is the issue.

Key-words: Chemistry teaching. Teacher education. Teacher's knowledge. Skill Development. Cartesian Graphic. Galperin's Theory.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Esquema 1	Estrutura Metodológica da Pesquisa	119
Esquema 2	Estrutura da análise de dados	131
Esquema 3	Estrutura da habilidade de interpretar gráficos cartesianos num enfoque sistêmico	162
Figura 1	Gráfico cartesiano de variáveis discretas	142
Figura 2	Gráfico cartesiano de variáveis discretas com pontos unidos	143
Figura 3	Tarefa I – DI: Diagnóstico inicial da habilidade de interpretar gráficos cartesianos	167
Figura 4	Tarefa I – MO: Etapa Motivacional	170
Figura 5	Tarefa II – MO: Etapa Motivacional	171
Figura 6	Tarefa I – BOA: Estabelecimento da Base Orientadora da Ação (B.O.A.).	172
Figura 7	Tarefa 1A – MM: Etapa Materializada.	174
Figura 8	Tarefa 1B – MM: Etapa Materializada.	175
Figura 9	Tarefa 2A – MM: Etapa Materializada	176
Figura 10	Tarefa 2B – MM: Etapa Materializada	178
Figura 11	Tarefa 3A – MM: Etapa Materializada	179
Figura 12	Tarefa 3B – MM: Etapa Materializada	181
Figura 13	Tarefa 4A – MM: Etapa Materializada	182
Figura 14	Tarefa 4B – MM: Etapa Materializada	183
Figura 15	Tarefa 1A – LE: Etapa da Linguagem Externa	185
Figura 16	Tarefa 1B – LE: Etapa da Linguagem Externa	186
Figura 17	Tarefa 1A – PM: Etapa do Plano Mental	188
Figura 18	Tarefa 1A – CF: Controle Final do Processo	189
Figura 19	Tarefa 2A – CF: Controle Final do Processo	190
Figura 20	Tarefa 1A – GS: Controle do Grau de Solidez	192
Figura 21	Exemplo de resolução do Diagnóstico Inicial – Licenciando L5.	198
Figura 22	Exemplos de respostas dos licenciandos à pergunta: “Que dificuldades sentiu para interpretação global do gráfico?”.	200
Figura 23	Tarefa I – MO utilizada durante a Etapa Motivacional.	205
Figura 24	Tarefa II – MO utilizada durante a Etapa Motivacional.	205
Figura 25	Gráfico utilizado durante o estabelecimento da Base Orientadora da Ação.	210
Figura 26	Exemplo 1 de gráfico cartesiano durante elaboração da B.O.A.	212
Figura 27	Exemplo 2 de gráfico cartesiano durante elaboração da B.O.A	213
Figura 28	Exemplo 3 de gráfico cartesiano durante elaboração da B.O.A	214
Figura 29	Exemplo 4 de gráfico cartesiano durante elaboração da B.O.A	216
Figura 30	Exemplo 5 de gráfico cartesiano durante elaboração da B.O.A	217
Figura 31	Exemplo 6 de gráfico cartesiano durante elaboração da B.O.A	218
Figura 32	Base Orientadora da Ação (B.O.A.) da interpretação de gráficos cartesianos anotada por L2	220
Figura 33	Resposta do licenciando L1 à questão 2 da Tarefa 4A – MM	225

Figura 34	Resposta do licenciando L2 à questão 2 da Tarefa 4B – MM	226
Figura 35	Resposta do licenciando L3 à questão 2 da Tarefa 4A – MM	228
Figura 36	Resposta do licenciando L4 à questão 2 da Tarefa 4A – MM	228
Figura 37	Resposta do licenciando L5 à questão 2 da Tarefa 4B – MM	230
Figura 38	Resposta do licenciando L6 à questão 2 da Tarefa 4B – MM	231
Figura 39	Análise da tarefa da etapa do Plano Mental – Licenciando L3	242
Figura 40	Anotação do licenciando L4 durante o desenvolvimento da etapa do Plano Mental	243
Figura 41	Cartão com o Nível de Ajuda I para o Controle Final do processo de formação	244
Figura 42	Cartão com o Nível de Ajuda II para o Controle Final do processo de formação	244
Figura 43	Anotação do licenciando L4 durante o desenvolvimento da Tarefa 1A - CF do Controle Final	248
Figura 44	Exemplo de resposta do licenciando L1 ao subitem 1c do Questionário 2	256
Figura 45	Exemplo de resposta do licenciando L6 ao subitem 1d do Questionário 2	258
Figura 46	Exemplos de respostas dos licenciandos L2 e L4 ao subitem 1e do Questionário 2	259
Figura 47	Exemplo de resposta do licenciando L1 quanto às vantagens de se aprender e de se ensinar utilizando a teoria de Galperin	261
 Quadro 1	Dificuldades para a construção e a interpretação de gráficos	42
Quadro 2	Estudos sobre dificuldades que estudantes possuem quanto a interpretação de gráficos cartesianos	49
Quadro 3	Estudos sobre dificuldades que docentes possuem quanto a interpretação de gráficos cartesianos	51
Quadro 4	Tipos de saberes docentes	82
Quadro 5	Processo de assimilação da atividade, segundo a <i>teoria da assimilação</i> de P. Ya. Galperin	115
Quadro 6	Distribuição de tarefas nas etapas de acordo com os indicadores qualitativos da ação	122
Quadro 7	Plano do Questionário 1	125
Quadro 8	Plano o Questionário 2	125
Quadro 9	Livros didáticos de Química – PNLD (triênio 2012-2015)	139
Quadro 10	Tipos de gráficos objetos da assimilação	144
Quadro 11	Análise funcional-estrutural da atividade de interpretação de gráficos cartesianos	148
Quadro 12	Operações que organizam a invariante de interpretar gráficos cartesianos	152
Quadro 13	Modelo da atividade de interpretar gráficos cartesianos	155
Quadro 14	Sistema de Operações da habilidade a ser utilizado na etapa de construção da B.O.A. III	163
Quadro 15	Quantitativo e indicadores qualitativos das tarefas utilizadas na formação da habilidade	165
Quadro 16	Motivação: dificuldades na interpretação de gráficos cartesianos	168
Quadro 17	Operações realizadas corretamente durante a resolução do Diagnóstico Inicial	196
Quadro 18	Erros mais frequentes durante a resolução do Diagnóstico	198
Quadro 19	Dificuldades na realização do Diagnóstico Inicial	200
Quadro 20	Motivação: dificuldades na interpretação de gráficos cartesianos	203

Quadro 21	Cartão de Estudo: Base Orientadora da Ação (B.O.A.) da interpretação de gráficos cartesianos	221
Quadro 22	Evolução dos licenciandos na resolução das tarefas na Etapa Materializada	223
Quadro 23	Tarefa em que os licenciandos reduziram a B.O.A.	232
Quadro 24	Erros cometidos durante a etapa Materializada	233
Quadro 25	Principais erros cometidos durante a etapa Materializada	234
Quadro 26	Operações que os licenciandos não realizaram durante a etapa Materializada	235
Quadro 27	Critérios para a forma de resolver a tarefa na etapa da Linguagem Externa	238
Quadro 28	A forma como os licenciandos resolveram a tarefa na etapa da Linguagem Externa	238
Quadro 29	Erros cometidos durante a etapa da Linguagem Externa	239
Quadro 30	Operações que os licenciandos não realizaram durante a etapa da Linguagem Externa	240
Quadro 31	Operações realizadas incorretamente na etapa do Plano Mental	241
Quadro 32	Erros cometidos pelos licenciandos no Controle Final	245
Quadro 33	Controle das operações realizadas pelos licenciandos no Controle Final	245
Quadro 34	Critérios para a definição do Nível de Desenvolvimento da Habilidade nas tarefas do Controle Final (NDH_{Tarefa})	246
Quadro 35	Nível de Desenvolvimento da Habilidade na Tarefa 1A – CF do Controle Final	246
Quadro 36	Nível de Desenvolvimento da Habilidade na Tarefa 2A – CF do Controle Final	249
Quadro 37	Níveis de classificação do Nível de Generalização	250
Quadro 38	Nível de Generalização após o Controle Final	250
Quadro 39	Critérios para o nível de desenvolvimento da habilidade na resolução da tarefa do grau de solidez	252
Quadro 40	Nível de desenvolvimento da habilidade na resolução da tarefa do grau de solidez	252
Quadro 41	Elementos que favoreceram e dificultaram a elaboração da B.O.A, segundo os licenciandos	254
Quadro 42	Elementos que favoreceram e dificultaram a etapa Materializada, segundo os licenciandos	255
Quadro 43	Elementos que favoreceram e dificultaram a etapa da Linguagem Externa, segundo os licenciandos	256
Quadro 44	Elementos que favoreceram e dificultaram a etapa do Plano Mental, segundo os licenciandos	257
Quadro 45	Elementos que favoreceram e dificultaram o momento de Controle Final, segundo os licenciandos	258
Quadro 46	Vantagens de se aprender e de se ensinar utilizando a teoria de Galperin, segundo os licenciandos	260
Quadro 47	Dificuldades para se formar uma habilidade utilizando a teoria de Galperin, segundo os licenciandos	262

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Tipos de gráficos cartesianos nos livros didáticos de Química do PNLD (triênio 2012-2015)	141
Tabela 2	Informações interpretadas corretamente na tarefa de Diagnóstico Inicial	196

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Objetivo geral	29
1.2	Objetivos específicos	29
1.3	A tese	30
1.4	O contexto empírico da pesquisa	30
1.5	A novidade do estudo e suas contribuições	31
1.6	A estrutura da tese	32
2	A PROBLEMÁTICA DA INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS CARTESIANOS E A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO	34
2.1	O ensino de procedimentos/habilidades nas ciências naturais	34
2.2	A interpretação de gráficos no ensino de ciências naturais: uma questão problemática	39
2.3	A formação inicial de professores para o ensino médio: a problemática de aprender a ensinar no século XXI	53
3	APRENDER A ENSINAR NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA	60
3.1	Aprender a ensinar Química	60
3.2	A formação inicial e a aprendizagem do ensino de Química	65
3.3	Os saberes profissionais e a profissionalização do professor de Química	68
4	A FORMAÇÃO DA HABILIDADE DE INTERPRETAR GRÁFICOS CARTESIANOS EM QUÍMICA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES	85
4.1	O conceito de habilidade	85
4.2	Formação e desenvolvimento de habilidades	87
4.3	A Teoria de Formação por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos de P. Ya. Galperin	93
4.3.1	Etapas de formação da habilidade	99
4.3.1.1	Etapa motivacional	100
4.3.1.2	Etapa de estabelecimento da Base Orientadora da Ação (B.O.A.)	102
4.3.1.3	Etapa da formação da habilidade no plano material e materializado	108
4.3.1.4	Etapa da formação da habilidade no plano da linguagem externa	110
4.3.1.5	Etapa da formação da habilidade no plano mental	114
5	PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA	117
5.1	Estruturação do Sistema Didático	120
5.1.1	Critérios para a definição dos pressupostos	120
5.1.2	Critérios para a definição dos objetivos	120
5.1.3	Critérios para a seleção e organização do conteúdo	120
5.1.4	Critérios para organização dos gráficos cartesianos como objeto da assimilação	121
5.1.5	Critérios para organização do Sistema de Tarefas para a formação da habilidade	122
5.2	Desenvolvimento da experiência formativa	123

5.2.1	Instrumentos de coleta de dados	123
5.2.1.1	Testes diagnósticos	123
5.2.1.2	Questionários	124
5.2.1.3	Observação	126
5.2.1.4	Caderno de registros de atividades	127
5.3	Estratégias de organização e análise dos dados	128
5.3.1	Organização dos dados empíricos	128
5.3.2	Estratégias de análise de dados	130
6	O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DIDÁTICO	137
6.1	Definição dos pressupostos	137
6.2	Definição dos objetivos	137
6.2.1	Definição dos indicadores qualitativos da habilidade a formar	138
6.3	Seleção e organização dos conteúdos	138
6.3.1	Dos tipos e seleção de gráficos cartesianos objetos da assimilação: a análise de livros didáticos	139
6.4	A organização dos gráficos cartesianos como conteúdo objeto da assimilação	144
6.4.1	Análise funcional-estrutural da atividade de interpretar gráficos cartesianos	146
6.4.2	Modelo da atividade ou invariante	153
6.5	O Sistema de Tarefas para a formação da habilidade	163
6.5.1	Tarefa para o diagnóstico inicial da habilidade	166
6.5.2	Tarefas para a etapa Motivacional	168
6.5.3	Tarefas para o estabelecimento do esquema da Base Orientadora da Ação (B.O.A.)	172
6.5.4	Tarefas para o desenvolvimento da etapa Materializada	173
6.5.5	Tarefas para o desenvolvimento da etapa da Linguagem Externa	184
6.5.6	Tarefas para o desenvolvimento da etapa do Plano Mental	187
6.5.7	Tarefas para o desenvolvimento do Controle Final	188
6.5.8	Tarefa para a avaliação do Grau de Solidez	191
7	O DESENVOLVIMENTO DA EXPERIÊNCIA FORMATIVA	194
7.1	Processo de diagnóstico inicial da habilidade de interpretar gráficos cartesianos	194
7.2	Desenvolvimento do processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos fundamentado na teoria de P. Ya. Galperin	201
7.2.1	Etapa Motivacional	202
7.2.2	Estabelecimento do esquema da Base Orientadora da Ação (B.O.A.)	208
7.2.3	O desenvolvimento da Etapa Material e Materializada	222
7.2.4	O desenvolvimento da Etapa da Linguagem Externa	236
7.2.5	O desenvolvimento da Etapa do Plano Mental	241
7.3	O desenvolvimento do Controle Final	243
7.3.1	O desenvolvimento da avaliação do Grau de Solidez	251
7.4	A avaliação do processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos	253
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	264

REFERÊNCIAS	268
APÊNDICES	283
ANEXOS	291

1. INTRODUÇÃO

No início do século XXI, temos passado por uma época de muitas mudanças e avanços na sociedade científica e tecnológica, as quais tem atingido desde o perfil político da maioria das nações, passando pelas mudanças sociais e culturais e alcançando os processos de globalização e expansão criativa das tecnologias.

Nesse contexto de inovação e desenvolvimento, a compreensão das ciências e da tecnologia tem se demonstrado decisiva para a inclusão dos estudantes nessa sociedade, uma vez que estar inserido nessa conjuntura capacita-os a intervir com discernimento na definição das políticas públicas em ciência e tecnologia que impactam em suas vidas. Afinal, compreender as ciências e suas aplicações tecnológicas influí de modo expressivo na vida pessoal, social, profissional e cultural de todas as pessoas (OCDE, 2009a).

A sociedade atual, portanto, exige de nossos jovens uma competência¹ científica geral. Segundo os pressupostos do Pisa, a definição de competência científica faz referência ao grau ao qual um indivíduo:

- possui conhecimento científico e o emprega para identificar perguntas, adquirir fenômenos científicos e extrair conclusões baseadas na evidencia sobre temas relacionados com a ciência; entende as características distintivas da ciência como forma de conhecimento e investigação; demonstra que sabe como a ciência e a tecnologia influenciam no nosso entorno intelectual e cultural; se interessa por temas científicos como um cidadão que reflete (OCDE, 2009a, p. 33).

Essa competência científica implica tanto na compreensão de conceitos científicos como na capacidade de aplicar uma perspectiva científica e de pensamento, fundamentando-se em provas científicas (OCDE, 2009a).

Desse modo, muito além do que treinar o sujeito para habituar-se ou utilizar-se das novas tecnologias da informação ou técnicas de pesquisa, educar nesta sociedade do século XXI significa formar um cidadão crítico que possua como ideal o desenvolvimento humano e que tenha amplas competências que lhes permita ter um desempenho ativo nas tomadas de decisões abalizadas no conhecimento científico. Esse sujeito precisa ser ensinado e capacitado a “aprender a aprender” e a lidar com atitude positiva diante das sucessivas e aceleradas transformações tecnológicas e científicas.

¹ Entendemos por competência a definição dada pela OCDE através de seu projeto *Definición y Selección de Competencias* (DeSeCo): “a capacidade de responder a demandas complexas e levar adiante tarefas diversas de forma adequada. Supõe uma combinação de habilidades práticas, conhecimentos, motivação, valores éticos, atitudes, emoções e outros componentes sociais e de comportamento que se mobilizam para atingir uma ação eficaz”.

Para Perez Gómez (2007a), o ensino cotidiano e os costumes do passado não são suficientes para enfrentar os desafios do presente e as exigências do futuro. Na concepção do autor, o novo cenário social demanda mudanças substanciais na formação dos futuros cidadãos, nos sistemas educativos, nas escolas, no currículo, nos processos de ensino e aprendizagem e, consequentemente, nos professores.

Concernente às inovações nos processos de ensino-aprendizagem, a escola do século XXI tem como ponto categórico a necessidade de desenvolver o pensamento do indivíduo e não apenas as disciplinas. Se no processo de ensino-aprendizagem de conteúdos disciplinares, que não chegam a ter sentido para os estudantes, educadores e educandos não buscarem reconstruir suas teorias cotidianas, seus modos habituais de pensar, sentir e atuar, tal processo talvez gere êxito escolar ou acadêmico, porém estará contribuindo com a produção de um grave fracasso educativo, pessoal e social (PÉREZ GÓMEZ, 2007a).

O novo modelo de sociedade, dita da informação e do conhecimento, portanto, exige da educação demandas diferentes daquelas exigidas em grande parte do século XX. Requer-se da educação a atribuição de desenvolver em todos os cidadãos da capacidade de aprender ao longo da vida.

Nesse panorama, não é o problema principal para a educação a quantidade de informação que as pessoas recebem, mas sim a sua qualidade: a capacidade para entendê-la, processá-la, selecioná-la, organizá-la e transformá-la em conhecimento, bem como saber utilizá-la nas mais distintas situações e contextos em virtude dos valores e intenções dos projetos pessoais e da sociedade (PÉREZ GÓMEZ, 2007b).

Em prol dessa perspectiva, a alfabetização científica norteia-se pelo intento de proporcionar aos estudantes os conhecimentos, habilidades e atitudes que lhes permitam compreender e saber aplicar os saberes científicos para se desenvolverem como cidadãos na sociedade do século XXI.

Em consonância com essa concepção, inclui-se o que se tem identificado como alfabetização gráfica, que, segundo Barquero, Schotz e Reuter (2000), corresponde ao conhecimento sobre as possibilidades de mostrar informações visualmente, a habilidade de comunicar informações com desenhos reais, gráficos ou diagramas e a habilidade para compreender os produzidos pelos outros. A alfabetização gráfica comprehende todo o reconhecimento da sintaxe da linguagem gráfica e deve ser objeto de ensino e atualização por toda a educação básica e ensino superior, incluindo-se nesta última a formação inicial

docente, sobretudo quando consideramos a relevância de sua aplicação nas atividades científicas e na geração e uso das tecnologias.

Na educação científica, é necessário que os alunos não aprendam apenas teorias, leis e conceitos, mas igualmente desenvolvam habilidades que lhes proporcione possibilidades de buscar conscientemente soluções para os desafios que surgirem. Diante dessa expectativa, a escola não deve preparar os estudantes somente em termos dos conceitos teóricos ou mesmo do sistema de conhecimentos específicos das mais diversas disciplinas, mas sim, conduzi-los a vencer os desafios propostos pelas ciências na perspectiva do saber fazer.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio – PCNEM (BRASIL, 2002a) – o ensino de Ciências Naturais deve buscar objetivos educacionais de maior ambição formativa, tanto em relação à natureza das informações tratadas, dos procedimentos e atitudes envolvidas, como em termos das habilidades, competências e dos valores desenvolvidos. A partir do desenvolvimento de competências e habilidades, os PCNEM afirmam que o aprendizado deve:

contribuir não só para o conhecimento técnico, mas também para uma cultura mais ampla, desenvolvendo meios para a interpretação de fatos naturais, a compreensão de procedimentos e equipamentos do cotidiano social e profissional, assim como para a articulação de uma visão do mundo natural e social (BRASIL, 2002a, p. 7).

O desenvolvimento de habilidades na educação em ciências deve conduzir a um aprendizado de caráter teórico e prático para a compreensão dinâmica e crítica da relação entre o homem, a natureza e a sociedade.

Corroborando com essa óptica, Pozo e Gómez Crespo (2009) estabelecem cinco metas fundamentais como fins da educação científica:

- a) A aprendizagem de conceitos e a construção de modelos.
- b) O desenvolvimento de **habilidades** cognitivas e de raciocínio científico.
- c) O desenvolvimento de **habilidades** experimentais e de resolução de problemas.
- d) O desenvolvimento de atitudes e valores.
- e) A construção de uma imagem da ciência (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 27, **grifo nosso**).

Nesse contexto da educação científica, considerando que a Química, a Física e a Biologia caracterizam-se pela observação, manipulação e pelo controle que realizam os cientistas sobre os fenômenos naturais, torna-se necessário construir diversos modelos para esses fenômenos. Esses modelos, por sua vez, estão expressos em distintos sistemas de

representação externa, ou seja, sistemas de símbolos sob a forma de diferentes registros semióticos. As referidas representações podem ser de diversos tipos: enunciados, diagramas, ilustrações, gráficos cartesianos, equações, etc. Por outro lado, essas representações externas, além de servirem para representar os fenômenos estudados pelas ciências, são usadas como ferramentas para comunicar os resultados de trabalhos científicos. Assim, tais representações, suas características, sua natureza e diversidade, como também suas interpretações devem ser consideradas como parte da linguagem das ciências e como tema de investigação para a didática das ciências.

Perpassando tal compreensão, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM (BRASIL, 2002a), em suas orientações gerais, apontam o desenvolvimento das capacidades de representação e comunicação entre as competências e habilidades necessárias para o desenvolvimento da aprendizagem na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, em articulação com as demais áreas. Essas capacidades representacionais e comunicacionais estão elencadas em três eixos:

- Interpretar e utilizar diferentes formas de representação (tabelas, gráficos, expressões, ícones...).
- Identificar variáveis relevantes e selecionar os procedimentos necessários para a produção, análise e interpretação de resultados de processos e experimentos científicos e tecnológicos.
- Identificar, analisar e aplicar conhecimentos sobre valores de variáveis, representados em gráficos, diagramas ou expressões algébricas, realizando previsão de tendências, extrapolações e interpolações e interpretações (BRASIL, 2002a, p. 12).

O mesmo documento, nas orientações específicas para as disciplinas da área, dispõe como alguns dos principais objetivos formativos:

a) Na Biologia,

- Apresentar, de forma organizada, o conhecimento biológico apreendido, através de textos, desenhos, esquemas, gráficos, tabelas, maquetes etc.
- Conhecer diferentes formas de obter informações (observação, experimento, leitura de texto e imagem, entrevista), selecionando aquelas pertinentes ao tema biológico em estudo (BRASIL, 2002a, p. 21).

b) Na Física,

- Utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para a expressão do saber físico. Ser capaz de discriminar e traduzir as linguagens matemática e discursiva entre si.

- Expressar-se corretamente utilizando a linguagem física adequada e elementos de sua representação simbólica. Apresentar de forma clara e objetiva o conhecimento apreendido, através de tal linguagem (BRASIL, 2002a, p. 29).

c) Na Química,

- Compreender os códigos e símbolos próprios da Química atual.
- Traduzir a linguagem discursiva em linguagem simbólica da Química e vice-versa. Utilizar a representação simbólica das transformações químicas e reconhecer suas modificações ao longo do tempo.
- Traduzir a linguagem discursiva em outras linguagens usadas em Química: gráficos, tabelas e relações matemáticas (BRASIL, 2002a, p. 39).

Ainda na Química, em relação à elaboração de atividades experimentais, os PCNEM consideram importante o desenvolvimento de habilidades cognitivas, tais como controle de variáveis, tradução da informação de uma forma de comunicação para outra, como gráficos, tabelas e equações químicas.

Nesse sentido, aprender ciências pressupõe aprender a falar e a escrever sobre as ciências. Para tanto, é preciso considerar que a aprendizagem e o ensino das ciências se expressam por meio das diversas linguagens: falada, escrita, do cotidiano, científica, gráfica, entre outras, utilizando diferentes sistemas de signos. É nessa perspectiva que Núñez (2012, p. 11) postula que “as linguagens, falada e escrita, são os sistemas simbólicos usados para construir, interpretar, descrever, explicar, justificar e apresentar, dentre outras habilidades, os processos e argumentos científicos”.

O ensino de ciências deve possibilitar um processo de enculturação científica, ou seja, temos que fazer com que os estudantes entendam e participem da cultura científica fazendo com que pratiquem seus valores, suas regras e, sobretudo, as diversas linguagens das ciências. “Para fazer ciência, para falar ciência, para ler e escrever ciência, é necessário combinar de muitas maneiras o discurso verbal, as expressões matemáticas, as representações gráficas” (CARVALHO, 2010, p. 283).

O conceito de enculturação científica é discutido desde o ponto de vista da alfabetização científica e do letramento científico, que avaliam a ciência como elemento da cultura. O ensino de ciências, dessa forma, deve promover a aproximação dos estudantes a essa parte da cultura universal (NÚÑEZ, 2012). O uso do termo enculturação científica parte do pressuposto de que o ensino de ciências pode e deve gerar condições para que os estudantes, além da cultura religiosa, social e histórica que trazem consigo, possam também fazer parte de uma cultura em que as noções, ideias e conceitos científicos pertençam a seu

corpus (SASSERON; CARVALHO, 2011). Sendo assim, a aprendizagem das linguagens das ciências deve ser inserida na cultura científica, uma vez que o conhecimento não deve estar fora das circunstâncias nas quais é ensinado, aprendido e utilizado.

Para Brown, Reveles e Kelly (2005), a alfabetização e o letramento científico significam a utilização de termos técnicos, a aplicação de conceitos científicos, a avaliação de argumentos fundamentados em evidências e a definição de conclusões a partir de elementos apropriados. Estando a linguagem científica inserida no contexto da alfabetização, letramento e enculturação científica, aquela deve ser objeto da formação dos professores e da aprendizagem dos estudantes. Assim, a aprendizagem das ciências está sujeita a um processo de letramento, “em que os alunos vão se tornando cada vez mais hábeis em usar os diferentes gêneros da ciência escolar e atribuem significado ao que estão fazendo em sala de aula (MORTIMER; VIEIRA, 2010, p. 302).

Ensinar ciência contempla, portanto, ensinar a ler e entender sua linguagem, compreender sua estrutura sintática e discursiva, o sentido de seu léxico, interpretando suas representações semióticas, sejam elas, fórmulas, esquemas, gráficos, diagramas, tabelas etc.

Papert (1993), Roth e Bowen (1999) enfatizam a importância das representações semióticas na aprendizagem, argumentando que a construção e a interpretação dessas representações são cruciais para se aprender ciências e que os indivíduos estão imersos numa cultura visual repleta de representações.

Entre as principais representações semióticas empregadas nas ciências naturais, diversos autores (DUVAL, 1988, 1996, 1999, 2003; DOLORES, 2008; GARCÍA, PALACIOS, 2005, 2007a) chamam a atenção para a importância que têm as representações gráficas, sobretudo as representações de gráficos cartesianos, como formas de comunicação científica e como ferramentas para o trabalho didático. De fato, é comum que as representações gráficas cartesianas sejam utilizadas nos mais múltiplos meios de comunicação, para ilustrar temas variados, como a variação de preços por meio do tempo, o crescimento ou decrescimento da economia e o desempenho de candidatos em campanhas eleitorais. De acordo com Dolores (2008), independente do que se trate nos gráficos ensinados na escola, a criação de uma visualização clara e comprehensível de dados a partir dessas representações tem uma particular relevância em todos os ramos da ciência e na vida cotidiana. No campo das ciências naturais, o uso de gráficos cartesianos é especialmente importante para a representação e difusão dos resultados das investigações científicas, tanto em revistas especializadas como em livros texto (BOWEN; ROTH; MCGINN, 1999). Segundo Bengtsson (1999), no contexto educacional, pode-se afirmar que há

uma grande quantidade de ocasiões nas quais é necessária a habilidade para manejar informações a partir de gráficos [...] e [...] esta habilidade é particularmente importante no ensino e na aprendizagem das ciências onde os gráficos são utilizados frequentemente com usos comunicativos (BENGTSSON, 1999, p. 565).

Nessa mesma linha, De Guzmán (1984) propõe que a construção de gráficos cartesianos e sua interpretação sejam consideradas como temas pertencentes ao conhecimento básico que um cidadão deve possuir. Um dos objetivos básicos do ensino das ciências deve ser que os estudantes aprendam a analisar e interpretar adequadamente os dados das representações gráficas (CAMPANÁRIO, OTERO, 2001; BRASIL, 2002a). A alfabetização gráfica é uma das necessidades latentes para a educação do século XXI, não só na escola, mas também para o entendimento de diversas representações cotidianas.

A aprendizagem das ciências naturais abrange, entre outras competências e habilidades, saber construir e interpretar gráficos – seja ou não a partir de dados experimentais – e as formalizações teóricas das ciências (NÚÑEZ; SILVA, 2008). Os gráficos cartesianos, nas disciplinas da área de Ciências Naturais, são utilizados para visualizar conceitos, fenômenos e as relações abstratas entre eles, simplificando o que é complexo e permitindo transformar o abstrato em concreto (GARCÍA; PALACIOS, 2007b). Como representação semiótica no âmbito da linguagem da Química, os gráficos cartesianos tratam de organizar e apresentar os dados obtidos das relações entre variáveis experimentais, ou não, de modo a facilitar sua análise e interpretação.

A Química usa amplamente os modelos, ou seja, representações simplificadas ou idealizadas, por intermédio de símbolos, fórmulas, convenções e códigos. Destarte, é indispensável que o aluno desenvolva competências e habilidades apropriadas para utilizar tal linguagem, sendo capaz de entender e empregar, a partir das informações fornecidas, a representação simbólica das transformações químicas (BRASIL, 2002a).

De maneira geral, o desenvolvimento de habilidades no domínio da *representação* e da *comunicação*, na área das Ciências da Natureza, envolve características a serem abordadas em todas as disciplinas da área. Entre essas competências, as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN+ (BRASIL, 2002b) – citam:

Ler, articular e interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, esquemas, diagramas, tabelas, gráficos e representações geométricas (BRASIL, 2002b, p. 27).

Analisando as habilidades e competências associadas à Química, na perspectiva dos PCN+ (BRASIL, 2002b), temos:

Ler e interpretar informações de dados com diferentes linguagens ou formas de representação, como símbolos, fórmulas e equações químicas, tabelas, gráficos, esquemas, equações; selecionar e fazer uso apropriado de diferentes linguagens e formas de representação, como esquemas, diagramas, tabelas, gráfico, traduzindo uma nas outras (BRASIL, 2002b, p.89).

É relevante considerar que a utilização dos gráficos cartesianos na representação dos fenômenos químicos facilita a percepção, reduzindo a dificuldade dos estudantes do ensino médio na busca por informações. No desenvolvimento do processo de ensino da Química escolar, torna-se fundamental o manuseio das diversas representações semióticas, entre estas, os gráficos cartesianos, pois, como afirma Duval (1999, p. 60):

A diversificação das representações semióticas (externas) de um mesmo objeto aumenta a compreensão conceitual dos sujeitos, pois a compreensão conceitual aparece ligada ao descobrimento de uma invariância entre representações semióticas heterogêneas.

Para a elevação do grau de desenvolvimento dos alunos nos conceitos científicos, torna-se imprescindível a diversificação dos tipos de representações semióticas que representam tais conceitos. A utilização de representações que utilizam registros semióticos distintos podem proporcionar muitas possibilidades para melhorar a aprendizagem dos estudantes e seu uso simultâneo tem um efeito sinérgico e favorece a construção de modelos mentais coerentes por parte dos estudantes (SEUFERT, 2003).

Reafirmando o uso de gráficos cartesianos como formas de representação de fenômenos naturais, podemos justifica-los segundo três aspectos expostos por Selva (2003):

- a) Os gráficos cartesianos são ferramentas simbólicas bastante ricas, do ponto de vista dos conceitos que permitem abordar;
- b) A construção e a interpretação de gráficos implicam na transformação de elementos de um sistema simbólico (linguagem natural, tabelas, banco de dados, levantamentos experimentais) para outro sistema simbólico com um apelo visual mais atrativo: o gráfico. Ou seja, é uma ferramenta que permite a organização e análise de informações complexas de uma forma mais clara e coerente; e
- c) O tratamento de informação, a partir do uso de gráficos na organização e análise das informações, permite a integração entre diversas disciplinas escolares e o conhecimento cotidiano.

A interpretação de gráficos é um procedimento do uso da linguagem científica, associado à construção, comunicação e à interpretação de informações, assim como estratégia central na aprendizagem da química escolar. Schnotz e Banert (2003) acreditam que os

gráficos cartesianos têm como função resumir, reordenar e expor as informações implícitas nos fenômenos químicos. A partir de seu uso, pode-se ilustrar padrões de covariância entre suas variáveis e, por conseguinte, fazer inferências sobre o fenômeno.

Para Núñez, Ramalho e Pereira (2011, p. 4),

Aprender a linguagem da Química implica que os textos produzidos – ou seja, o que os alunos dizem – tenham sentido para a Ciência. Dessa forma, a aprendizagem da Química não se separa das formas diversas nem da estrutura (semântica e sintaxe) da linguagem dessa área de conhecimento.

Ratificando essa afirmação teórica, fenômenos químicos como as leis dos gases, pressão de vapor, aquecimento, diagramas de fase, curvas de solubilidade ou velocidade de reação são estudados e representados por meio da construção e da interpretação de gráficos cartesianos (PADILLA *et al.*, 1986).

Segundo Garcia (2005), a maioria dos livros de Química abordam as representações por gráficos cartesianos nos temas referentes à termodinâmica e termoquímica, cinética química e ao comportamento dos gases. Tem-se, igualmente, encontrado estudos, mesmo que com menor frequência, que utilizam os gráficos cartesianos para explicar temas como as relações matéria-energia, as reações estequiométricas, o enlace químico, ordenamento periódico e soluções e a eletroquímica.

Assim, torna-se muito mais relevante considerar que algumas das dificuldades enfrentadas por parte considerável das pessoas em interpretar gráficos apresentados nos meios de comunicação tem relação com a carência de informação estabelecida durante o ensino escolar. Quando se abordam essas temáticas na sala de aula, na maioria das vezes, trabalham-se apenas com exercícios isolados, de maneira descontextualizada (CAMILLO, 2006).

Essa abordagem descontextualizada não contabiliza que os gráficos cartesianos são representações semióticas utilizadas no ensino de Química como eixo de ligação entre os dados experimentais e as formalizações científicas, isto é, são utilizados para determinar as relações entre as variáveis que intervêm nos fenômenos e, assim, poder materializá-los em modelos. No ensino das ciências, os gráficos auxiliam na visualização de conceitos e relações abstratas, difíceis de serem compreendidos em outros tipos de representações (GARCÍA; PALÁCIOS, 2005).

Para Duval (1996), uma das grandes dificuldades na aprendizagem das matemáticas e das ciências naturais reside na falta de capacidade dos alunos de reconhecer e executar mudanças de registro semiótico, identificando, por sua vez, que umas dessas mudanças de registro são mais complexas que outras. Entre elas, está a mudança de registro de uma

informação apresentada em um gráfico cartesiano para a linguagem escrita a partir de sua interpretação.

Quanto ao processo de interpretação de gráficos, questão central na modelação algébrica e nas representações de fenômenos nas ciências naturais, cabe destacar que se trata de processos nos quais os estudantes normalmente confundem características topológicas de uma situação com aquelas características também topológicas de sua correspondente representação (LEINHARDT, ZALAVSKY, STEIN, 1990; DOLORES, 2004, 2008; GARCÍA, 2005; GARCÍA e PALÁCIOS, 2005 e 2007). É imperioso perceber as diferenças entre os significados e os significantes, reconhecendo, em particular, que os gráficos envolvem, assim como outras formas simbólicas, relações arbitrárias, porém convencionais, entre os objetos que são representados.

A necessidade do ensino de interpretação e construção de gráficos está em conformidade com a formação de um cidadão com habilidades e competências para sua inserção na sociedade contemporânea, pois tais conteúdos favorecem o desenvolvimento cultural, científico e tecnológico, para a compreensão da realidade e a abordagem de situações e problemas do cotidiano.

De tal modo, o estudo de gráficos contribui com a realização de projetos de investigação, favorecendo o desenvolvimento de competências, como “criar questões e hipóteses, planejar e realizar experiências, visando à obtenção de respostas para as questões formuladas, coletar e analisar dados bem como tirar conclusões e comunicar resultados” (ROLOFF, 2005, p. 14).

Nesse cenário, gradualmente, torna-se mais importante e necessário para a sociedade inserir nos currículos escolares as demandas do universo científico e sócio cultural, de modo que o aluno se identifique com o mundo conceitual discutido nos bancos escolares, atribuindo sentido e significado aos conteúdos disciplinares (RAMALHO; NÚÑEZ, 2001).

Entre as razões que levam os estudantes a ter dificuldades de aprendizagem nos diversos níveis de ensino, está a falta de compreensão sobre o uso de sistemas de representação externa como ferramentas para o conhecimento (GARCÍA; PALACIOS, 2007b). Essas representações, suas características, sua natureza e sua diversidade, como também suas formas de construção, interpretação e transformação devem ser consideradas como parte dos conteúdos a serem ensinados e aprendidos nas aulas de Química, assim como são relevantes temas de investigação para a Didática das Ciências Naturais e da Matemática (NÚÑEZ; RAMALHO; PEREIRA, 2011). Desenvolver esse tipo de atividade tem sido um desafio para professores, estudantes, investigadores e para o sistema educativo em geral

(DOLORES, 2008). Segundo esse autor, apesar da utilização dos gráficos pela sociedade em geral, e, de forma mais específica, por determinadas comunidades de profissionais, sem dúvidas, o sistema educativo tem empenhado poucos esforços pela formação de uma alfabetização científica que permita compreender e utilizar mais adequadamente esse tipo de representação semiótica.

Na sociedade do século XXI, urge a necessidade de promover a alfabetização gráfica dos estudantes. A escola e o corpo docente são responsáveis pelo processo em que os estudantes adquirem as habilidades necessárias e tornam-se efetivamente leitores críticos e não se resumem a meros decodificadores de informações.

No ensino das Ciências da Natureza, é fundamental desenvolver habilidades que permitam tirar novas interpretações do mundo que nos rodeia e, simultaneamente, dilatam capacidades de pensamento e de ação, com elevado grau de transferência para outras áreas curriculares e circunstâncias da vida presente e futura. Entre as competências e habilidades que a Química e os demais componentes curriculares dessa área necessitam, está a interpretação de informação, ou seja, identificação de relações entre variáveis a partir dos dados da observação. Descrever, em poucas palavras, a informação mais relevante de um gráfico e construir inferências a partir da informação contida no gráfico também faz parte desse rol de necessidades.

Neste novo contexto, o ensino da Química precisa promover o desenvolvimento de atividades (habilidades) investigativas com uma atenção particular na inclusão e combinação de conteúdos atitudinais, procedimentais e conceituais. O professor tem como função, nesse processo, selecionar, organizar e problematizar esses conteúdos com a finalidade de colaborar com o progresso do desenvolvimento intelectual do aluno, com o seu crescimento como indivíduo social e com o seu papel histórico.

De acordo com Delors (1999), a Reforma Curricular para o ensino médio no Brasil apoia-se em princípios que caracterizam uma verdadeira “revolução” nas formas de pensar o ensino, a aprendizagem, a educação, no contexto escolar, inserida no movimento internacional de transformar a escola no século XXI. O ensino de Química, nas bases da proposta do ensino médio para este século, sugere dialogar com as exigências de uma nova sociedade, originado no campo das transformações tecnológicas, econômicas, das novas formas de produção do conhecimento; da globalização, não só das econômicas, como também do conhecimento (NÚÑEZ, RAMALHO, 2007).

Para Rodríguez e Granados (2009), a docência deste século exige fortalecer a formação dos professores de modo que se convertam em verdadeiros especialistas na sua

própria prática profissional, capazes de transformá-la com a finalidade essencial de melhorar a qualidade da educação que se faz. Sendo assim, os professores de Química em formação inicial devem apropriar-se profundamente dos saberes que pertencem ao seu fazer profissional.

As exigências para o ensino da Química nesse novo contexto também demanda novas formas de organizar o processo de ensino-aprendizagem. Como proposta de uma abordagem ainda nova nos países ocidentais para a formação de conceitos e habilidades, surge a *teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos* de P. Ya. Galperin.

Vários estudos apontam ter obtido resultados positivos nos processos de formação fundamentados na teoria de Galperin. Núñez (1992), em sua Tese de Doutorado em Ciências Pedagógicas pelo Instituto Superior Politécnico “Jose Antonio Echeverria” (Cuba), desenvolveu e aplicou um Sistema Didático para o ensino da Química Geral para alunos do primeiro ano de Engenharia Mecânica com o qual elevou a qualidade dos conteúdos assimilados pelos estudantes. Núñez e Gonzalez (1996b) apresentam um estudo realizado com estudantes cubanos do primeiro ano de Engenharia Mecânica no qual se aplicou a teoria da assimilação por etapas de Galperin no processo de ensino da seguinte habilidade: *como explicar as propriedades das substâncias de interesse do engenheiro mecânico*. Outro estudo de Núñez (1998) investigou a formação da habilidade de construir e interpretar diagramas de fases segundo a teoria da assimilação de Galperin. Nesses três estudos, o novo procedimento constituiu uma alternativa de aprendizagem que facilitou o processo de construção e assimilação dos conhecimentos, objetos de estudo, com um maior nível de qualidade.

Em um projeto de inovação pedagógica para a disciplina de Matemática I de cursos superiores da Universidad Nacional de Tucumán na Argentina, Galindo *et al.* (2000) propõe implementar uma nova estratégia de aprendizagem que conduza os estudantes ao desenvolvimento do pensamento reflexivo e a atitudes críticas. A partir da teoria de Galperin, os pesquisadores buscaram alcançar um maior grau de generalização nas habilidades formadas nos estudantes e na realização de suas tarefas de forma independente.

Arruda e Marin (2001) buscaram saber quais eram as regularidades formativas das estruturas lógicas e psicológicas básicas do pensamento teórico em estudantes da disciplina de Física a partir de um modelo didático que utilizou a Teoria da Atividade de Leontiev, a Teoria da Assimilação por Etapas de Galperin e o método sistêmico estrutural-funcional na organização do conteúdo desenvolvido. Em seus resultados, identificaram que tal metodologia favorece o desenvolvimento de procedimentos lógicos do pensamento e propiciam o desenvolvimento de habilidades da disciplina.

Em estudo com orientações metodológicas, fundamentadas na teoria de Galperin, para as práticas de Laboratórios de Física desenvolvidas com estudantes de nível superior da carreira de Geologia, Madera, Vizoso e Rodríguez (2002) apontam a orientação como decisiva em qualquer atividade humana durante a aprendizagem, determinando a rapidez da formação e a qualidade das ações.

Em sua pesquisa de doutorado, Rezende (2003) analisou a transposição dos princípios da teoria de Galperin, do meio escolar para o treinamento esportivo como subsidio a reflexão do ensino das habilidades táticas do futebol de campo.

Nos últimos anos, diversos estudos fundamentados na teoria de Galperin, em âmbito de doutorado, vêm sendo desenvolvidos na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) sob a orientação do Prof. Dr. Isauro Beltrán Núñez, dentre os quais destacamos os seguintes:

- Faria (2004) realizou uma pesquisa no curso de Pedagogia da referida universidade, adotando como fundamento a teoria da Assimilação de Galperin, a partir do qual buscou-se estudar o sentido atribuído pelas professoras à “ajuda do outro” no contexto da sala de aula.
- Ribeiro (2008) desenvolveu, como objeto de estudo, o processo de apropriação da habilidade de planejar situações de ensino para a definição de conceitos e identificação de objetos com professores do ensino fundamental, no qual todos os docentes participantes da experiência formativa conseguiram alcançar um maior grau de desenvolvimento da habilidade de planejamento do ensino de conceitos.
- Oliveira (2011) produziu a tese intitulada “O pensamento teórico e formação docente: apropriação de saberes da tradição lúdica na perspectiva da teoria da formação das ações mentais por etapas de P. Ya. Galperin” e, como resultado, de seu estudo formulou uma proposta de ensino para desenvolver a habilidade de identificar jogos populares tradicionais enquanto contribuição histórico-cultural e de desenvolvimento do indivíduo na formação inicial do professor de educação física.

Além destes, um estudo teórico realizado por Rezende e Valdes (2006) dedicou-se à análise das implicações pedagógicas da teoria de Galperin sobre a formação das ações mentais por estágios, discorrendo sobre a utilização de ferramentas cognitivas como recursos auxiliares para o pensamento e a ascensão da aprendizagem.

Os pesquisadores Popov e Tevel (2007) realizaram um curso de Introdução à Física na Universidade Pedagógica, na Rússia, cujo foco foi o desenvolvimento de competências dos

alunos sobre o trabalho experimental utilizando como base teórica as ideias da teoria de P. Ya. Galperin.

Compondo esse panorama teórico ancorado em Galperin, um estudo destinado à investigação da aprendizagem da Terceira Lei de Newton, a partir de uma didática apoiada na Teoria de Formação das Ações Mentais por Etapas, foi realizada por Pérez (2009) com estudantes de Física I da Universidade do Norte em Barranquilla, na Colômbia.

Considerando os resultados satisfatórios apresentados pelas pesquisas analisadas quanto à aplicação da *teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos* de P. Ya. Galperin, bem como o fato de que os estudos apontam que é significativo o papel da interpretação de gráficos cartesianos no processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Química, das demais disciplinas escolares e para a formação geral do sujeito e, a partir da constatação, em sala de aula, dos diferentes níveis de dificuldades que os alunos têm nessa habilidade, propomo-nos a investigar o seguinte **objeto de estudo**:

O processo de formação² da habilidade de interpretar gráficos cartesianos em licenciandos em Química segundo o aporte teórico da teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos de P. Ya. Galperin.

1.1. Objetivo geral

Organizar, desenvolver e estudar o processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos em estudantes de Licenciatura em Química segundo a *teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos* de P. Ya. Galperin.

1.2. Objetivos específicos

1. Diagnosticar o nível de desenvolvimento da habilidade de interpretar gráficos cartesianos em licenciandos de Química;
2. Estruturar um Sistema Didático fundamentado na *teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos* de P. Ya. Galperin, para a formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos;

² Neste trabalho, a formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos em licenciandos de Química é compreendida como um tipo de atualização da habilidade, uma vez que esses estudantes já têm desenvolvido sob algum aspecto essa habilidade e, a partir da proposta deste trabalho, passem a ter um maior grau de desenvolvimento, seja por assimilar novos conceitos relacionados ou por assimilar uma nova forma de abordagem metodológica para a interpretação de gráficos cartesianos.

3. Caracterizar o processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos em licenciandos de Química fundamentado na *teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos* de P. Ya. Galperin; e
4. Determinar os fatores que favorecem e os que dificultam a formação da habilidade como parte do conhecimento profissional docente.

1.3 A Tese

A revisão da literatura apresentada no segundo capítulo para a problematização do estudo e a importância na identificação de metodologias que possam facilitar o processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos, levam-nos a propor como tese de nosso trabalho:

A formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos como parte do conhecimento profissional, desenvolvida por meio de um Sistema Didático que toma como referência as etapas da *teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos* de P. Ya. Galperin, constitui-se como um processo de aprendizagem que garante a assimilação da orientação do sistema de operações ao nível mental, de forma sólida, com alto grau de generalização, independência e consciência e com alto poder de transferência a novos contextos.

1.4 O contexto empírico da pesquisa

O estudo foi desenvolvido com um grupo de estudantes de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). O levantamento das informações foi realizado com licenciandos do penúltimo ano do curso e matriculados na disciplina de Estágio Supervisionado III, no período 2012.1 da referida universidade. Foi convidado a participar do processo um total de quatorze estudantes, mas destes apenas seis puderam participar de todo o processo formativo proposto para a pesquisa.

1.5 A novidade do estudo e suas contribuições

A temática da interpretação de gráficos cartesianos vem sendo abordada por alguns autores nas últimas quatro décadas (JANVIER, 1978; LEINHARDT, ZALAVSKY e STEIN, 1990; POZO e GOMÉZ CRESPO, 1998; DOLORES, 2004 e 2008; GARCÍA e PALÁCIOS, 2005 e 2007; NÚÑEZ, 1992 e 1998; NÚÑEZ e SILVA, 2008; NÚÑEZ, HERNÁNDEZ e ARANDA, 2009; BEZMALINOVIC, 2009). A maioria dos trabalhos que abordam esse conteúdo trata de descrever as dificuldades que os alunos têm para interpretar gráficos cartesianos e/ou os elementos que fazem parte do processo de interpretação de um gráfico cartesiano. A novidade deste estudo é a proposta da formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos a partir da estrutura invariante dessa habilidade, utilizando como fundamentação teórica a *teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos*, desenvolvida pelo psicólogo soviético Piotr Yakovlevich Galperin (1902-1988). Buscamos, a partir deste estudo, apresentar uma proposta que rompa com a forma com que se vem trabalhando esse conteúdo e habilidade no dito ensino tradicional, no qual se parte de um grande número de situações particulares para chegar à aprendizagem da habilidade sem sistematização. Por meio da *teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos* de Galperin, formamos a habilidade a partir de sua essência (sistema de operações invariantes), do geral para o particular, ou seja, do abstrato para o concreto, de modo que o estudante domine o invariante daquela habilidade com alto grau de consciência, alto grau de generalização, com independência e solidez e, que possa transferi-la a outros contextos. Essa metodologia é uma via para garantir a internalização da estrutura operacional da habilidade do plano externo, com apoio, de forma materializada e detalhada, à forma mental, o que possibilita a independência cognoscitiva na solução de situações-problema dentro dos limites de generalização.

Estando a interpretação de gráficos cartesianos entre os conteúdos que os estudantes possuem baixo desempenho e baseado na necessidade de ampliar a proposição de trabalhos inovadores que tratem dessa temática, principalmente envolvendo novas metodologias para o seu ensino e aprendizagem, a confirmação da tese deste estudo vem contribuir com uma proposta de metodologia para o ensino da interpretação de gráficos cartesianos. Em se considerando essa confirmação, a metodologia proposta conduziria o estudante de Licenciatura em Química a uma aprendizagem com maior grau de generalização e consciência de forma a se familiarizar os futuros professores com uma experiência inovadora, a fim de que estes pudessem transpor suas dificuldades de aprendizagem na abordagem desse

conteúdo tanto na área das Ciências da Natureza, como nas demais áreas do ensino, uma vez que a utilização de gráficos cartesianos perpassa por todas as áreas científicas, assim como, pelos diversos meios de comunicação do cotidiano. O contato desses futuros docentes com essa nova proposta metodológica seria, por conseguinte, uma possibilidade concreta para sua formação profissional e a abertura de novos horizontes para sua atuação em sala de aula.

1.6 A estrutura da tese

Para a estruturação dos argumentos e considerações que favorecessem a defesa da Tese que propomos, organizamos o desenvolvimento do estudo em oito capítulos.

Este primeiro capítulo trás uma discussão introdutória à educação científica no século XXI, justifica a importância dos gráficos cartesianos sob a perspectiva da linguagem e da comunicação na Química no contexto da educação do século XXI e trata da questão de formar-se os professores para dar conta das novas exigências de uma escola de ensino médio neste novo século.

O segundo capítulo apresenta a problemática das dificuldades apresentadas por alunos e professores para a interpretação de gráficos cartesianos tomando por referência pesquisas de vários autores que se debruçaram sobre essa temática de estudo e buscando relacioná-las à interpretação de gráficos cartesianos no ensino da Química do ensino médio. Promove-se, adicionalmente, uma discussão sobre o ensino de procedimentos/habilidades nas ciências, a interpretação de gráficos cartesianos inserida nesse contexto e a formação inicial de professores de Química para formar habilidades no ensino médio, o que ajuda a justificar a importância da pesquisa e a formulação da Tese em questão.

O capítulo três promove uma discussão teórica sobre a formação inicial de professores de Química e o aprender a ensinar. Assim como, debate a questão dos saberes profissionais e da profissionalização do professor de Química, uma vez que os saberes e os conhecimentos profissionais são um marco referencial da pesquisa.

No quarto capítulo, discutem-se os fundamentos da *teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos* de P. Ya. Galperin como estratégia para a formação de habilidades.

O capítulo cinco apresenta o percurso metodológico da pesquisa organizado em três partes: (1) como foi estruturado o sistema didático, parte em que serão tratados os critérios para a definição dos pressupostos, objetivos e organização do conteúdo; (2) o desenvolvimento da experiência formativa, em que são apresentados os instrumentos para

coleta de dados que foram utilizados no processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos; e, por fim, (3) as estratégias de organização e análise de dados.

Os capítulos seis e sete trazem os resultados da pesquisa. No capítulo seis, é apresentado o detalhamento do processo de desenvolvimento do Sistema Didático. Nesse capítulo, revelam-se os procedimentos realizados para se determinar o invariante da habilidade de interpretar gráficos cartesianos através do Método Teórico da Atividade proposto por Talízina (1988), resultando no modelo da atividade ou base orientadora da ação (B.O.A), utilizado como referência pelo professor para organização do processo formativo. Igualmente, são explicitados como se desenvolveu o levantamento, seleção e organização dos gráficos cartesianos utilizados nas tarefas do processo de formação da habilidade.

No sétimo capítulo, são apresentados e debatidos os resultados do desenvolvimento da experiência formativa fundamentada na teoria de Galperin. A organização do capítulo está disposta no diagnóstico inicial da habilidade, seguido do desenvolvimento do processo de formação da habilidade fundamentado na teoria, concluindo-se com o controle final da formação e a avaliação do processo formativo.

O oitavo e último capítulo apresenta as considerações finais sobre o estudo e a discussão sobre propostas para continuidade e ampliação de pesquisas na formação de habilidades fundamentadas na teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos de P. Ya. Galperin.

2. A PROBLEMÁTICA DA INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS CARTESIANOS E A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO

Neste capítulo, trataremos da problemática do ensino de procedimentos/habilidades no ensino de ciências. Delimitando o objeto de nosso estudo, dissertaremos sobre a habilidade de interpretar gráficos cartesianos como parte da alfabetização e do letramento científico e como elemento integrante da enculturação científica no século XXI, assim como da formação inicial de professores de ciências, em específico os licenciados em químicas. Serão apresentadas pesquisas que indicam a dificuldade que os estudantes da educação básica e superior têm para interpretar gráficos cartesianos e os problemas apresentados pelos docentes em formação inicial ou no exercício da profissão com a interpretação desse tipo de representação semiótica. Essa análise buscou elencar elementos que associem as deficiências identificadas nos estudantes com aquelas apresentadas pelos docentes e que venham a refletir-se em dificuldades no processo de ensino e aprendizagem da interpretação de gráficos cartesianos, e, de modo vinculado, na formação inicial e nos saberes para ensinar.

2.1 O ensino de procedimentos/habilidades nas ciências naturais

Há muito tempo, o ensino das Ciências Naturais está fortemente baseado na transmissão de um *corpus* conceitual das disciplinas, dos principais modelos e das técnicas. Tradicionalmente, o conhecimento científico escolar tem sido um conhecimento verbal (NÚÑEZ, 2013). Permanecem sendo poucos os estudos relativos à formação de procedimentos e habilidades, visto que não ocupam um lugar de destaque nas pesquisas sobre o ensino das Ciências Naturais.

Para Pozo e Gómez Crespo (2009), o desenvolvimento de habilidades cognitivas e de raciocínio científico e de habilidades experimentais de resolução de problemas, demandam que os conteúdos procedimentais ocupem um lugar relevante no ensino de ciências (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009). Segundo esses autores, esses conteúdos teriam como objetivo não apenas transmitir aos estudantes os saberes científicos, “mas também torná-los partícipes, na medida do possível, dos próprios processos de construção e apropriação do conhecimento científico” (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009, p. 28).

Pesquisas recentes sobre o ensino e aprendizagem de ciências mostram as dificuldades e limitações dos estudantes no domínio dos procedimentos científicos e em seu próprio aprendizado. Pozo e Gómez Crespo (2009, p. 47) afirmam que, atualmente, o ensino de ciências precisa adotar como um de seus objetivos prioritários “a prática de ajudar os alunos a

aprender e a fazer ciência, ou, em outras palavras, ensinar aos estudantes procedimentos para a aprendizagem de ciências”.

Nesse contexto problemático inicial, constituiu-se o projeto do qual esta pesquisa faz parte, desenvolvido no grupo de estudos sobre a teoria de P. Ya. Galperin, vinculado à Base de Pesquisa *Formação e Profissionalização Docente* do Centro de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Este estudo integra-se, igualmente, ao Programa de Pós-Graduação em Educação da referida Universidade, resultando na tese de doutoramento deste pesquisador, a qual, adicionalmente, passou a fazer parte do projeto “Aprender a ensinar habilidades cognitivo-linguísticas como ferramentas na Educação em Ciências. Uma abordagem baseada na Teoria de Formação das Ações Mentais e dos Conceitos de P. Ya. Galperin”, coordenado pelo Prof. Dr. Isauro Beltrán Núñez e fomentado pelo CNPQ no ano de 2012.

A partir das diversas dissertações e teses relacionadas ao projeto, e adotando como referências as contribuições de Ramalho, Núñez e Gauthier (2004), Núñez (2009), Tardif (2002), Marcelo (2007), Shulman (2004), Galperin (1993), Talízina (2000) e Zeichner (2009), pretende-se atingir uma compreensão teórica e prática mais aprofundada e sedimentada acerca da aprendizagem de como ensinar, no contexto da formação inicial de futuros professores de Física, Química e Biologia, e sua relação com o desenvolvimento profissional desses educadores. A importância deste projeto está na busca de uma maior aproximação entre essas áreas, a fim de revelar processos que, no contexto dado, facilitam ou são obstáculos à apropriação de saberes e habilidades como parte da cultura profissional. Considerando os poucos estudos pré-existentes sobre este objeto e abordagem teórica, a contribuição científica mais significativa desta pesquisa diz respeito a teoria de assimilação de P. Ya. Galperin, aplicada na formação de professores, para aprender uma das diversas fundamentações do ensinar ciências (NÚÑEZ, 2012).

Retomando o contexto motivador deste estudo, salienta-se que o ritmo de desenvolvimento da ciência e da tecnologia, vai além do que o mais amplo programa de formação docente pode incluir. Adicionalmente, a avaliação dos limites que se coloca ao estudante por meio de uma educação centrada apenas no domínio dos conteúdos da aprendizagem, bem como do potencial de desenvolvimento que o indivíduo possui e com o qual pode se converter em gestor de uma vida de melhor qualidade para si mesmo e para os grupos sociais a que pertence, têm mudado os objetivos educacionais dos educadores em prol do desenvolvimento de habilidades, da formação de atitudes e da internalização de valores (MORENO, 1998).

É importante mencionar que as habilidades não são capacidades inatas com as quais as pessoas vêm ao mundo. Uma habilidade é uma capacidade de agir que se aprende, a qual é requerida para executar completamente uma tarefa. Assim sendo, as habilidades dependem da maturação e das experiências de aprendizagem, e, portanto, a adequação a essas habilidades dependerá das demandas das situações pessoais em interação com a sociedade. (CERVANTES; MOREJON, 2005)

Uma das principais tarefas que tem o ensino das ciências é a capacitação dos estudantes na resolução de situações-problema que exijam o conhecimento de conceitos, propriedades (expressas através de teoremas e leis) e procedimentos de trabalho.

Em estudos no campo da educação científica, faz-se contínua a referência à necessidade de que os alunos não só aprendam teorias, leis e conceitos, mas que também desenvolvam habilidades, competências e destrezas que lhes permitam assumir uma atitude responsável na busca por informações (RECIO; RAMÍREZ, 2012). Sendo assim, a escola não só deve capacitar as pessoas em termos da teoria específica do sistema de conhecimentos das disciplinas, mas há de considerar o desafio posto para o avanço da própria ciência do ponto de vista do saber fazer.

O discurso pedagógico dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) adota essa perspectiva, insistindo na responsabilidade da escola em valorizar as dimensões conceitual, procedural e atitudinal no estabelecimento dos objetivos e das competências e habilidades, na organização e seleção dos conteúdos, nos procedimentos didáticos e avaliativos (VALENTE, 2003).

Para Pérez Gómez (2007c), o ensino como treinamento de habilidades tem sido uma prática constante nas escolas. De acordo com o autor, essa perspectiva educacional tem privilegiado o desenvolvimento e treinamento de habilidades e capacidades formais sem uma conexão adequada das habilidades com os conteúdos e com o contexto cultural em que essas habilidades adquirem significados. Na concepção do autor, o desenvolvimento de habilidades à parte de seu conteúdo e do significado de seu contexto é tão difícil, carente de aplicação e desmotivador como a aprendizagem de conteúdos disciplinares separados dos esquemas de compreensão. Como explica Núñez e Ramalho (2012), os estudos relativos à formação de procedimentos não tem ocupado um lugar central no campo da didática.

As habilidades fazem parte dos conteúdos do tipo procedural, assim como, as destrezas e estratégias cognitivas, manipulativas, comunicativas e de investigação que os estudantes devem dominar para se apropriar dos conteúdos conceituais, são formas de se dominar e de aplicar os conhecimentos (POZO; GÓMEZ CRESPO, 2009).

Recio e Ramírez (2012) consideram que, diante do desenvolvimento alcançado pela ciência e do grande número de conhecimentos acumulados pela humanidade, faz-se necessário que os professores direcionem seu trabalho docente mais a ensinar a aprender que a transmitir informações. Desse modo, uma das tantas tarefas fundamentais da educação é considerar a formação e o desenvolvimento de capacidades e habilidades, uma vez que o sucesso nas diferentes atividades que o homem realiza depende em grande parte da forma em que elas são dominadas por ele.

A condição inicial para superar dificuldades na organização do pensamento lógico é a utilização de procedimentos lógicos no ensino-aprendizagem desde as séries iniciais (RIBEIRO; NÚÑEZ, 1997). Os autores também entendem as habilidades como um tipo de conteúdo procedural e que a formação de habilidades gerais (comparar, identificar e classificar) deve fazer parte do processo de assimilação de conceitos científicos iniciais.

Investigações realizadas por Sánchez Blanco (1993) e Pro Bueno (1995) apontaram a importância da introdução de conteúdos procedimentais no ensino de ciências no ensino médio, considerando entre estes a formação das habilidades de observar, medir, classificar, reconhecer, formular hipóteses, identificar e controlar variáveis, elaborar projetos experimentais, analisar dados e estabelecer conclusões.

Alguns dos procedimentos para a aprendizagem das ciências naturais, de caráter geral ou instrumental, devem ser ensinados em sala de aula, pois tendem a facilitar a aprendizagem dos alunos (POZO; GOMEZ CRESPO, 2009), e são parte do processo de apropriação e assimilação dos conhecimentos (NÚÑEZ, 2009), tais como: os procedimentos de exposição oral e escrita, o uso de diferentes teorias de expressão escrita e o desenvolvimento de capacidades para argumentar, explicar e justificar. Para os autores, esses procedimentos são tão importantes como os próprios conhecimentos. Descrever, interpretar, explicar e argumentar são considerados habilidades cognitivo-lingüísticas utilizadas largamente nas ciências naturais (NÚÑEZ, 2012). De acordo com Jorba (2000), tais habilidades são ditas cognitivas no sentido de que se relacionam com processos cognitivos de grande elaboração e complexidade, mas que só se podem atingi-los por meio da linguagem.

Segundo Núñez (2012), a escola tradicional não tem dado a devida atenção aos processos de ensino e de aprendizagem de procedimentos, como descrever, explicar e interpretar, na sala de aula, desconsiderando que estes devem ser entendidos, aprendidos e ensinados como parte dos conteúdos das Ciências. Comumente, as descrições, explicações e interpretações são dadas “acabadas”, como produto ou pacotes prontos retirados dos livros didáticos ou passados pelos professores, de modo que os estudantes venham reproduzi-las de

forma acrítica e mecânica, ignorando a estrutura dessas atividades. A forma de trabalho dos docentes na educação básica em relação às habilidades como conteúdos procedimentais prontos, vem, possivelmente, como reflexo da formação inicial que receberam nas licenciaturas onde em sua maioria também são abordadas dessa forma.

A educação científica supõe, sem dúvidas, o desenvolvimento de procedimentos e de atitudes, e não somente de conhecimentos. Fundamentada na teoria da atividade de Leontiev, Talízina (2001) destaca a necessidade de se aprender os conteúdos conceituais em relação a procedimentos e dirigidos à formação de atitudes, valores, numa perspectiva da aprendizagem que desenvolve os estudantes.

Núñez (2011) considera os procedimentos como tipos de atividades a serem planejados e ensinados de forma explícita e consciente. Assim, os estudantes devem aprender esses tipos de conteúdos relacionados com outros, de forma funcional, compreensiva e consciente, dirigidos à solução de situações problemas e a atuação competente.

De acordo com Fernández *et al.* (2005), as investigações pedagógicas têm abordado o problema de formação e desenvolvimento de habilidades na qualidade de componente essencial do conteúdo de ensino, mas ainda são poucos os estudos que investigam sobre as estratégias mais eficientes para formá-las e desenvolvê-las.

A linguagem científica constitui uma ferramenta essencial para expressar, discutir e debater as ideias da ciência, com uma precisão mais adequada que a oferecida pela linguagem do cotidiano. A importância da linguagem visual e verbal nas aulas de ciências tem sido mostrada por um grande número de pesquisas. Esses trabalhos põem em evidência as dificuldades de os alunos utilizarem, de forma adequada, a linguagem científica para atender as diferentes demandas – explicar, descrever, justificar e argumentar. Assim, esses alunos não conseguem diferenciá-las e terminam por confundi-las, evidenciando a falta de conhecimento das estruturas pelas quais as ideias científicas são expressas.

As habilidades desenvolvem-se ao longo do tempo, sendo o processo de ensino-aprendizagem a célula fundamental para seu desenvolvimento, o que se concretiza na sala de aula, porém na hora de realizar a planificação da habilidade é necessário se ter em conta seus componentes estruturais (MADRAZO; CARRAZANA; MIRANDA, 2005).

Corroborando com essa perspectiva, é necessário que o ambiente escolar estimule o vínculo teórico-prático, em uma unidade dialética em que ambos se complementem. Para Fernández *et al.* (2005, p.6), “o homem realiza milhares de ações externas, práticas, internas e intelectuais diversas e tudo é assimilado durante a vida. Os homens não nascem práticos, nem teóricos, nem realizadores, nem pensadores. Tudo se aprende”. Para a apropriação deste

conhecimento, desempenha um papel importante a formação e desenvolvimento de habilidades.

A psicologia da aprendizagem e a prática escolar convergem na opinião de que os estudantes que se apropriam de procedimentos no plano mental, que refletem as formas de pensamento e trabalho nas ciências podem obter melhor resultados na resolução independente de problemas.

2.2 A interpretação de gráficos no ensino de ciências naturais: uma questão problemática

Os diversos modelos construídos pelas áreas de Química, Física e Biologia estão expressos em diversos sistemas de representação externa (sistemas de símbolos), ou seja, em diferentes registros semióticos (DUVAL, 1996, 1999, 2003). Tais representações, suas características, sua natureza e diversidade, como também suas formas de interpretação devem ser consideradas como parte dos conteúdos a ser ensinado e aprendido nas classes de ciências e como tema de investigação para a didática das ciências.

Os Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio – PCNEM (BRASIL, 2002), em suas orientações gerais, apontam entre as competências e habilidades necessárias para o desenvolvimento da aprendizagem na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias:

- Interpretar e utilizar diferentes formas de representação (tabelas, gráficos, expressões, ícones...).
- Identificar, analisar e aplicar conhecimentos sobre valores de variáveis, representados em gráficos, diagramas ou expressões algébricas, realizando previsão de tendências, extrapolações e interpolações e interpretações (BRASIL, 2002, p. 12).

Pode-se, portanto, afirmar que a aprendizagem das ciências, além da aprendizagem conceitual, atitudinal e procedural, deve ter em conta a aprendizagem representacional. Papert (1993) e Roth e Bowen (1999) enfatizam que os indivíduos estão imersos numa cultura visual repleta de representações e que a interpretação dessas representações é crucial para se aprender ciências. Dessa forma, a aprendizagem dos conceitos científicos está ligada ao dessas representações e a seus processos de formação, transformação e interpretação.

Os gráficos cartesianos são representações semióticas utilizadas nas ciências naturais como eixo de ligação entre os dados experimentais e as formalizações científicas, isto é, são utilizados para determinar as relações entre as variáveis que intervêm nos fenômenos e, assim, poder materializá-los em modelos. No ensino das ciências, os gráficos auxiliam na

visualização de conceitos e relações abstratas, difíceis de serem compreendidos em outros tipos de representações (GARCÍA; PALÁCIOS, 2005).

Apesar dessa importância no ensino de ciências, alguns autores (LEINHARDT, ZALAVSKY, STEIN, 1990; SCHNOTZ, 1993; ROTH, MCGUINN, 1997; ROTH, BOWEN, 1999) afirmam que, em relação às representações de gráficos cartesianos, estudantes do ensino médio e superior e, inclusive docentes da área de ciências, têm dificuldades em sua compreensão, visto que não conseguem interpretar adequadamente os gráficos nem entender o significado de suas características básicas: variáveis e suas relações, pontos, escalas, entre outros.

Para ratificar a afirmação desses autores, serão discutidos estudos onde foram pesquisadas as dificuldades de estudantes, da educação básica e superior, e de docentes em formação inicial e em exercício profissional, focando principalmente a área das ciências naturais, dando evidência, sobretudo, a pesquisas envolvendo a disciplina de Química. Será iniciada a discussão com alguns casos de estudos envolvendo estudantes das diversas etapas da educação básica e superior.

Diante dessa problemática, as atividades nas aulas de ciências naturais devem abranger situações que visem incidir sobre os pontos de origem das dificuldades apresentadas pelos estudantes quando constroem e interpretam gráficos. Para Roth e Bowen (1999), aparentemente, a construção e a interpretação de gráficos não constituem um aspecto importante na instrução de nível médio, sendo essa temática abordada de forma marginal. Esses autores e Cox (1999) sugerem que os estudantes devem participar permanentemente de atividades práticas que requeiram a construção, o uso, a interpretação e a seleção de gráficos para desenvolverem as habilidades exigidas por essas tarefas.

Em uma pesquisa com gráficos nas disciplinas de ciências, Bell e Janvier (1981) declararam que as análises dos dados obtidos indicaram, entre outros, para os seguintes problemas:

- a) Em gráficos de taxas de variação ao longo do tempo, apesar de os alunos realizarem a leitura dos pontos, reconhecendo, por exemplo, o máximo e o mínimo de uma sequência, não pareceram, em sua maioria, capazes de identificar a variação de desempenho ao longo de um determinado intervalo de tempo.
- b) Os estudantes interpretaram incorretamente a variação abordada pelo gráfico. Em um gráfico crescente de uma população de micróbios em função dos horários de alimentação, os alunos entendiam as elevações das curvas do gráfico como sendo o quanto se tinha consumido de comida.

- c) Os estudantes mostraram-se desatentos ao interpretar alguns gráficos do desempenho de variáveis, dificultando uma leitura apropriada. A representação da trajetória de um carro de corrida desenhada como uma montanha pareceu tê-los distraído, de modo a impedir que identificassem satisfatoriamente o gráfico espaço *versus* tempo do movimento correspondente.

As dificuldades exibidas pelos alunos para interpretar gráficos devem ser estudadas a partir das várias questões relacionadas à situação de interpretação. Logo, são vários os tipos de considerações a serem realizadas para que se possa investigar a compreensão da representação de dados em um gráfico.

No contexto escolar, em estudo realizado por Dolores, Alarcón e Albarrán (2002) com estudantes de ensino médio, cujo foco era pesquisar as concepções alternativas a respeito de funções elementares que relacionavam tempo e distância representados em gráficos cartesianos, detectou-se entre os equívocos dos estudantes:

- a) Associação entre a maior velocidade média e a representação gráfica da ordenada de maior altura, ou o intervalo correspondente às ordenadas de maior altura;
- b) Associação entre o gráfico cartesiano que se assemelha com a trajetória de corpos em queda livre e a representação da própria trajetória do corpo;
- c) A não aceitação de que um gráfico de coordenadas tempo-distância e outro de coordenadas velocidade-tempo podem representar o mesmo movimento.
- d) A maioria dos estudantes associa uma reta paralela ao eixo das ordenadas $s(t)$ como representação da distância de um corpo em queda livre em função do tempo.

Em outro estudo, Dolores (2004) identificou problemas de mesma ordem quando investigou as concepções alternativas de estudantes de ensino médio em atividades de análises de funções centradas na interpretação de gráficos cartesianos. Nessa pesquisa, os resultados identificaram nos estudantes as seguintes implicações:

- a) A aceitação de que somente as funções cujos gráficos possuíssem abscissas positivas teriam imagens positivas; analogamente, somente os gráficos com abscissas negativas poderiam ter ordenadas negativas;
- b) A aceitação de uma relação de concomitância entre função positiva e função crescente ou entre função negativa e função decrescente;

- c) A consideração de que os pontos de corte de um gráfico com o eixo x seriam pontos fixos ou de que, se um gráfico passasse pela origem, então em tal ponto o gráfico nem cresceria e nem decresceria;
- d) A associação de intervalos com pontos do gráfico.

Em uma investigação também relacionada com a representação gráfica de funções, Dreyfus e Eisenberg (1982) assinalaram como uma das causas das dificuldades de aprendizagem do conceito de funções pelos estudantes, a existência de uma ampla gama de linguagens de representação: descrição verbal, tabela de valores, gráficos, expressões e diagramas.

A pesquisa realizada por Markovits, Bat-Sheva e Bruckheimer (1986) com estudantes da educação básica sobre o estudo das representações de funções vêm acrescentar a essa discussão mais duas dificuldades nesse campo:

- a) A compreensão parcial das representações algébrica e gráfica;
- b) A transferência da função entre suas formas gráfica e algébrica.

Embora sejam importantes o ensino e a aprendizagem dos gráficos cartesianos nas ciências, as investigações nessa temática evidenciam que os estudantes continuam apresentando grande dificuldade para compreendê-los e para interpretá-los. A fim de explicar essas dificuldades, têm-se discutido fatores como deficiências no desenvolvimento cognitivo (BERG; SMITH, 1994) e/ou em suas habilidades de construir e interpretar gráficos (MCMANN; MCMANN, 1987), bem como a necessidade de se converter um gráfico em outros tipos de representação para poder interpretar as informações (DUVAL; 1988), além do uso passivo desses gráficos nas salas de aula, não ocorrendo a construção e interpretação por parte dos estudantes (AINLEY; NADI; PRATT, 2000).

Pró Bueno (2003), ao discutir problemas de aprendizagem nas ciências naturais, em especial, os relativos a procedimentos para a interpretação de gráficos cartesianos, apontou como resultado de seus estudos as dificuldades relacionadas no Quadro 1 a seguir:

PROCEDIMENTO	DIFÍCULDADES
Relacionar variáveis	<ul style="list-style-type: none"> - não reconhecer que uma variável pode ter diferentes valores; - reconhecer as relações diretas, causais, mas ter dificuldade quanto às relações inversas e às multicausais; - não conseguir realizar satisfatoriamente o controle e a exclusão de variáveis.

PROCEDIMENTO	DIFICULDADES
Transformar e analisar dados	<ul style="list-style-type: none"> - sistematizar a tabulação de dados sem internalizar as regras (as relações entre variáveis); - ter dificuldade para interpretar, extrapolar valores e construir gráficos; - ter dificuldade para compreender as equações descritas nos gráficos.

Quadro 1 – Dificuldades para a construção e a interpretação de gráficos

Fonte: Pró (2003)

De acordo com as considerações de Astudillo e Hernández (2004), para que os estudantes insiram-se no contexto das novas tecnologias, cada vez mais, torna-se necessário o domínio de habilidades associadas à aprendizagem de representações gráficas. Entre estas, os autores citam:

- a) Adquirir conceitos relacionados com os gráficos cartesianos e os sistemas de coordenadas como: eixos, pares ordenados, tabelas de valores;
- b) Transpor de um conjunto discreto de pontos às respectivas funções e seus gráficos;
- c) Classificar gráficos e funções com distintos critérios;
- d) Transformar geometricamente funções e gráficos e observar consequentes modificações na representação simbólica.

Em uma pesquisa com estudantes do ensino médio e do primeiro período do bacharelado em Ciências da Natureza e da Saúde, visando descobrir que concepções tinham em relação à conversão da expressão algébrica de uma função em sua representação gráfica e os erros que cometiam ao trabalhar com tais transformações, Astudillo e Hernández (2004) chegaram às seguintes conclusões:

- a) Os estudantes têm dificuldades para relacionar os coeficientes das funções com as características geométricas de sua representação gráfica;
- b) Os estudantes cometem muitos erros ao associar a expressão algébrica de uma função a partir de seu gráfico; identificando incorretamente seus coeficientes e também confundido o tipo de função que estão analisando; e
- c) Alguns estudantes tendem a utilizar o mesmo tipo de justificativa em todas as respostas, sejam elas relacionadas a tabelas de valores, gráficos ou coeficientes de uma fórmula.

Dificuldades em problemas de interpretação e construção de gráficos são apontadas, no geral, como um grande obstáculo, aos estudantes, no processo de aprendizagem das ciências e da matemática (LEINHARDT, ZALAVSKY, STEIN, 1990; AZCÁRATE, 1990).

Em uma reconhecida pesquisa relacionada ao estudo sobre erros em representações gráficas, Leinhardt, Zalavsky e Stein (1990) apontam as dificuldades de estudantes em interpretar gráficos que representam situações concretas, destacando os casos em que os gráficos são interpretados como uma imagem literal da situação representada, ou seja, uma representação icônica. Além desse problema, os autores citam as dificuldades existentes na tradução de uma forma de representação em outra, em especial quando se trata da passagem de um gráfico para uma fórmula.

Leinhardt, Zalavsky e Stein (1990) classificaram, em seus estudos, quatro tipos de dificuldades dos estudantes quanto à compreensão de gráficos:

- a) O conflito entre a inclinação e a altura;
- b) A confusão entre um intervalo e um ponto;
- c) A consideração de um gráfico como um desenho; e
- d) A concepção de um gráfico como construído por um conjunto discreto de pontos.

Além dessas diversas dificuldades encontradas na resolução de problemas que envolvem gráficos cartesianos, Azcárate (1995), em sua pesquisa com estudantes do bacharelado, identificou muitos que acreditam que o gráfico de uma função sempre passa pela origem das coordenadas cartesianas.

Relacionado com esses problemas identificados por Leinhardt, Zalavsky e Stein (1990), Azcárate (1995), tem-se Deulofeu (1993) que, em sua tese de doutorado, estudou as concepções que os estudantes têm sobre o significado de um gráfico, a partir de sua interpretação e construção. Em outro estudo, esse autor aponta para a tendência que os estudantes possuem em discretizar uma situação, considerando, em um problema, apenas os pontos mais relevantes de um gráfico (DEULOFEU, 1995).

Observa-se pelas pesquisas que tratam da interpretação de gráficos cartesianos por estudantes que são muitas e diversificadas as dificuldades apresentadas por eles quando têm que trabalhar com essas representações.

Diante das dificuldades apresentadas nos trabalhos mencionados, questiona-se que impacto tem a qualidade da formação do professor no processo de formação dos alunos em relação às suas possibilidades e necessidades de aprendizagem e que possa efetivamente influenciar esses resultados.

Publicações internacionais têm destacado a importância da qualificação do professor no desempenho dos alunos. O relatório da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) de 2005, intitulado “Teachers matter: attracting, developing and retaining effective teachers”, destaca a importância do papel docente na qualidade da aprendizagem do aluno, quando anuncia que:

Atualmente uma quantidade considerável de investigações indica que a qualidade dos professores e a forma como ensinam é o fator mais importante para explicar os resultados dos alunos. Também existem dados relevantes de que os professores variam na sua eficácia. As diferenças nos resultados dos alunos são, por vezes, maiores dentro de uma mesma escola do que entre escolas. (OCDE, 2005, p.12).

Em outro relatório da mesma instituição, nomeado “Creating effective teaching and learning environments: first results from TALIS”, é reforçado essa valoração da formação do professor nos resultados dos estudantes, ao mencionarem:

A quantidade e a qualidade da formação inicial de professores são claramente importantes para moldar seu trabalho, uma vez que começam o ensino nas escolas e deve influenciar a sua educação, requisitos de formação e outros aspectos do seu desenvolvimento. (OCDE, 2009b, p.28).

Outro documento oficial que trás considerações sobre a contribuição do grau de desenvolvimento de habilidades e conhecimentos do professor na aprendizagem dos estudantes é o resultado da discussão sobre políticas educativas no marco da II Reunião Intergovernamental do Projeto Regional de Educação para a América Latina e o Caribe de 2007 (UNESCO, 2008). Nesse documento, faz-se a seguinte afirmação:

[...] os docentes são os atores fundamentais para assegurar o direito à educação da população e contribuir para o melhoramento das políticas educacionais da região. [...] De fato, excluídas as variáveis extra-escolares como a origem socioeconômica dos alunos, a qualidade dos professores e o ambiente que conseguem criar na sala de aula são fatores basilares que justificam os resultados do aprendizado dos alunos. (UNESCO, 2008, p. 59).

Sendo o professor o principal elo entre o aluno e a qualidade de sua aprendizagem, entendemos ser importante identificar pesquisas relacionadas a dificuldades apresentadas por docentes para interpretar gráficos cartesianos que justifiquem ou deem indícios dos problemas apresentados pelos estudantes nos estudos citados anteriormente.

Nessa perspectiva, García e Palacios (2007a) investigaram o desempenho de estudantes de Licenciatura em Química em tarefas de interpretação de gráficos cartesianos de

livros textos de Química. O estudo revelou que os participantes não têm dificuldades em tarefas como a identificação de variáveis, leitura de dados e classificação da relação entre as variáveis. Porém, apresentam limitações em tarefas como a identificação da relação entre variáveis, o reconhecimento de termos inclusos em gráficos ou a elaboração de conclusões, explicações e previsões a partir das informações gráficas.

Nesse mesmo ano, García e Palacios (2007b) apresentaram um estudo realizado com professores de Química em exercício profissional a respeito do uso que faziam das representações gráficas cartesianas em suas aulas e das concepções que tinham quanto à dificuldade dos estudantes na construção e interpretação dessas representações semióticas. Uma porcentagem significativa de docentes (40%) acreditava que as deficiências apresentadas pelos estudantes ao interpretar gráficos cartesianos relacionam-se à baixa frequência com que se realizam atividades com esse tipo de gráfico nas aulas e que uma presença mais constante de atividades dessa natureza auxiliariam no desempenho dos estudantes em tarefas de construção e interpretação de gráficos cartesianos. Outro grupo menor (30%), mas igualmente significativo, atribuiu as falhas dos estudantes às suas deficiências nas habilidades necessárias para construir e interpretar este tipo de representação.

Na composição desse panorama teórico, Monteiro e Selva (2001) analisaram o procedimento de interpretar gráficos cartesianos com professores da educação básica. Os autores chegaram a resultados parecidos com os determinados por García e Palacios (2007a, 2007b), ao concluir que a maioria dos professores do estudo sentiu dificuldade na compreensão de eixos e escalas e na relação de variáveis. Um dado considerável da pesquisa de Monteiro e Selva (2001) é que os docentes participantes reconheceram que não estavam preparados para desenvolver o conteúdo de gráficos cartesianos com seus alunos, apesar de avaliarem como importante e necessário. A declaração desses professores permite-nos conjecturar que, entre os motivos dessa deficiência, estão fragilidades em sua formação inicial.

Em pesquisa realizada com 70 licenciandos de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Pereira, Uehara e Núñez (2009) buscaram investigar o domínio que esses futuros docentes tinham sobre o conceito de variável em uma situação-problema e a representação da relação de variáveis em um gráfico cartesiano. Os resultados indicaram que esses futuros professores tinham dificuldades para definir e aplicar conceitos em situações práticas. Os dados mostraram que mais de 30% não conseguiram definir o conceito de variável e que uma porcentagem considerável não apresentou a representação gráfica com uma relação correta entre as variáveis (58,6%) – problema identificado nas pesquisas citadas

anteriormente – ou não esboçou nenhum tipo de gráfico para a situação apresentada (22,8%). Entende-se que a dificuldade para definir o conceito de variável em uma situação representada por gráficos cartesianos implica diretamente no grau de desenvolvimento da habilidade de interpretar as informações prestadas por esse gráfico.

Na pesquisa para sua tese de doutorado, realizada com estudantes de Licenciatura da Universidade Veracruzana (México), Cuesta (2007) expõe diversas dificuldades dos estudantes na disciplina de Cálculo I, relacionadas ao estudo de funções e suas distintas formas de representação, entre elas a gráfica cartesiana. Entre suas conclusões, podemos destacar:

- a) O nível de conhecimento dos estudantes sobre o contexto geométrico é muito elementar, chegando a criar em muitos deles conflitos para construir e interpretar as diferentes formas de representação de uma função;
- b) Muitos estudantes não conseguem transferir uma função da representação em tabela ou gráfico para a equação algébrica.

Nesse mesmo estudo, Cuesta (2007) identificou outras dificuldades, relacionadas a leitura e interpretação de gráficos. Entre as mais relevantes cita:

- a) *A incompreensão da relação entre variáveis mostradas em um gráfico:* determinados licenciandos avaliam uma situação contextualizada, atendendo somente a uma leitura literal das magnitudes envolvidas, sem estabelecer a relação existente entre elas. Há, entre os estudantes, uma tendência a tornar discreta uma situação, na qual só consideram os pontos relevantes do gráfico e se limitam a dependência funcional entre variáveis das coordenadas desses pontos.
- b) *A incompreensão do significado de variação da inclinação da reta:* alguns dos licenciandos não reconhecem no gráfico a relação da velocidade com a inclinação da reta, pelo simples fato de não compreenderem o conceito de variação. Muitos associam a variação ao coeficiente “a” em uma fórmula do tipo $f(x) = ax + b$, ou seja, conceitualmente o aspecto algorítmico predomina sobre os aspectos geométricos, identificando-se, inclusive, quem associa a velocidade com a altura da reta no gráfico.
- c) *A interpretação icônica de situações gráficas contextualizadas:* muitos estudantes realizam uma interpretação icônica das mudanças da velocidade de um carrinho que sobe e desce uma montanha russa. Para esses estudantes, o gráfico deve representar as mudanças de velocidade e, em essência, uma representação da

montanha, ou seja, o licenciando interpreta o gráfico de uma situação como uma imagem literal dessa situação.

Em uma investigação sobre a compreensão de 20 professores de Química do uso de gráficos cartesianos no entendimento da velocidade de uma reação química, Martorano e Marcondes (2011) aplicaram duas atividades e observaram que todos os professores interpretaram a curva indicando o aumento da concentração do produto com o tempo, contudo, apenas oito responderam que a velocidade da reação diminui com o tempo. Na conclusão de seu estudo, os autores apontaram que a interpretação gráfica de uma reação química, em termos de velocidade, é uma dificuldade que os professores enfrentam.

No Brasil, ainda são poucos os estudos relacionados às representações semióticas, entre elas, os gráficos cartesianos. Uma pesquisa realizada por Colombo, Flores e Moretti (2008) traz a discussão sobre a importância no ensino de registros de representação semiótica proposta por Raymond Duval e apresenta um resumo sobre trabalhos envolvendo registros de representações semióticas nas pesquisas brasileiras, mais especificamente em Educação Matemática, no período de 1990 a 2005. Nesse período, os autores identificaram no país apenas 30 produções, entre dissertações (27) e teses (3), e, destas, somente duas (em nível de mestrado) envolvem estudos relacionados a representações semióticas na forma gráfica, número que pode ser considerado insignificante diante da problemática apresentada até este momento. Identificaram-se nesse estudo dois grupos de pesquisa com maior envolvimento no estudo das representações semióticas, um na Pontifícia Universidade Católica (PUC-SP) com dezoito publicações e outro na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), da qual pertencem dois dos autores, com cinco publicações.

Como pode ser observado, o estudo sobre a interpretação de gráficos cartesianos é essencial como linguagem das ciências, porém ainda é pouco explorado nas salas de aulas da educação básica e da formação inicial de professores, conforme pôde-se inferir pelas deficiências apresentadas por docentes e alunos e, nas pesquisas acadêmicas.

Nos Quadros 2 e 3, são apresentados, entre os trabalhos anteriores e outros pesquisados, um resumo das principais dificuldades que estudantes e docentes, respectivamente, possuem ao enfrentarem situações com interpretação de gráficos cartesianos.

DIFÍCULDADES NA INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS CARTESIANOS	
AUTOR(ES)	DIFÍCULDADES IDENTIFICADAS COM ESTUDANTES
Dreyfus e Eisenberg (1982)	Assinalam como uma das causas das dificuldades de aprendizagem do conceito de funções a existência de uma ampla gama de linguagens de representação: descrição verbal, tabela de valores, gráficos, expressões e diagramas, que com frequência são utilizadas como simples ilustrações nos livros didáticos.
Pozo e Goméz Crespo (2009)	
Markovits, Bat-Sheva e Bruckheimer (1986)	Segundo esses autores, os estudantes do ensino médio e superior, assim como, os indivíduos graduados em Ciências têm dificuldades para a compreensão de gráficos, além de um nível elementar. Compreendem parcialmente as representações gráficas e têm dificuldades para fazer conversões semióticas entre as formas algébrica e gráfica.
Schnotz (1993)	
Roth, McGuinn (1997)	
Roth, Bowen (1999)	
Leinhardt, Zalavsky e Stein (1990)	Classificaram quatro tipos de dificuldades dos estudantes quanto à compreensão de gráficos: o conflito entre a inclinação e a altura; a confusão entre um intervalo e um ponto; a consideração de um gráfico como um desenho e a concepção de um gráfico como construído por um conjunto discreto de pontos.
Papert (1993)	
Roth; Bowen (1999)	
Bowen, Roth e McGinn (1999)	
Cox (1999)	
Bengtsson (1999)	Sugerem que para amenizar as dificuldades, os estudantes devem participar permanentemente de atividades práticas que requeiram a interpretação e a seleção de gráficos. Os autores enfatizam a importância das representações semióticas na aprendizagem das ciências e para a representação e difusão dos resultados das investigações científicas, tanto em revistas especializadas como em livros de texto.
Pró Bueno (2003)	As dificuldades encontradas no estudo realizado pelo autor apontam para o não reconhecimento por parte dos alunos de que uma variável pode ter diferentes valores; a realização insatisfatória do controle e da exclusão de variáveis; a dificuldade para interpretar, extrapolar valores e construir gráficos e para compreender as equações descritas nos gráficos. O autor coloca ainda que os estudantes têm dificuldades para relacionar os coeficientes das funções com as características geométricas de sua representação gráfica e que, em consequência do exposto, incorrem em muitos erros ao associarem as expressões algébricas das funções com seus respectivos gráficos.
Dolores (2004, 2008)	Nos dois estudos realizados por Dolores, foram observados problemas semelhantes em relação a gráficos cartesianos. Grande parte dos estudantes aceita que somente as funções cujos gráficos possuem abscissas positivas têm imagens positivas; associam uma relação de concomitância entre função positiva e função crescente, ou entre função negativa e função decrescente; consideram que os pontos de corte de um gráfico com o eixo x seriam pontos fixos ou

DIFÍCULDADES NA INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS CARTESIANOS	
AUTOR(ES)	DIFÍCULDADES IDENTIFICADAS COM ESTUDANTES
	de que, se um gráfico passasse pela origem, então em tal ponto o gráfico nem cresceria e nem decresceria e associam intervalos com pontos do gráfico.
Duval (1996, 1999, 2003)	O autor chama a atenção para a importância de que têm as representações gráficas, sobretudo as representações de gráficos cartesianos, no cotidiano, como formas de comunicação científica e como ferramentas para o trabalho didático.
Azcárate (1990)	Apontam as dificuldades de estudantes em interpretar gráficos que representam situações concretas, destacando os casos em que os gráficos são interpretados como uma imagem literal da situação representada, ou seja, uma representação icônica.
Deulofeu (1993, 1995)	Assinalam para a tendência de que os estudantes possuem em discretizar uma situação, considerando, em um problema, apenas os pontos mais relevantes de um gráfico e associando o gráfico cartesiano que se assemelha com a trajetória de corpos e a representação da própria trajetória do corpo.
Dolores, Alarcón e Albarrán (2002)	Muitos estudantes não conseguem transferir uma função da representação em tabela ou gráfico para a equação algébrica
Núñez, Hernández e Aranda (2009)	Os autores investigaram estudantes da Educação Secundária Obrigatória espanhola segundo três aspectos: o grau de conhecimento sobre as características e utilidades dos gráficos cartesianos utilizados habitualmente no ensino das Ciências da natureza, sua habilidade para elaborar um gráfico cartesiano a partir de uma tabela de dados e a capacidade de interpretar essa forma de capacitação. Concluíram que tanto os estudantes iniciais quanto aqueles que estão concluindo a educação obrigatória têm dificuldades para elaborar corretamente um gráfico, principalmente os mais complexos. A maior dificuldade para a elaboração de gráficos está associada à escala dos eixos cartesianos. Também descobriram que os estudantes confundem o maior aumento (ou diminuição) com o maior valor ou dão o valor de um ponto quando deveriam referir-se a um intervalo.

Quadro 2 – Estudos sobre dificuldades que estudantes possuem quanto a interpretação de gráficos cartesianos

A síntese das dificuldades em interpretar gráficos cartesianos apresentadas pelos docentes formados ou em formação inicial pode ser observada no Quadro 3 a seguir:

DIFÍCULDADES NA INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS CARTESIANOS	
AUTOR(ES)	DIFÍCULDADES IDENTIFICADAS COM DOCENTES
Monteiro e Selva (2001)	Em pesquisa com professores da educação básica, concluíram que a maioria dos docentes participantes tinham dificuldade na compreensão de eixos e escalas e na relação de variáveis na interpretação de gráficos cartesianos.
Cuesta (2007)	Pesquisou o desempenho de estudantes de licenciatura na interpretação da representação gráfica de funções. Identificou como dificuldades dos licenciandos a incompreensão da relação entre variáveis, do significado de variação da inclinação da reta e a interpretação icônica de situações gráficas contextualizadas.
García e Palacios (2007a)	Realizou uma pesquisa com licenciandos em Química em tarefas de interpretação de gráficos cartesianos. Os resultados mostraram que os futuros professores apresentam limitações em tarefas como a identificação da relação entre variáveis, o reconhecimento de termos inclusos em gráficos ou a elaboração de conclusões, explicações e previsões a partir das informações gráficas.
García e Palacios (2007b)	Em estudo realizado com professores de Química a respeito do uso que faziam das representações gráficas cartesianas em suas aulas, concluíram que: - 40% acreditou que as deficiências apresentadas pelos estudantes ao interpretar gráficos cartesianos relaciona-se à baixa frequência com que se realizam atividades com esse tipo de gráfico nas aulas; - 30% atribuiu as falhas dos estudantes a suas deficiências nas habilidades necessárias para construir e interpretar este tipo e representação.
Espinel e Carrión (2008)	Em estudo realizado com professores em formação inicial sobre interpretação de gráficos, os pesquisadores identificaram que esses licenciandos têm dificuldades para interpretar gráficos de barra.
Pereira, Uehara e Núñez (2009)	Em pesquisa realizada com 70 licenciandos de Química da UFRN, buscou-se investigar o domínio que esses futuros docentes tinham sobre o conceito de variável em uma situação problema e a representação da relação de variáveis em um gráfico cartesiano. - 58,6% não apresentaram a representação gráfica com uma relação correta entre as variáveis; - 22,8% não esboçaram nenhum tipo de gráfico para a situação apresentada.
Martorano e Marcondes (2011)	Em estudo com professores sobre o uso de gráficos cartesianos no entendimento da velocidade de uma reação química, concluíram que os docentes têm dificuldade para interpretar gráficos nessas condições.

Quadro 3 – Estudos sobre dificuldades que docentes possuem quanto a interpretação de gráficos cartesianos

É possível observar nos Quadros 2 e 3 que são muitas as dificuldades apresentadas pelos estudantes na interpretação de gráficos cartesianos. De modo complementar, verifica-se que os professores em formação inicial ou no desempenho de sua profissão também possuem uma quantidade significativa de problemas para interpretar esses gráficos, sendo a maioria delas as mesmas apresentadas pelos estudantes. Se comparados com as afirmações postuladas nos documentos citados anteriormente (OCDE, 2005, 2009b; UNESCO, 2008), pode-se supor que as deficiências dos estudantes para interpretar gráficos podem estar vinculadas com as deficiências dos docentes formadores.

As formas de ensino refletem sobre a aprendizagem, e as dificuldades na aprendizagem em Química geram consequências na forma como os alunos mobilizam os saberes empíricos a partir dos saberes científicos transmitidos e produzidos por seus professores (BRITO; SOARES, 2011).

Segundo Núñez e Silva (2008), em geral, existem docentes que pensam que o aprendizado do procedimento de ler, construir e interpretar gráficos é de “responsabilidade” do professor de Matemática, mas esta é uma visão equivocada. Os gráficos são também uma ferramenta efetiva da comunicação científica, objetivo da educação e consequentemente importante no processo de ensino-aprendizagem da Química.

Interpretar gráficos é uma habilidade que deve ser ensinada e, por isso, os professores devem aprendê-la para si e aprender a ensiná-la. A formação inicial dos professores de Química deve prepará-los de modo a assumir entre seus saberes para ensinar o desenvolvimento da habilidade de interpretar gráficos cartesianos.

Diante dos resultados apresentados, verifica-se a importância dos gráficos cartesianos no ensino das ciências naturais, em especial na Química, e da busca por eixos norteadores das dificuldades que docentes e estudantes apresentam na interpretação dessas representações semióticas.

Observa-se ainda que são poucos os trabalhos brasileiros que envolvem a discussão da interpretação de gráficos cartesianos, a formação dessa habilidade e principalmente essa abordagem na formação inicial de professores. Entre estes, o número é ainda menor dos que apresentam propostas de metodologias de ensino que promovam um desenvolvimento efetivo dessas habilidades.

2.3 A formação inicial de professores para o ensino médio: a problemática de aprender a ensinar no século XXI

Formar professores competentes, criativos, versáteis, autônomos e comprometidos com seu entorno, sua escola e profissão, exige o aperfeiçoamento do processo formativo inicial desses profissionais. É necessário colocar-se em prática modelos pedagógicos contextualizados que facilitem a formação e o desenvolvimento de habilidades profissionais desde o início e ao longo de sua carreira (VELÁZQUEZ, GARCÍA, 2012).

Os pesquisadores Madrazo, Carrazana e Miranda (2005) apontam que é necessário um trabalho coletivo por parte das instituições formadoras de professores em um profundo e constante estudo de como alcançar a formação de habilidades profissionais em correspondência com o desenvolvimento da sociedade, para a qual se exige do profissional docente que aplique seus conhecimentos na solução de algum problema e raras vezes que memorize o conteúdo.

A formação de habilidades exige dos licenciandos a compreensão do significado e do valor destas para seu próprio processo de conhecimento. Está associada ao processo de formação de uma interpretação científica do mundo, conformado na atividade única e integral que se realiza no processo de educação e desenvolvimento da personalidade. Ela permite que os futuros docentes sejam capazes de argumentar, explicar, interpretar, demonstrar, entre outras.

Na opinião de Marcelo (2007, p. 5), os professores em formação inicial devem possuir:

... um conjunto de ideias e habilidades críticas assim como a capacidade de refletir, avaliar e aprender sobre seu ensino de tal forma que melhorem continuamente como docentes. Isso é possível se o conhecimento essencial para os futuros professores puder se organizar, representar e comunicar de forma que lhes permita uma compreensão mais profunda do conteúdo que aprendem.

Pertencem a esse conhecimento do conteúdo, segundo o autor, o corpo de conhecimentos gerais de uma disciplina, os conceitos específicos, definições, convenções e procedimentos.

De acordo com o documento “Educação de qualidade para todos: um assunto de direitos humanos”, publicado pela UNESCO (2008), tradicionalmente a pedagogia preocupou-se mais com os conhecimentos entendidos como informação ou conceitos do que com o desenvolvimento dos procedimentos intelectuais para operar sobre o conhecimento e produzir novos conhecimentos.

Os procedimentos do pensamento lógico ocupam um lugar importante no processo de assimilação do conhecimento específico. Isto porque o licenciando para apropriar-se de conhecimentos específicos necessita de procedimentos lógicos para solucionar, de forma mais eficiente, problemas relacionados a este conhecimento. Os procedimentos de explicar, interpretar, argumentar, etc., são vias para a assimilação dos conteúdos específicos da disciplina. Fazendo uma analogia com a explicação dada por Talízina (1987), a falta de compreensão da necessidade de trabalhar a formação de procedimentos lógicos, por parte dos professores formadores, pode incorrer na não utilização deste na metodologia pedagógica e, como consequência disso, o resultado pode ser a má formação do licenciando em ciências. Ocorrendo dessa maneira, a formação dos procedimentos lógicos dar-se-á de modo espontâneo, aleatório e pouco sistemático.

Segundo Núñez e Uehara (2012), em geral, a formação inicial de professores nos cursos de licenciatura para ensinar ciências não tem a preocupação em ensinar a ensinar habilidades de natureza comunicativa. É conveniente, na formação do professor, tanto inicial quanto continuada, refletir sobre as diferenças entre os discursos científico, cotidiano e escolar. O primeiro, próprio da comunidade científica; o segundo, do cotidiano; e o terceiro, resultado de uma transposição didática, de uma adaptação pedagógica do primeiro (SUTTON, 1997). Nessa óptica, considera-se que a formação de habilidades para a comunicação nas aulas de ciências deve considerar que o procedimento de falar e escrever usando a linguagem científica não é um processo natural, espontâneo, e que deve ser convenientemente ensinado (NÚÑEZ; UEHARA, 2012).

Entre os princípios fundamentais para a formação de professores de ciências, Porlán (2003, p.28) cita:

Mais além de cada disciplina concreta e, inclusive, mais além das diferentes formas de conhecimento (científico, cotidiano, escolar, etc.) devem ser considerados determinados conceitos (unidade, diversidade, interação, sistema, mudança, etc.), procedimentos (formular problemas, expressar e argumentar as próprias ideias, estabelecer contrastes rigorosos com fontes de informação externas, reestruturar e aplicar as próprias ideias, etc.) e valores (autonomia, respeito à diversidade, cooperação crítica, ação transformadora, etc.) que favorecem uma perspectiva mais integrada e completa do mundo na hora de conhecê-lo, analisá-lo e transformá-lo.

Fernández *et al.* (2005) cita, entre os problemas apresentados no desenvolvimento de habilidades com professores em formação inicial:

- a) Conhecimento insuficiente das qualidades da ação que têm as habilidades;

- b) Conhecimento insuficiente dos requisitos quantitativos e qualitativos para a formação de habilidades;
- c) Conhecimento insuficiente dos aspectos metodológicos a considerar na formação e desenvolvimento de habilidades;
- d) Domínio deficiente da relação conhecimento-habilidade;
- e) Desconhecimento das etapas ou passos para a formação e desenvolvimento de habilidades;
- f) Domínio deficiente da relação dialética entre habilidade-ação-operação;
- g) Não percepção do trabalho metodológico, da elaboração de estratégias para a avaliação de habilidades no âmbito da disciplina; e
- h) Conhecimento psicológico-didático-metodológico insuficiente em termos de habilidades.

A formação inicial dos professores de ciências deixa, portanto, transparecer determinada fragilidade e deficiência dos conhecimentos e habilidades que, teoricamente, deveriam ser apreendidos em sua formação científica. Por sua vez, essas deficiências, integradas a uma abordagem tradicional há muito praticadas na disseminação da ciência na escola, vem provocando conflitos no processo ensino-aprendizagem, sobretudo na exposição de ideias científicas.

Quanto a essa fragilidade nos cursos de formação inicial de professores de ciências, Porlán (2003, p.24), alega que o conhecimento disciplinar que se pretende ensinar:

...geralmente é fracionado (não há visão de conjunto, nem se comprehende a interação entre as partes), enciclopédico (os conceitos se aprendem como dados, fórmulas, algoritmos, definições formais, etc.), descontextualizado (se occultam as condições científicas, sociais, históricas e ideológicas) e absolutista (a ciência como conhecimento verdadeiro e superior).

Presume-se como possível estabelecer como consequência desse tipo de formação o que foi verificado por García e Martínez (2003): apesar de os professores de ciências em formação inicial dizerem conceder grande importância para os conteúdos procedimentais, os autores constataram que, na realidade, isso só ocorre a nível declarativo, ou seja, não se traduz em uma mudança de mentalidade.

Percebe-se pelos estudos citados que o contexto e as características dos programas de formação inicial dos professores de ciências estão muito distantes de ser adequados para que os futuros docentes possam afrontar, com certas garantias de êxito, a difícil missão de ensinar

a seus alunos como aprender a aprender (GARCÍA; HERNANDÉZ, 2003; BARROS; LOSADA, 2003).

Cabe ressaltar que a assimilação de habilidades está acompanhada de processos cognitivos. Esses processos exigem a atenção voluntária e consciente, a assimilação real do sistema de ações que satisfaz tal assimilação, assim como do conhecimento ao qual está ela associada. Sua formação e desenvolvimento também exige dos estudantes compreender o significado e o valor destas habilidades para o próprio processo de conhecimento (RECIO; RAMÍREZ, 2012).

As reflexões acerca do conhecimento químico, de sua natureza, bem como seu processo de construção são pouco ressaltadas no processo de formação dos professores de Química. Os licenciandos acabam por vivenciar uma formação inicial que não propicia elementos para que se insiram na profissão com saberes e habilidades que subsidiem sua atuação profissional e a consequente compreensão dos alunos acerca dos fenômenos químicos (LIMA, 2007).

A aprendizagem da Química não supõe apenas o conhecimento formal dos conceitos. Pensar e agir considerando esses conceitos como instrumento não pode ser desvinculado da aprendizagem de procedimentos, valores, atitudes, uma vez que o cognitivo e o afetivo estabelecem uma unidade. Em outros termos, os conceitos são aprendidos a partir de procedimentos que colaboram para a formação de valores e atitudes em um processo de aprender pensando sobre o que e por que se faz. Dessa forma, a formação de conceitos científicos da Química pode ser compreendida via procedimentos lógicos, como, tais como identificar, comparar e interpretar (SILVA; NÚÑEZ, 2008).

Os procedimentos no ensino de Química são um tipo de saber profissional que deve ser trabalhado com os docentes e futuros professores da área, relativos a ensinar a ensinar. A ciência deve ser considerada parte da cultura universal, ou seja, como um patrimônio cultural de toda a população (NÚÑEZ; UEHARA, 2012).

Porém, como afirma Maldaner (2000), nos cursos de formação inicial de professores de Química, ainda não há lugar para a reconstrução criativa do conhecimento, da ciência, do ensino, da aprendizagem, do papel do professor e do aluno, da aula e do programa de ensino.

Essa realidade reflete-se nos estudos de Santos (2005) o qual revela que a formação inicial de professores de Química permanece aportada em paradigmas disciplinares. A estrutura curricular, na maioria dos cursos de licenciatura, está vinculada a cursos de bacharelado, mais centrados sobre o projeto de fazer dos professores técnicos de ciências do que de fazê-los educadores em ciências. Como decorrência, os licenciandos concluem o curso

com práticas que ressaltam mais os conteúdos que as ligações destes com as demais áreas do conhecimento.

Em um estudo realizado por Núñez e Uehara (2012) com 40 licenciandos de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, tendo como foco a relação entre o conhecimento e o procedimento de explicar no contexto de ensino escolar, foi identificado que a maioria dos futuros professores não manifesta um conhecimento adequado sobre o papel da explicação nas ciências naturais, questão necessária para se ensinar a explicar nessa área de conhecimento. Da mesma forma, a maioria associa a explicação científica à explicação didática na sala de aula. Ao expressarem não ter estudado esse conteúdo e ainda ao fato de que a escola de ensino médio não ensina a explicar, os licenciandos justificam-se fazendo referência ao caráter de um ensino baseado na transmissão e recuperação de informações.

Os resultados deste estudo chamam a atenção para a necessidade de a formação inicial dos professores de Química incluir, de forma explícita e planejada nos seus processos, a formação de habilidades cognitivo-linguísticas, como a explicação científica, essencial para se ensinar e aprender ciências naturais, como parte da educação científica na educação básica. É importante, de acordo com Lima e Núñez (2011), que possamos repensar a formação inicial dos professores Química, no sentido de que, durante o processo de formação, sejam promovidas reflexões críticas acerca do conhecimento químico, sua natureza e construção.

Para Pozo e Gómez Crespo (1998), o ensino de um procedimento supõe revelar a estrutura de sequência das ações que o aluno deve executar. Essa estrutura operacional do procedimento é necessária de ser revelada aos alunos pelo professor, pois os procedimentos são produto de uma longa construção cultural e, logo, difíceis de serem construídos pelos alunos de forma independente. A formação inicial dos professores de Química deve desenvolver nos futuros docentes a habilidade de ensinar procedimentos específicos de sua área de ensino.

Os professores devem compreender o lugar dos procedimentos sistematizados pelas ciências na construção de novos saberes como atividade científica no contexto da escola. Esses procedimentos são objeto de trabalho em práticas intencionais, em face da situação-problema, que possibilitam a construção de problemas de interesse do grupo (NÚÑEZ; RAMALHO, 2005).

Duschl (1998) declara que os procedimentos não se aprendem de forma espontânea, natural, pela simples participação dos estudantes no ensino habitual, ou pela realização de trabalhos práticos. Por sua vez, Núñez e Ramalho (2011) avaliam os procedimentos como

tipos de atividades que precisam ser planejados para serem ensinados. Logo, os estudantes necessitam aprender esse tipo de conteúdos, relacionados com os outros, de forma funcional, compreensiva e consciente, dirigidos à solução de situações problemas e a atuação competente.

Silva e Oliveira (2009) indicam que o curso de Licenciatura em Química deve garantir ao licenciado bom conhecimento sobre Química e sobre como se ensinar Química, o que abrange muitos aspectos, pois, para se ensinar algo de modo significativo, é preciso transitar muito bem pela área específica e pela área de Ensino de Química. Percorrer essas áreas subtende ter sido formado nos âmbitos conceitual, atitudinal e procedural. Ocorre que muitos cursos de Licenciatura em Química acabam por favorecer apenas um dos lados, normalmente o lado da Química, procurando garantir que o licenciado, egresso do curso possua grande fundamento teórico e prático no campo da Química, conhecimento esse que, em alguns casos, também pode deixar dúvidas.

Aprofundando essa percepção, Núñez (2013) afirma que uma das dificuldades que muitos professores apresentam na formação de habilidades está relacionada à falta de conhecimento sobre a estrutura procedural, o conjunto de operações que configuram a habilidade. Como consequência, normalmente transmitem (treinam) de forma “mecânica” o saber fazer. Essa limitação não tributa para um ensino de procedimentos pela via de sua compreensão, assim como com a organização do processo de ensino e de aprendizagem mais adequado à natureza das habilidades. Para os professores de Química e demais disciplinas, esse sistema de operações que determina a estrutura da habilidade deve ser objeto de aprendizagem durante a sua formação inicial.

As discussões deste capítulo apontam para um ensino deficiente de procedimentos/habilidades nas classes de ciências naturais e especificamente em Química (PÉREZ GÓMEZ, 2007; POZO, GÓMEZ CRESPO, 2009; NÚÑEZ, 2012, etc.). As aparentes falhas dessa formação de conteúdos procedimentais refletem-se no baixo desempenho dos estudantes ao interpretarem gráficos cartesianos nas aulas de ciências, conforme apontam Leinhardt, Zalavsky e Stein (1990); Dolores (2004, 2008); Pozo e Goméz Crespo (2009) e Núñez, Hernández e Aranda (2009) entre outros, fato que, em nosso levantamento, também encontra reflexo nos professores em formação ou em exercício da função (GARCÍA E PALACIOS, 2007a, 2007b; PEREIRA, UEHARA, NÚÑEZ, 2009; Martorano, Marcondes, 2011).

Toda essa revisão de literatura remete-nos ao terceiro ponto de discussão deste capítulo, a formação inicial docente, na qual identificamos uma fragilizada organização das

licenciaturas de ciências e de Química quanto à formação de procedimentos nos futuros docentes e à preparação para ensinar a ensinar. Esse apontamento, encontrado nas pesquisas aqui expostas, leva-nos a pensar se essas deficiências de aprendizagem não formam um encadeamento sucessivo de problemas de formação que se inicia na formação inicial do professor de Química e avança até a formação de habilidades/procedimentos nos alunos do ensino médio. Dessa problemática, parte nossa motivação a desenvolver esta pesquisa que busca investigar o processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos em licenciandos de Química a partir da teoria da assimilação de Galperin.

3. APRENDER A ENSINAR NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE QUÍMICA

A formação inicial de professores como preparação para o início da atividade profissional tem papel decisivo para possibilitar que os futuros docentes se apropriem de determinados conhecimentos e consigam experimentar, em seu próprio processo de aprendizagem, o desenvolvimento de competências necessárias para atuar na escola proposta para o século XXI. A formação de um profissional de educação tem que estimulá-lo a aprender, a pesquisar, a investir na própria formação e a usar sua inteligência, criatividade, sensibilidade e capacidade de interagir com outras pessoas (BRASIL, 2000).

Diversas pesquisas têm apontado a formação inicial como espaço estratégico da profissionalização da docência e para o processo de construção da identidade profissional. Como destacam Ramalho, Núñez e Gauthier (2004), a nova profissionalização da docência exige novas formas de se pensar e desenvolver a formação inicial, uma vez que as mudanças e a inovação pedagógica estão em estreita vinculação com a formação e as competências dos docentes.

Neste capítulo, trazemos uma reflexão acerca do aprender a ensinar a disciplina de Química e os saberes necessários a esse tipo de atividade profissional. Discutimos a formação inicial dos professores que irão atuar na educação básica nessa disciplina e a relação da qualidade dessa formação com seu desempenho profissional. Ademais, buscamos contextualizar a discussão sobre os saberes docentes (SHULMAN, 1986; PORLÁN, RIVERO, MATÍN DEL POZO, 1997, 1998; GAUTHIER, 1998; TARDIF, 2002; CARRASCOSA ET. AL., 2008; RAMALHO, NÚÑEZ, 2010; CARVALHO, GIL PÉREZ, 2001, 2011; IMBERNÓN, 2012), ressaltando o conhecimento do conteúdo com o teor de nossa pesquisa: a formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos em licenciandos de Química para ensinar na escola de ensino médio.

3.1 Aprender a ensinar Química

Nas últimas décadas, a linha de investigação conhecida como Conhecimento Profissional do Professor ou Saberes Profissionais do Professor (PÓRLAN, 2003) tem merecido destaque nas produções em âmbito educacional, alcançando uma série de questionamentos sobre o que deveria saber o professor em termos de conhecimentos científicos, filosóficos e educativos e, principalmente, o modo como deveria ensinar, ou seja,

as estratégias didáticas que o professor deve adotar para uma melhoria na aprendizagem de seus alunos (LIMA, 2007).

Segundo Bolívar Botía e Bolívar Ruano (2012), o ato de ensinar não é uma tarefa simples, principalmente quando se considera que está em jogo o futuro da educação de nossos jovens. O ensino não é uma tarefa que pode ser praticada, como por vezes alguns tentam crer, naturalmente. A familiaridade cotidiana com a educação dá origem a entender, erroneamente, que uma vez que todos ensinam qualquer um também pode ensinar. Porém, os autores reforçam que esta não é uma atividade simples. Ensinar é uma atividade que requer um trabalho especializado e alta qualificação para saber como conduzi-la com qualidade para atingir seus objetivos. É, portanto, necessário ao professor em formação inicial aprender a ensinar.

Melhorar radicalmente a formação profissional dos professores partindo do que já conhecemos sobre a prática do ensino e suas demandas substanciais é, de acordo com Ball e Forzani (2010), uma necessidade imediata. Para que isso possa acontecer, as autoras destacam dois pontos:

- a) O ensino requer um conjunto de habilidades que os futuros professores devem aprender e demonstrar antes de assumir o comando de uma sala de aula. É necessário identificar um conjunto de competências educacionais, fundamentais para garantir um bom ensino. Em vez de generalidades, essas habilidades devem referir-se a práticas específicas de gestão de ensino ou ensinar o conteúdo.
- b) Ter a prática dos licenciandos sobre a base destas competências e habilidades, não permitindo que possam exercer a docência em uma sala de aula sem que antes demonstrem que têm um bom nível de domínio dessas competências.

Para Marcelo (2012), são indispensáveis boas políticas de formação inicial de professores que lhes assegurem as competências a serem requeridas ao longo de sua trajetória profissional, uma vez que a aprendizagem dos alunos depende em grande parte do que os professores conhecem sobre o que ensinam e o que podem fazer com esse conhecimento.

Os pesquisadores Korthagen, Loughran e Russell (2006) publicaram, em seu artigo “Developing fundamental principles for teacher education programs and practices”, o resultado de uma pesquisa que fizeram em três universidades sobre a importância de se aprender a ensinar nos cursos de formação de professores. Desse estudo, os autores propuseram sete princípios que consideram fundamentais incluir nos programas de formação inicial de docentes:

1. Aprender a ensinar envolve demandas continuamente conflitantes e concorrentes: a formação inicial de professores deve focar em como aprender com a experiência e como construir seu conhecimento profissional;
2. Aprender a ensinar requer uma visão de conhecimento como algo a ser criado em vez de entendê-lo como já adquirido;
3. Aprender a ensinar exige uma mudança de enfoque do currículo para o aluno;
4. Aprender a ensinar demanda do professor em formação o hábito de pesquisar sua própria prática;
5. Aprender a ensinar requer a prática de se trabalhar em colaboração com seus pares;
6. Aprender a ensinar demanda relações significativas entre escolas, universidades e professores em formação;
7. O processo de aprender a ensinar é reforçado quando os enfoques no ensino e na aprendizagem são abordados pelos professores formadores em sua própria prática docente.

Segundo esses autores, a articulação desses princípios propõe uma forma de construção do “aprender a ensinar”, abordagem habitualmente tratada como importante pelos pesquisadores em educação e que faz a diferença na formação inicial de professores.

Com uma visão análoga a esses autores em alguns pontos, Imbernón (2012) afirma que o processo de aprender a ensinar no professor em formação vai além de conhecer as teorias psicopedagógicas ou técnicas metodológicas, estimular e favorecer a colaboração com outros profissionais. É preciso interagir e aprender com seus pares, ampliar a comunicação entre os especialistas, desenvolver a consciência de que ensinar e aprender são atividades complexas e que o ensino está imbuído de muita diversidade. Para tanto, conhecer as necessidades dos alunos e do contexto é essencial para um bom desenvolvimento da aprendizagem.

O ensino das Ciências Naturais no ensino médio tem sido indicado como o espaço em que estudantes e docentes vivenciam processos de construção de sentidos e de significados, a partir do diálogo das ciências e destas com os espaços culturais e com o ambiente. A reflexão – derivada de práticas próprias ao contexto científico como a descrição, a ordenação, a leitura, a interpretação, entre outras, combinadas com as práticas culturais – contribui para a melhor compreensão do sentido de estudar, de ensinar e de aprender pelos professores em formação (SILVA; CICILLINI, 2012).

Para Núñez (2012, p.49):

Aprender a ensinar ciências significa a apropriação de conhecimentos, habilidades, competências nas bases teóricas em que se fundamenta a Didática das Ciências. Os futuros professores devem aprender a tomar decisões de natureza didático pedagógica, a questionar o pensamento didático tradicional, a inovar e desenvolver uma prática de ensino ética,

pautada pela responsabilidade social de garantir aos estudantes o direito constitucional de aprender e desenvolverem-se como cidadãos críticos.

O professor que ensina ciências, entre eles os professores de Química do ensino médio, é um profissional que desenvolve sua atividade num contexto escolar complexo e dinâmico, na base de saberes e competências específicas para ensinar (NÚÑEZ, 2012). O aprender a ensinar é fundamental durante a formação inicial dos professores,. É este o ambiente que deve preparar o futuro docente para sua vida profissional, garantindo-lhe uma formação que o permita crescer profissionalmente e possibilite, consequentemente, um ensino de qualidade para seus futuros estudantes.

Aprender a ensinar em ciências vai muito além de aprender os conteúdos específicos a ensinar. Segundo Carrascosa *et al.* (2008), os futuros professores de ciências necessitam de outros conhecimentos básicos, tais como:

- a) Saber orientar o trabalho dos alunos e como manter um clima adequado para o desenvolvimento da aula;
- b) Saber como avaliar, não só os alunos, mas também sua prática a fim de melhorar o processo de ensino e aprendizagem;
- c) Saber selecionar os conteúdos mais adequados e dominar os critérios para justificá-los e sequenciá-los;
- d) Saber o que fazer para motivar os alunos para que tenham interesse em aprender ciências.

Para Galagovsky (2007), as disciplinas científicas, entre elas a Química, usam linguagens complexas e, segundo abordagens recentes, aprender ciência é aprender a falar ciência. As linguagens da Química são, especialmente, difíceis de processar pelas mentes dos estudantes, ou seja, uma mesma representação (verbal, gráfica, de fórmulas, etc.) pode remeter a significados diferentes quando é interpretada por um professor ou por um aluno. A interpretação de gráficos cartesianos como conteúdo específico do conhecimento profissional do professor de Química deve ser aprendida por estes para que possam ensinar adequadamente a seus alunos.

A formação inicial docente deve extrapolar os limites de um ensino que pretende uma simples atualização de conhecimentos específicos e pedagógicos, pois deve permitir espaços de participação, reflexão e formação de modo que esses futuros professores aprendam e adaptem-se tendo elementos que os permitam conviver com a mudança e a incerteza do cotidiano da sala de aula (IMBERNÓN, 2000).

Maldaner (2000) afirma ser imperativo considerar que formar um químico é diferente de formar um professor de Química. Para o autor, o licenciando deve aprender os conteúdos de Química, pois estes são essenciais para o seu conhecimento profissional, mas não pode deixar de receber os instrumentos necessários para auxiliá-lo na adequação desse conhecimento ao ensino médio.

Quanto ao processo de aprender a ensinar na formação inicial do professor de Química nos cursos de licenciatura, Neves *et al.* (2001) determinam que, entre outros fatores, é necessário considerar que:

- a) os futuros professores têm ideias sobre como ensinar, normalmente fundamentadas em suas experiências de muito tempo nas escolas. Essas ideias precisam ser fonte de questionamento e reconstrução;
- b) não é possível aprender a ensinar estudando apenas teoricamente como fazer essa tarefa profissional. A prática, vinculada à teoria, à reflexão, à pesquisa, numa perspectiva crítica, é um elemento essencial da formação profissional. A formação do Licenciado em Química é decorrente da conexão teoria/prática durante todo o processo formativo, e não apenas em estágios ou práticas profissionais de caráter terminal no curso;
- c) desenvolver atitudes positivas frente à ciência, abranger os processos de construção do conhecimento científico, as relações da ciência com a tecnologia e a sociedade;
- d) ter uma densa formação científica (domínio dos conteúdos da Química) e pedagógica (a educação integral dos alunos, no contexto escolar, sob as condições da Educação para o Século XXI, expresso no que tem-se caracterizado como o Novo Ensino Médio no Brasil).

A formação do licenciado em Química sugere o trabalho sob uma ótica dialética das relações existentes entre os diversos saberes. É comum os saberes disciplinares serem estudados à margem do saber pedagógico dos conteúdos, uma vez que a formação desse licenciado ocorre num contexto desprofissionalizante. O aprender a ensinar Química normalmente é desenvolvido apenas nas disciplinas de Estágio ou Prática de Ensino, como uma das últimas atividades da formação.

A Didática das Ciências tem indicado que ensinar Ciências é uma tarefa complexa, uma atividade profissional. A formação dos licenciados em Química, no contexto dos cursos de licenciatura atuais, quase não tributa com elementos para uma base de conhecimento que vise à profissionalização da docência. Com isso, o aprender a ensinar Química torna-se algo

que os professores, quando começam o exercício da profissão, precisam resolver a partir de suas experiências anteriores com o ensino.

3.2 A formação inicial e a aprendizagem do ensino de Química

A formação inicial estabelece um momento ímpar, uma vez que é a etapa em que se tece a preparação dos futuros docentes em situações particulares, mediante caminhos de formação específicos (objetivos, conteúdos, metodologia etc.), que pretendem proporcionar competências educativas que sirvam de início para o desenvolvimento das distintas dimensões de um conhecimento profissional orientado a melhorar a qualidade da educação (GARCÍA; HERNÁNDEZ, 2003).

Para Ramalho e Núñez (1998a), a formação inicial tem uma grande importância na capacidade de antecipar e contribuir com o desenvolvimento de uma evolução global da profissionalização, percebida como um processo sócio-histórico, orientado à preparação de um profissional com competências definidas, saberes iniciais que lhe permita continuar e/ou modificar seu grau de profissionalização.

De acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB – Lei nº 9394/96), é imprescindível para o exercício da docência no ensino médio a devida formação profissional, ou seja, a assimilação de requisitos mínimos para que possa ter direito a um certificado de habilitação para o desempenho da função de professor. Sendo assim, a formação inicial está associada, sobretudo, com a obtenção de determinadas habilidades, básicas e indispensáveis, ajustadas a determinados princípios existentes.

O desenvolvimento econômico e tecnológico da sociedade em que vivemos, assim como a nova organização do mundo do trabalho regido por uma globalização cada vez mais abrangente recomenda a partir de reformas educacionais o desenho de uma nova estrutura escolar e, portanto, um novo enfoque na formação de professores de Química. Uma escola de qualidade passa inevitavelmente por professores qualificados desde a formação inicial para as demandas dessa nova sociedade.

Quanto à responsabilidade da formação inicial de professores:

É antiético permitir que os docentes aprendam à custa de nossos jovens ... para mudar isto, temos que construir um sistema que garanta que os mestres tenham a capacidade profissional necessária e saibam como utilizá-la (BALL; FORZANI, 2010, p. 18)

De acordo com Carrascosa *et al* (2008), é necessário considerar que uma formação científica seria permite ao professor inovar, mudar, selecionar com precisão os conteúdos a tratar, minimizando a possibilidade de transmitir erros aos alunos e colocando-o em uma posição diferente de um mero repetidor mecânico de conteúdos dos livros didáticos.

Nesse contexto, Tardif (2002) considera que a formação inicial tem por objetivo habituar os futuros professores à prática profissional dos professores de profissão e fazer deles práticos reflexivos. Mesmo, normalmente, não sendo suficiente para formar o professor com a qualidade necessária para o ensino, esse período da formação inicial é importante na profissão dos professores, principalmente no inicio desta, posto que pode influenciar, positiva ou negativamente, o desenvolvimento da carreira.

Ser professor comprehende singularidades que o distingue das demais profissões, isto é, não é suficiente possuir um título acadêmico; é necessário dedicação e posição, que não se atingem apenas pelo simples ato de desejar ser, mas só estará ao alcance quando houver compromisso do profissional consigo mesmo, pautado pela ética e pela obrigação de crescer profissional e pessoalmente, atrelado às condições da escola para o trabalho docente.

Na opinião de Freitas (2005, p. 73), “a função social da escola se cumpre na medida da garantia do acesso aos bens culturais, fundamentais para o exercício da cidadania plena no mundo contemporâneo”. Uma das implicações dessa função da escola está em que, para possibilitar uma boa formação ao estudante, perante a sociedade, o docente precisa, desde a formação inicial, atualizar-se em seus estudos, repensando as bases de sua formação, como alicerce a estruturar sua prática pedagógica.

Maldaner e Zanon (2010) afirmam que é função específica da escola promover conhecimentos que em nenhum outro contexto seria possível adquirir em sua plenitude. O sentido aos conceitos dá-se em processos sociais interativos e, no caso da escola, pela mediação pedagógica. A natureza dessa mediação exige a figura do professor nesse processo e sua formação adequada desde a etapa inicial, no caso dos professores de Química, possibilitam à sociedade ter acesso ao conhecimento científico desenvolvido historicamente.

A epistemologia da atividade profissional da docência refere-se aos processos de construção de conhecimento, saberes, atitudes e valores de diversas naturezas (NUÑEZ; RAMALHO, 2005). O caráter profissional docente supõe também uma nova racionalidade, baseada na escolha argumentada de conhecimentos e procedimentos, no conjunto de diversas referências, para a solução das situações-problema da atividade profissional. Sendo assim, o professor em formação inicial deve dominar diversos procedimentos metodológicos, de modo que possa, para situações distintas, saber escolher o melhor caminho a se tomar.

Como relatam Carrascosa *et al* (2008), muitos licenciandos em Química apresentam graves dificuldades na compreensão e manejo de conceitos e princípios básicos que, ao se tornarem professores, terão que ensinar. Entendemos que essas dificuldades virão a se tornar obstáculos no processo de ensino, de modo que, consequentemente, se refletirão em deficiências de aprendizagem dos alunos.

O período de formação inicial do professor deve ser entendido como algo mais do que um momento para aprendizagem de conteúdos disciplinares e técnicas de ensino; deve ser um espaço de formação que demarca limites em relação a outros domínios de conhecimentos ou disciplinas. Um conjunto significativo de saberes profissionais dos professores de Química para atuarem no ensino médio deve ser determinado durante a etapa de formação inicial.

Para Lima (2007), as discussões acerca do conhecimento químico, de sua natureza, bem como o processo de construção, ainda são temas pouco enfatizados no processo de formação dos professores de Química. Por essa razão, esses professores acabam vivenciando uma formação inicial que não fornece elementos para que ingressem na profissão com saberes e habilidades que os possibilitem, por exemplo, propor atividades que auxiliem a compreensão dos alunos sobre os fenômenos químicos e suas representações.

Não obstante, as relações dos professores com os saberes que dominam para poder ensinar são consideradas fundamentais para a configuração da identidade e das competências profissionais (NÚÑEZ; RAMALHO, 2010).

Durante a formação inicial do professor de Química, a docência precisa integrar os saberes acadêmicos de química aos saberes pedagógicos durante o processo de ensino-aprendizagem. Uma vez que os licenciandos não poderão ensinar diretamente os conteúdos da mesma forma que os aprendem nas disciplinas específicas de química, é necessário que aprendam como e por que ensinar determinado conteúdo químico nas escolas do ensino médio (SCHNETZLER, 2000).

Segundo Marcelo (1995), é proeminente salientar que a maneira como o professor pensa o ensino, influencia a sua maneira de ensinar. Para o pesquisador, dada uma formação apropriada, os professores são capazes de utilizar nas suas aulas qualquer tipo de informação; bem como a flexibilidade de pensamento auxilia-os a aprender novas destrezas e a incorporá-las no seu repertório pessoal. Assim, o desenvolvimento profissional não é pré-definido pelo lugar e tempo em que este se desenvolve.

A qualidade da formação inicial dos licenciandos em Química tende a refletir-se no seu desempenho em sala de aula e, respectivamente, na aprendizagem de seus alunos, sendo

imprescindível para estes o domínio de determinados saberes e a busca por melhorias e reconhecimento de sua atividade profissional.

3.3 Os saberes profissionais e a profissionalização do professor de Química

Os licenciandos em Química, como futuros docentes, possuem crenças, ideias, concepções, conhecimentos, atitudes sobre a química, sobre o ensino e sobre a sua aprendizagem que são resultado de diversos fatores, em particular, de suas experiências durante muitos anos nos bancos escolares. A formação inicial deve discutir de forma crítica essas referências e afrontá-las com os saberes da base de conhecimento da profissão para o ensino de química. Essa discussão supõe a superação dialética dessas ideias em função das necessidades e motivações para uma formação inicial vinculada ao contexto do exercício da prática profissional.

Ramalho, Nuñez e Gauthier (2000) afirmam que a aprendizagem dos professores deve fundamentar-se em conteúdos significativos que lhes permitam construir saberes e desenvolver atitudes e valores que possibilitem seu desenvolvimento profissional e a mobilização desses saberes, sob as condições das suas necessidades, expectativas, interesses, etc.

É fundamental, na aprendizagem do professor, passar-se do caráter declarativo e implícito dos conhecimentos procedimentais a conhecimentos explicativos e explícitos (esses últimos formam, dentre outras referências, a base de conhecimento da profissão), de forma tal que se desenvolva a capacidade de teorizar a prática, como elemento das competências para o ensino (NÚÑEZ; RAMALHO, 2010, p. 222).

Considera-se a formação inicial dos professores como o momento em que começa a configurar-se o rol de aprendizagens docentes, com a incorporação de saberes específicos da profissão e o domínio das abordagens pedagógicas. É a etapa que contribui primeiramente para o desenvolvimento profissional docente, ou seja, onde literalmente inicia a passagem do estudante para o professor.

O conceito de desenvolvimento profissional docente pode ser interpretado sob diferentes perspectivas. Para Imbernón (2000), o desenvolvimento profissional é um conjunto de fatores que permitem ou impedem que o professor avance em sua vida profissional.

Para Núñez e Ramalho (2010), o desenvolvimento profissional é um processo de amadurecimento e consolidação das potencialidades pedagógicas do professor, nas suas relações com as influências formativas. Expressa-se no trânsito do professor em distintos

estágios de generalização de todos os aspectos sócio-profissionais que estruturam a sua identidade profissional.

Considerando que os professores constroem sua profissão ao longo da vida, da qual fazem parte diversos e complexos fatores, atribui-se importância ao conceito de desenvolvimento profissional como um projeto de formação, no qual:

a formação inicial é o exercício da profissão enquanto profissional, se considerarmos que as representações sobre a profissão e as práticas que se podem assumir no período “pré-profissional” marcam um estilo, um agir face aos problemas educativos do contexto escolar” (RAMALHO, NÚÑEZ; GALTHIER, 2004, p. 66).

Esse diálogo com Ramalho, Núñez e Galthier (2004) conduz à reflexão de que a formação inicial não é a única culpada pelas deficiências profissionais do professor, posto que os cursos ou programas de formação de professores, na melhor das hipóteses, apenas preparam o docente para começar a lecionar.

A docência implica, como compromisso profissional, a responsabilidade por aprender durante todo tempo de exercício da profissão, refletindo e pesquisando de forma crítica, com seus pares, sobre as práticas docentes.

Esse desenvolvimento sistemático da profissão como processo de mobilização de conhecimentos e do aperfeiçoamento das competências para a atividade profissional é entendido como processo de profissionalização docente.

Para Núñez e Ramalho (2010), o termo “profissionalização” tem diversos sentidos determinados pelas relações dialéticas das características objetivas e subjetivas que moderam os processos de construção de identidades profissionais. Na concepção dos pesquisadores, a profissionalização é uma forma de conceber a profissão como processo contínuo/descontínuo ao longo da história da docência.

Pesquisas sobre a formação docente têm tido como uma das suas principais inquietações estudos sobre como os professores aprendem a ensinar e sobre como constroem os saberes de sua profissão (RAMALHO; NÚÑEZ, 1998b). Essas pesquisas entendem o professor como profissional dotado de subjetividade e intencionalidade. Para Ramalho, Núñez e Gauthier (2004, p.51), os docentes têm que se assumir como produtores de sua profissão. Na busca pela profissionalização docente, um “componente essencial é mobilizar o pensamento do professor, ajudar a criar junto a ele novas referências que iluminem seu pensamento e, consequentemente, seu agir”. De acordo com esses autores, a

profissionalização da docência dá-se em duas dimensões: a profissionalidade e o profissionalismo.

A profissionalidade está relacionada aos saberes docentes, às competências necessárias ao desempenho das atividades próprias da profissão, constituindo um processo de racionalização no qual se podem observar, analisar e comparar maneiras diferentes de ensinar e que é onde se insere o objeto de nosso estudo, pois, segundo os autores, está ligada, entre outras categorias, a: saberes, competências, pesquisa, reflexão, capacitação. São os saberes das disciplinas e também os saberes pedagógicos. Logo, a formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos está vinculada à profissionalidade do futuro docente de Química.

O profissionalismo se refere à reivindicação de um *status* distinto, ao reconhecimento social do trabalho docente. Relaciona-se à dimensão ética dos valores e normas, das relações, no grupo profissional com outros grupos. Trata-se de uma questão de poder: autonomia, face à sociedade, ao poder político, à comunidade e aos empregadores; jurisdição, face aos outros grupos profissionais. O profissionalismo se associa ao viver-se a profissão, às relações que se estabelecem no grupo profissional, às formas de se desenvolver a atividade profissional. Refere-se também à reivindicação de um *status* distinto dentro da visão social do trabalho (RAMALHO; NÚÑEZ; GAUTHIER, 2004).

Manter-se distante dos dois seguintes erros está entre os grandes desafios do processo de profissionalização, segundo Gauthier (1998):

- a) idealizar o ensino como um ofício sem saberes, em que determinadas ideias preconcebidas assinalam para o enorme erro de manter o ensino numa condição de cegueira conceitual.
- b) pensar o ensino como um corpo de saberes sem ofício, o que conduziria à formalização do ensino, mas de uma forma em que haveria uma redução de sua complexidade e, deste modo, ele não mais encontraria correspondente na realidade.

Para ensinar, incorrendo-se sobre o primeiro erro, seria suficiente conhecer o conteúdo, ter talento, ter bom senso, seguir a própria intuição, ter experiência ou ter cultura. Recaindo-se sobre o segundo erro, trabalhar os saberes docentes pode gerar o esvaziamento do contexto concreto de exercício do ensino.

Não cometer esses erros significa construir saberes próprios da profissão e sugere a definição de um alicerce de conhecimentos para ao ensino que, composto de saberes

formalizados, funcionaria como cerne de sua profissionalização, direcionando o processo formativo do docente ao objeto de estudo necessário à formação (RAMALHO, NÚÑEZ; GALTHIER, 2004).

No âmbito da profissionalidade, a formação inicial dos professores de Química, constitui-se como essencial na expectativa por um ensino de qualidade por meio do desenvolvimento de novos saberes que integrem teoria e prática. Para tanto, é necessário trabalhar os conteúdos utilizando-se de métodos e técnicas inovadores e de forma ativa e interativa.

Durante a formação inicial, o professor interage com os principais pressupostos formativos para desempenho da sua atividade profissional. Uma formação inicial inconsistente terá como consequência um professor despreparado para o enfrentamento de situações adversas em sua disciplina, sejam estas nos aspectos teóricos, didáticos ou pedagógicos do ensino da Química.

Os futuros professores necessitam adquirir competências e habilidades básicas na sua formação inicial quanto à formação de novos saberes para garantir um desempenho adequado em sua prática docente.

Tradicionalmente, a formação docente fundamenta-se num modelo que privilegia a acumulação de conhecimentos disciplinares e técnicos, fragmentados e desarticulados, como se esses pudessem dar conta de uma ciência do ensino, que reside na interação mental e social e na singularidade subjetiva que a caracteriza (PÉREZ GÓMEZ, 1995). As situações que os professores enfrentam diariamente são complexas, exigindo um profissional competente, capaz de tomar decisões singulares e, sendo assim, que precisam investir no seu autodesenvolvimento reflexivo. A formação técnica não desenvolve essa competência e acaba induzindo os profissionais a manterem uma relação passiva com o saber, levando-os a reproduzir o mesmo modelo recebido durante sua formação.

Tomando-se como referência, concomitantemente, a nova filosofia, a epistemologia da Ciência e a profissionalidade docente, está em discussão quais saberes, habilidades e atitudes o professor deve dominar para o exercício da profissão, no sentido de superar a imagem de uma “profissão sem saberes”, reduzida a uma ocupação simplória, passível de exercício por qualquer pessoa um pouco mais habilitada (GAUTHIER, 1998).

Para balizar essa discussão, serão expostas algumas tipologias de saberes (SHULMAN, 1986; PORLÁN, RIVERO, MARTÍN DEL POZO, 1997, 1998; GAUTHIER, 1998; TARDIF, 2002; CARRASCOSA et al., 2008; RAMALHO, NÚÑEZ, 2010;

CARVALHO, GIL PÉREZ, 2001, 2011; IMBERNÓN, 2012), nas quais se investiga uma referência significativa para se compreender a profissionalidade do professor de Química.

Desde o final da década passada, começou-se a questionar as visões simplistas sobre a formação dos professores de Ciências Naturais e a enxergar a necessidade de uma preparação austera para garantir uma docência de qualidade; tarefa difícil, em função das limitações dos cursos e, ainda, do tempo limitado da formação inicial (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011).

Porlán, Rivero e Martín del Pozo (1997), membros do grupo de investigação espanhol Didática e Investigação Escolar (DIE), buscam em seus estudos caracterizar uma epistemologia escolar que envolva tanto o conhecimento escolar dos alunos como o conhecimento profissional dos professores. Segundo esses autores o conhecimento profissional é normalmente o resultado da justaposição de quatro tipos de saberes de diferentes naturezas, gerados em momentos e contextos nem sempre correspondentes, que são mantidos relativamente isolados uns dos outros na maioria dos sujeitos e manifestam-se em diferentes tipos de situações profissionais ou pré-profissionais. Os quatro saberes apontados pelos autores são:

- a) **acadêmicos:** referem-se ao conjunto de concepções disciplinares e meta-disciplinares que os professores possuem, sejam estas relativas às disciplinas que normalmente servem de referência para os conteúdos escolares tradicionais (saberes relacionados ao conteúdo), às chamadas ciências da educação (saberes psicológicos, pedagógicos e didáticos) ou àquelas outras que possuem como objeto de estudo os problemas referentes aos distintos tipos de conhecimentos e suas relações com a realidade (saberes epistemológicos). Segundo Porlán, Rivero e Martín del Pozo (1997), esses saberes são gerados, essencialmente, no processo de formação inicial dos professores. São saberes explícitos e estão organizados, na melhor das hipóteses, atendendo à lógica disciplinar. Os componentes psicológicos e epistemológicos tendem a ter uma escassa influência na atividade profissional e estabelece o que muitos professores rejeitam depreciativamente chamando de “teoria”.
- b) **baseados na experiência:** referem-se ao conjunto de ideias conscientes que os professores desenvolvem durante o exercício da profissão acerca de diferentes aspectos dos processos de ensino e aprendizagem: a aprendizagem dos alunos, a metodologia, a natureza dos conteúdos, o papel do planejamento e da avaliação, entre outros. Esses saberes são os tipos de concepções que geralmente são

compartilhadas pelos companheiros de trabalho e têm um alto poder socializador e relativamente orientador da conduta profissional. São observados mais claramente nos momentos de planejamento, avaliação e, muito particularmente, em situações de diagnóstico de problemas e conflitos de sala de aula. De acordo com Porlán, Rivero e Martín del Pozo (1997), esses saberes não mantêm um alto grau de organização interna, uma vez que, epistemologicamente, pertencem ao conhecimento comum ou cotidiano e, portanto, compartilham em grande parte de suas características: a adaptação, com contradições internas, sem método, repleto de valores com conotações morais e ideológicas, baseados em argumentos relativamente inconsistentes do tipo “sempre se fez desse modo”.

- c) **rotinas e guias de ação:** estão relacionadas ao conjunto de esquemas tácitos previstos no curso imediato dos acontecimentos de sala de aula e o modo padrão de aborda-los. Fazem parte de uma categoria de significados que ajudam os professores a resolver uma parte importante de sua vida cotidiana, especialmente àquela que se repete com determinada frequência (dirigir um carro, higiene pessoal, como rotas de deslocamento, etc.). Para os autores, esses saberes são os que estão mais próximos da conduta cotidiana e são muito resistentes a mudanças. Isso é verdade de tal forma que qualquer alteração que promova a escola tem de traduzir, em última análise, uma mudança de rotinas, se queremos realmente que chegue à sala de aula (PORLÁN; RIVERO; MARTÍN DEL POZO, 1997).
- d) **teorias implícitas:** estas se referem mais a um não saber do que a um saber, no sentido de que são teorias que podem explicar os porquês das crenças e das ações dos professores atendendo a categorias externas, ao tempo que, frequentemente, os próprios docentes geralmente não sabem sobre a existência dessas possíveis relações entre suas ideias e intervenções e determinadas formalizações conceituais. Porlán, Rivero e Martín del Pozo (1997) exemplificam que quando um professor adota uma estratégia de ensino baseada quase que exclusivamente na transmissão verbal do conteúdo (fato muito frequente), é possível que não saiba, no sentido de não saber conscientemente, que essa forma de pensar e de lecionar pressupõe toda uma teoria de aprendizagem por apropriação de significados, segundo a qual o aluno aprende escutando, recebendo e memorizando a informação ministrada pelo professor.

Análogo ao que ocorre com as rotinas e guias de ação, as teorias e concepções implícitas mais frequentes correspondem a estereótipos sociais hegemônicos que sobrevivem sem precisar ter que se apoiar em justificativas e argumentações conscientes e rigorosas, atreladas ao peso da tradição e das evidências aparentes de sentido comum. Como exemplo, se o aluno está calado em sala de aula significa que está entendendo e compreendendo tudo o que o professor está dizendo; se o aluno tem um bom desempenho em uma avaliação significa que ele aprendeu adequadamente os conteúdos disciplinares; se o estudante possui memorizados determinados conteúdos significa que aprendeu.

Porlán, Rivero e Martín del Pozo (1998) consideram que o conhecimento profissional influí contundentemente sobre a maneira dos professores interpretarem e atuarem no ensino. Um conhecimento profissional esperado é um conhecimento epistemologicamente diferenciando, resultado de uma reelaboração e integração de diferentes saberes, que podem se conceber como um sistema de ideias em evolução. Esse conhecimento deve conter determinadas atitudes e valores e estar direcionado à transformação do contexto escolar e profissional.

Melhorar a formação inicial dos professores de ciências, entre estes os de Química, não é somente um problema de adicionar mais tempo e espaços curriculares para abordar conteúdos didáticos e experiências práticas, como frequentemente se trata, mas, fundamentalmente, de modificar qualitativamente a visão da profissão e se seu conhecimento específico, no sentido de superar a concepção aditiva de justapor, no melhor dos caos, certas doses de conteúdos didáticos inovadores, muita vezes periféricos, a uma longa formação científica carregada de concepções docentes de sentido comum (PORLÁN, 2003). O autor considera ainda que o ponto relevante do debate sobre as mudanças na formação de professores de ciências para o ensino médio não está nas questões técnicas, administrativas e institucionais, mas sim naquelas questões ideológicas, epistemológicas e profissionais que permitam por em evidência, nessa esfera, as limitações e contradições dos modelos de formação atuais e promover parcialmente modelos alternativos que aos poucos fragilizem sua hegemonia. Para ele, é importante responder questões como: *que modelo de professor e de saber profissional?; para que modelo de educação?; com que estratégia formativa?*.

Segundo o ponto de vista tipológico dos saberes docentes exigidos dos professores durante o processo de ensino, Gauthier (1998) propõe uma classificação composta por seis saberes:

- a) **disciplinar:** referente ao conhecimento do conteúdo a ser ensinado. São os saberes produzidos pelos cientistas e pesquisadores nas disciplinas científicas;
- b) **curricular:** referente às etapas de transformação da disciplina até se tornar um programa de ensino. São produzidos, na maioria das vezes, por especialistas do Estado sem a participação dos professores;
- c) **ciências da educação:** envolve saberes profissionais específicos que não estão diretamente relacionados com a ação pedagógica. Refere-se à vários aspectos do ofício do professor e da educação de uma forma geral.
- d) **tradição pedagógica:** tem relação com a visão que o docente tem da escola mesmo antes de ser professor. Refere-se ao saber de dar aulas e será adaptado e modificado pelo saber experencial, podendo ser, ou não, validado pelo saber da ação pedagógica;
- e) **experiência:** construído na prática docente, refere-se aos julgamentos particulares responsáveis pela elaboração, ao longo do tempo, de uma jurisprudência privativa, composta de artifícios e de modos de fazer baseados em pressupostos e argumentos que não são constatados através de métodos científicos;
- f) **ação pedagógica:** referente ao saber experencial tornado público e verificado através de pesquisas no ambiente das salas de aula

Para Gauthier (1998, p. 331), existir um rol de conhecimentos reflete um olhar diferenciado para o professor, que passa a ser percebido como um profissional, ou seja,

[...] como aquele que, munido de saberes e confrontando a uma situação complexa que resiste à simples aplicação dos saberes para resolver a situação, deve deliberar, julgar e decidir com relação à ação a ser adotada, ao gesto a ser feito ou à palavra a ser pronunciada antes, durante e após o ato pedagógico.

Em geral, segundo Carrascosa et al. (2008), ensinar bem requer sempre que o professor tenha um bom conhecimento do conteúdo que ensina e, embora isso não seja suficiente, a falta de conhecimentos específicos do conteúdo supõe um obstáculo muito sério a se considerar. De acordo com os autores, o docente de ensino médio que não tem o domínio sobre o conteúdo que ensina, é um professor inseguro, excessivamente dócil frente aos livros didáticos e, como consequência disso, também possui sérias dificuldades para introduzir inovações em suas aulas.

Carrascosa et al. (2008) explica que conhecer o conteúdo a ensinar implica outros conhecimentos profissionais que ultrapassam o que normalmente é contemplado nos cursos de licenciatura. Entre esses conhecimentos profissionais, estão:

- a) **ter conhecimento da história das ideias científicas:** conhecer os problemas e obstáculos epistemológicos que ocorreram na construção dos conhecimentos científicos pode constituir uma grande ajuda para compreender muitas das dificuldades dos alunos.
- b) **conhecer as estratégias metodológicas empregadas na construção dos conhecimentos:** é importante para o exercício docente saber a forma como os cientistas abordaram os problemas, as características mais notáveis de sua atividade, os critérios de aceitação e validação das teorias científicas.
- c) **conhecer as interações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente:** conhecer a relação da ciência com esses outros aspectos da sociedade auxilia o docente em seu papel social e na tomada de decisões frente a problemas científicos e cotidianos.
- d) **estar informado sobre os desenvolvimentos científicos e tecnológicos recentes e suas perspectivas futuras:** essa visão do professor auxilia-o para que tenha uma visão mais dinâmica da ciência.
- e) **adquirir conhecimento de outras disciplinas:** não se espera que o professor domine plenamente as demais disciplinas, mas ter conhecimento dos aspectos que relacionam estas com sua disciplina auxilia para que aborde problemas em diversos campos.
- f) **saber selecionar conteúdos adequados:** a escolha correta dos conteúdos a serem abordados em aula dá ao professor uma visão correta da ciência, de modo que esses temas sejam acessíveis aos estudantes e capaz de motivá-los.

Além desses conhecimentos profissionais, os professores, durante e além da formação inicial, devem estar sempre prontos para aprofundar seus conhecimentos e adquirir novos.

Tardif (2002), inicialmente, afirma que o saber docente se compõe de uma pluralidade de saberes derivados de diferentes fontes. De acordo com o autor, a possibilidade de uma categorização lógica dos saberes docentes só é possível associando-se a natureza diversa de suas origens, as variadas fontes de sua aquisição e as relações que os professores instituem entre os seus saberes e com os seus saberes. A classificação proposta por Tardif (2002) prevê quatro tipos de saberes:

- a) **profissionais:** são os saberes transmitidos pelas instituições formadoras de professores, relacionados às ciências da educação e à pedagogia. Constituem um conjunto de conhecimentos pedagógicos relacionados às técnicas e métodos de ensino (saber-fazer).
- b) **disciplinares:** esses saberes foram produzidos e acumulados ao longo da história do homem, reconhecidos pela comunidade científica e transmitidos pelas instituições formadoras. Relacionam-se aos diversos campos do conhecimento e tratados nas diversas disciplinas como conteúdos específicos (Química, Física, Matemática, Biologia, entre outros).
- c) **curriculares:** concretamente apresentados sob forma de programas escolares que os professores devem aprender a aplicar. Relativos à maneira como as instituições formadoras fazem a gestão dos conhecimentos socialmente produzidos e de como devem ser transmitidos aos estudantes.
- d) **experienciais:** produzidos no exercício da atividade profissional dos professores, decorrentes da experiência e por ela legitimados nas relações com o espaço da escola, com os alunos e com os colegas de profissão.

Em estudo sobre a formação de professores da área de ciências, Carvalho e Gil-Pérez (2001) determinaram três áreas de saberes necessárias para proporcionar aos docentes uma formação teórica adequada.

- a) **os saberes conceituais e metodológicos da área que ele irá ensinar:** para que o professor possa fazer uma avaliação crítica dos materiais didáticos propostos e da dinâmica do ensino tradicional, relacionando-as com inovações curriculares que estão acontecendo no ensino, ele precisa dominar os saberes conceituais e metodológicos de sua área, o que, para Carvalho e Gil-Pérez (2001), no âmbito da Educação científica, significa:

- I. Conhecer os problemas que ocasionaram a construção de tais conhecimentos e como foram articulados em corpos coerentes, evitando assim visões estáticas e dogmáticas que alteram a natureza do conhecimento.
- II. Conhecer as orientações metodológicas utilizadas na construção dos conhecimentos, isto é, saber como os cientistas propõem e tratam dos

problemas de seu campo do saber, as qualidades mais notáveis de sua atividade, os critérios de validação e aceitação de suas teorias.

- III. Conhecer as relações de Ciências/Tecnologia/Sociedade associadas à construção de conhecimentos, sem desconhecer o frequente caráter conflitivo dessa construção e a necessidade da tomada de decisão.
- IV. Ter conhecimentos básicos dos desenvolvimentos científicos atuais e suas perspectivas, para poder imprimir uma visão dinâmica do conteúdo a ser ensinado.
- V. Adquirir conhecimentos de outras disciplinas relacionadas, de modo que possa discutir problemas transdisciplinares, a interação entre diferentes campos e seus processos de unificação.

- b) **Saberes Integradores:** são os saberes relacionados ao ensino dos conteúdos escolares e são originários das pesquisas relacionadas na área de ensino do conteúdo específico. Resultados significativos provenientes das pesquisas em formação de professores indicam que um dos obstáculos para o professor tomar para si uma atividade docente inovadora e criativa, além da já discutida falha no domínio do conteúdo, são suas ideias sobre ensino e aprendizagem (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2001).
- c) **Saberes Pedagógicos:** estes saberes abrangem um espectro bastante amplo. Alguns estão associados ao ensino dos conteúdos escolares, mas são derivados de pesquisas nas áreas de Didática Geral e da Psicologia da Aprendizagem e fortemente relacionados com os acontecimentos dentro da sala de aula, influenciando diretamente o ensino e a aprendizagem dos conteúdos.

Em um estudo posterior, com relação ao que deverá saber e saber fazer o professor de Ciências Naturais no exercício da docência, Carvalho e Gil-Pérez (2011), colocam como elementos básicos:

- a) conhecer o conteúdo a ser ensinado, assim como seus processos de construção e suas relações com a tecnologia e a sociedade;
- b) conhecer e questionar visões relativas ao senso comum que abrangem concepções simplistas sobre a Ciência e seu ensino;

- c) adquirir conhecimentos teóricos relacionados à aprendizagem, especificamente sobre a aprendizagem de ciências;
- d) saber analisar criticamente o ensino dito tradicional;
- e) dominar o preparo de atividades e saber dirigi-las aos alunos; e
- f) saber avaliar, aprender a pesquisar e utilizar resultados de pesquisas.

Para os autores, essas habilidades e competências devem ser direcionamentos tanto dos cursos de formação inicial quanto daqueles destinados à formação continuada.

Com base na tipologia que Shulmam (1986) e em discussões realizadas por Núñez e Ramalho (2010), podemos elencar como saberes e/ou conhecimentos profissionais necessários ao exercício da docência:

- a) **conhecimento de conteúdo:** conhecimento do conteúdo específico da área do conhecimento em que o professor é especialista (disciplina). É primordial que os professores tenham um bom domínio do conteúdo e dos problemas e processos que geraram os conhecimentos químicos, assim como as relações entre Ciência, Sociedade e Tecnologia.
- b) **conhecimento curricular:** o conjunto dos conteúdos, a relação entre eles e os objetivos do seu ensino. Relaciona-se ao domínio dos programas e matérias dos projetos pedagógicos da escola. Deve ser de domínio do professor o programa oficial da disciplina e suas articulações com o projeto político pedagógico (PPP) da escola e com as orientações curriculares (PCNEM, PCN+, OCN,...), uma vez que estes norteiam os processos de ensino e aprendizagem. Ter propriedade das discussões sobre o ensino da Química nos PCNEM e demais documentos orientadores oficiais, se constitui em ferramenta fundamental para o trabalho docente.
- c) **conhecimento pedagógico geral:** são conhecimentos utilizados como referência para se teorizar, executar e justificar a prática e para se organizar e planejar a prática do ensino de Química e se refletir de forma crítica sobre ela. Inclui, entre outras, as disciplinas de Pedagogia, Didática Geral e Psicologia da Aprendizagem.
- d) **conhecimento dos aprendizes e suas características:** é necessário que o professor conheça quanto é diverso e heterogêneo o universo de alunos a quem vai ensinar, com diferentes estilos e ritmos de aprendizagem, interesses, motivações, etc.

- e) **conhecimento dos contextos:** estar ciente da conjuntura onde se dará o processo de ensino de ciências possibilita uma aproximação à realidade da escola e dos alunos, para se refletir sobre as ações da educação científica.
- f) **conhecimento dos fundamentos, objetivos, fins e valores educacionais:** é importante, no contexto do ensino das Ciências Naturais, que o docente conheça seu significado e suas finalidades, a fim de desenvolver o ensino conectado às finalidades da educação básica.
- g) **conhecimento pedagógico do conteúdo:** Segundo Shulman (1986), é o elemento essencial que distingue o técnico do profissional em ensino, ou seja, um químico de um professor de Química, pois permite ao professor prever e compreender as dificuldades que o aluno poderá ter para assimilar o conteúdo e quais as relações conceituais que terá de realizar. Seria o conhecimento das maneiras e estratégias específicas de representar e formular o conteúdo de modo que seja mais acessível sua assimilação pelo o aluno.

Os conhecimentos apontados por Shulman (1986) como imprescindíveis à formação do professor são exemplos do empenho intelectual que o professor tem de ter para a compreensão de um conjunto de conhecimentos necessários a sua prática pedagógica, os quais devem ser abordados desde a formação inicial.

Em uma linha de investigações próxima ao que os demais autores propõem, Imbernón (2012) afirma que a metodologia didática transforma-se nas salas de aula em um conjunto de tarefa docentes que envolvem diversas atividades. Uma característica que a tarefa educativa deve possuir é a flexibilidade, ou seja, a adaptação a cada circunstância específica. Na perspectiva do mencionado teórico, toda programação de tarefas docentes a serem realizadas em sala de aula deve ser abordada a partir de um conjunto de conhecimentos:

- a) **pedagógico:** possibilita analisar e responder o porquê de uma certa seleção de conhecimentos, quais são os que se deseja trabalhar com os alunos, como será feito e por que possuem a condição de conhecimento relevante e útil no contexto no qual serão desenvolvidos. Esse conhecimento também permite que o professor selecione a metodologia didática mais adequada ou a que considera que melhor favoreça a aprendizagem.
- b) **social:** permite avaliar o alcance social no qual serão desenvolvidos os processos de ensinar e de aprender, gerando a reconstrução do conhecimento corriqueiro em conhecimento acadêmico, com o intuito de transformação e melhora social.

- c) **psicológico:** permite avaliar os tipos de alunos, individual e em grupo, sua heterogeneidade e quais são suas características.
- d) **epistemológico:** permite conhecer e ponderar o conteúdo e a sequência lógica de aprendizagem da matéria.
- e) **das condições contextuais específicas:** permite considerar as necessidades dos alunos, os recursos da sala de aula e da instituição educativa na qual se desenvolve o processo de aprendizagem.

Ainda a partir das contribuições de Imbernón (2012), mesmo existindo divergências entre as diferentes propostas de saberes/conhecimentos, os modelos teóricos em geral coincidem ao indicar algumas prioridades que devem ser consideradas no momento de elaborar as tarefas de ensino. Em relação a isso, ele considera como primordial:

- a) **conteúdos e objetivos didáticos:** é necessário definir o enfoque do tema – geral, parcial, especializado etc.; recolher informações sobre o assunto; eleger o mais útil e definir as ideias principais; quais conhecimentos devem ser abordados e sua organização.
- b) **metodologia:** permite organizar e sequenciar o conteúdo por meio de várias tarefas, ou seja, como devem ser estruturadas as experiências de aprendizagem e os interesses dos alunos. Exercícios, projetos, investigações, práticas entre outras são tarefas que devem ser programadas.
- c) **recursos:** supõem o estabelecimento de tarefas, e processos temporais fortemente relacionados a recursos (lousa, projetor multimídia, livro digital, vídeos etc.) como instrumentos da aula, os quais nos possibilitam destacar aspectos tratados nela, desempenhando certa motivação na aprendizagem.
- d) **critérios e a avaliação:** gerem todo o processo com referência às fases de valorização e manutenção do resultado do ensino e da aprendizagem.
- e) **estabelecimento da dinâmica organizativa:** possibilita interação do grupo-classe e em que cenário ou ambiente é realizada a aprendizagem.

Além desses aspectos, Imbernón (2012) entende ser importante a motivação, a orientação permanente dos estudantes, o tratamento das diferenças na aprendizagem, o trabalho colegiado dos professores e a flexibilidade de aplicação da programação, de forma que seja possível adequá-la as diversas circunstâncias.

Antes de prosseguirmos e relacionarmos os saberes docentes e o objeto de nosso estudo, apresentamos no Quadro 4 um resumo dos tipos de saberes que tratamos até o momento.

Autores	Tipos de Saberes Docente
Shulmam (1986)	<ul style="list-style-type: none"> - conhecimento de conteúdo; - conhecimento curricular; - conhecimento pedagógico geral; - conhecimento dos contextos; - conhecimento dos aprendizes e suas características; - conhecimento pedagógico do conteúdo.
Porlán, Rivero e Martín del Pozo (1997)	<ul style="list-style-type: none"> - acadêmicos; - baseados na experiência; - rotinas e guias de ação; - teorias implícitas.
Gauthier (1998)	<ul style="list-style-type: none"> - disciplinar; - curricular; - ciências da educação; - tradição pedagógica; - experiência; - ação pedagógica.
Tardif (2002)	<ul style="list-style-type: none"> - profissionais; - disciplinares; - curriculares; - experienciais.
Carrascosa et. al. (2008)	<ul style="list-style-type: none"> - conhecer o conteúdo a ensinar; - ter conhecimento da história das ideias científicas; - conhecer as estratégias metodológicas empregadas na construção dos conhecimentos; - conhecer as interações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente; - estar informado sobre os desenvolvimentos científicos e tecnológicos recentes e suas perspectivas futuras; - adquirir conhecimento de outras disciplinas; - saber selecionar conteúdos adequados;
Carvalho e Gil-Pérez (2001)	<ul style="list-style-type: none"> - os saberes conceituais e metodológicos da área que ele irá ensinar; - os saberes integradores, que são os relativos ao ensino dessa área; - os saberes pedagógicos.
Carvalho e Gil-Pérez (2011)	<ul style="list-style-type: none"> - conhecer o conteúdo a ser ensinado; - conhecer e questionar visões relativas ao senso comum; - adquirir conhecimentos teóricos relacionados à aprendizagem; - saber analisar criticamente o ensino habitual; - dominar o preparo de atividades e saber dirigí-las aos alunos; - saber avaliar, aprender a pesquisar e utilizar resultados de pesquisas.

Autores	Tipos de Saberes Docente
Imbernón (2012)	<ul style="list-style-type: none"> - conhecimento pedagógico; - conhecimento social; - conhecimento psicológico; - conhecimento epistemológico; - conhecimento das condições contextuais específicas.

Quadro 4 – Tipos de saberes docente

Compreender a importância dos saberes na formação de professores tem a finalidade de confirmar a necessidade de que os cursos de formação inicial favoreçam a articulação entre a formação teórica (saberes disciplinares) e os conhecimentos provenientes do universo escolar (saberes pedagógicos), uma vez que, ao assegurar ser a docência uma profissão que abrange a produção e utilização de saberes, o conhecimento destes pode cooperar para a melhoria da formação e da profissionalização do professor (MELO, 2012).

Verifica-se que, apesar desses teóricos observarem os saberes docentes por enfoques próprios, há aproximações entre suas categorias, sobretudo quanto à importância que dão ao domínio que o professor precisa ter quanto ao conteúdo disciplinar que deve ser ensinado, assim como das singularidades pedagógicas que permeiam sua prática profissional.

Nessa perspectiva dos saberes necessários à docência durante a formação inicial, nosso objeto de estudo – a habilidade de interpretar gráficos cartesianos – relaciona-se diretamente aos saberes/conhecimentos do conteúdo (SHULMAN, 1986; CARRASCOSA et al. 2008; NÚÑEZ, RAMALHO, 2010; CARVALHO, GIL-PÉREZ, 2001, 2011) ou saberes disciplinares/acadêmicos (PORLÁN, RIVERO, MARTÍN DEL POZO, 1997; GAUTHIER, 1998; TARDIF, 2002) a se ensinar na disciplina de Química.

Shulman (1986) destaca a necessidade de os professores dominarem os conteúdos de ensino e a forma como esses conteúdos transformam-se em ensino. Para ele, ainda é recente no âmbito da educação a separação entre os conteúdos de ensino e os conteúdos pedagógicos e que essa separação tem conduzido professores e pesquisadores da área a dar um maior valor em seus trabalhos aos elementos de ordem psicológica e/ou metodológica, colocando em segundo plano o conhecimento base das disciplinas e que são fontes para os exemplos, explicações e formas de lidar com erros e equívocos dos estudantes.

O conteúdo de gráficos cartesianos é parte integrante dos conteúdos específicos das ciências em geral e especificamente da Química como forma de linguagem para representação de seus fenômenos. Desse modo, é essencial que o professor tenha o domínio da interpretação

de gráficos desse tipo, pois só assim poderá ensinar com clareza e qualidade esse conteúdo para seus alunos.

Na formação inicial, os saberes de conteúdo, ainda que não sejam suficientes, têm grande importância, pois, o conhecimento que os professores têm sobre o que irão ensinar tende a influenciar no que elegem para ensinar e na forma de ensinar (GARCÍA, 1995).

Melo (2012) propõe que os cursos de formação de professores devam adotar um projeto formativo que viabilize a construção dos saberes disciplinares (conteúdo), pois são estes que permitirão ao licenciando o conhecimento aprofundado de sua área de atuação, uma vez que não se pode dominar apenas o que se vai ensinar.

Entretanto, é unânime que não basta para o professor de Química saber o conteúdo específico da disciplina a ensinar; ele tem que saber como ensiná-lo aos estudantes de maneira que assimilem esses conceitos da melhor forma possível.

Ante o foco de nosso trabalho, acreditamos ser fundamental ao licenciando de Química ter desenvolvidas e saber desenvolver as habilidades para o ensino. Entende-se que o conjunto de habilidades associadas à interpretação de gráficos cartesianos, os hábitos que estão relacionados a elas e os conhecimentos que fundamentam teoricamente essas habilidades devem ser objeto de estudo e formação dos docentes das ciências naturais desde a formação inicial.

4. A FORMAÇÃO DA HABILIDADE DE INTERPRETAR GRÁFICOS CARTESIANOS EM QUÍMICA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

Este capítulo é dedicado à discussão teórica da *Teoria de Formação por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos* de P. Ya. Galperin. Discorreremos sobre as implicações pedagógicas da teoria no processo de desenvolvimento do pensamento e na formação de habilidades. Galperin propõe uma metodologia arraigada em um processo empírico que tem por objetivo desenvolver a aprendizagem, passando ao plano mental o sistema de operações (invariante) da habilidade. O capítulo divide-se em três momentos: primeiramente, discorremos sobre a polissemia do conceito de habilidade como conteúdo procedural; em seguida, dissertamos sobre as características do processo de formação da habilidade enquanto tipo de atividade; e, passadas essas duas partes mais introdutórias, discutiremos o uso da Teoria da Assimilação de Galperin no processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos.

4.1 O conceito de habilidade

A habilidade é um conceito polissêmico (NÚÑEZ, 2012). Em seu estudo, identifica-se divergências e discrepâncias científicas nos pontos de vista dos distintos autores que a definem, uma vez que nem todos têm a mesma concepção de seu significado ou de como se forma uma habilidade.

No contexto da aprendizagem, as habilidades estabelecem o domínio de ações complexas (psíquicas e práticas) que permitem ao estudante a escolha e a realização dos procedimentos da atividade, em correspondência com a finalidade que se propõe com ajuda dos hábitos e de conhecimentos que possuía anteriormente (CEDEÑO, 2006). Segundo a autora, a partir do ponto de vista pedagógico, a habilidade é uma via de aquisição de conhecimentos, uma via de aplicação de conhecimentos e uma via de aquisição de novas habilidades.

Álvarez de Zayas (1999) define habilidade como a dimensão de conteúdo que mostra o comportamento do homem em um ramo de conhecimento da cultura da humanidade. Numa dimensão psicológica, é o sistema de ações e operações dominado pelo sujeito que responde a um determinado objetivo. Nessa linha, entende-se por habilidades as experiências acumuladas e assimiladas por meio de diferentes modos de ação durante o processo de desenvolvimento do homem como um ser social. Para o referido autor, “as habilidades, como parte de um conteúdo disciplinar, caracterizam, no plano didático, as ações que o estudante realiza ao

interagir com seu objeto de estudo com o fim de transformá-lo, de humanizá-lo” (ÁLVAREZ DE ZAYAS, 1999, p. 69).

As habilidades são elementos psicológicos estruturais da personalidade, ligados à sua função reguladora-executora, as quais se formam, desenvolvem e expressam na atividade científica (RECIO; RAMÍREZ, 2009).

Nesse sentido, as habilidades estão relacionadas ao saber fazer, ou seja, partem de um objetivo, põe-se em prática o que é conhecido e ajusta-se, conscientemente, cada uma das operações para atingir o objetivo desejado.

As habilidades são o conteúdo daquelas ações dominadas pelo homem, estruturadas em operações ordenadas e orientadas a atingir um objetivo, permitindo ao sujeito interagir com determinados objetos da realidade e com outras pessoas (NÚÑEZ, 2009). Para Leontiev (1983), elas constituem um produto da aprendizagem com características específicas e uma forma de regular a atividade do sujeito.

Petrosky (1980) define a habilidade como o domínio de um complexo sistema de ações psíquicas e práticas fundamentais para a regulação da atividade, com a ajuda do conhecimento e dos hábitos que a pessoa possui. Desse modo, é essencial que se tenha, no ensino escolar, durante processo de formação de habilidades, propriedade do sistema de operações que compõe a estrutura funcional da habilidade.

A assimilação do conhecimento não ocorre separadamente das ações (TALÍZINA, 2000), ou seja, *saber* sempre corresponde a *saber fazer* determinada atividade ou o conjunto de ações que conduzem a ela. Uma habilidade pode ser entendida como um tipo de atividade, uma vez que é um processo de solução, pelos estudantes, de uma situação-problema, motivados por um objetivo, para cuja solução está orientada. Por meio da atividade, o aluno se relaciona com o objeto do conhecimento, apropria-se dele, transforma-o e transforma a si mesmo, segundo o objetivo e a motivação que o move (NÚÑEZ, 2009).

A habilidade é um tipo de atividade cognoscitiva, prática e valorativa, ou seja, que coloca o conhecimento em ação. Para Núñez e Ramalho (2011), os conhecimentos teóricos sempre existem relacionados com um ou outro tipo de ação (habilidades). As habilidades são uma formação psicológica executora constituída por um sistema de operações que garantem a execução da ação pelo sujeito.

Na concepção de Núñez (2012), a habilidade demanda a construção ou atualização e domínio pelo estudante, na atuação específica sobre certa atividade, de modo a mobilizar o conteúdo conceitual na solução de situações-problema dadas (exercícios ou problemas) e que contribuam para a formação de atitudes como finalidades da aprendizagem. As habilidades

tributam, portanto, para o conhecimento prático, ou seja, o conhecimento na ação, para a ação e sobre a ação.

As habilidades, como conteúdo procedural, são tipos de atividades que necessitam de planejamento para serem ensinadas de forma explícita e consciente (NÚÑEZ, 2011). Sendo assim, os estudantes precisam aprender esse tipo de conteúdo, relacionando-o com os outros, de forma funcional e compreensiva, direcionados à solução de situações-problema e a atuação competente nas ciências.

Em nosso estudo, a habilidade de interpretar gráficos cartesianos, como tipo de atividade, isto é, uma ação motivada, caracteriza-se por um sistema de operações (invariante operacional, essencial para a assimilação do conteúdo) que se relaciona com um conjunto de conhecimentos para a resolução de situações-problema dentro dos limites de aplicação da Química do ensino médio.

4.2 Formação e desenvolvimento de habilidades

O processo de formação e desenvolvimento de habilidades em um indivíduo tem lugar no processo de domínio daquilo que tem sido instituído pela humanidade em seu desenvolvimento histórico, isto é, do que tem sido criado pela sociedade (LEONTIEV, 1986).

Para Núñez (1996b), as habilidades são instrumentos básicos para a atuação competente e para o desenvolvimento do pensamento estratégico nas ciências. Podem ser pensadas como esquemas ou modos de atuação que agregam o *saber* ao *saber fazer* e que têm finalidades educativas, ou seja, são dirigidas ao desenvolvimento integral dos estudantes (TALÍZINA, 2001). Inserindo o debate sobre a formação de habilidades ao contexto científico, compreendemos que esta estabelece a construção e o domínio pelo estudante, da forma de atuação própria a uma determinada atividade científica, de modo a mobilizar o conteúdo conceitual na solução de situações-problemas e contribuindo para a formação de atitudes como finalidades da aprendizagem científica.

Para isso, formar habilidades nos licenciandos requer o direcionamento da atividade de modo que favoreça a sistematização e consolidação das ações e operações a partir de uma adequada planificação, organização e avaliação do processo por parte do professor.

A formação da habilidade é o momento no qual ocorre a assimilação consciente dos modos do fazer (NÚÑEZ, 2012). É um processo, que segundo o pesquisador, demanda a atenção voluntária e a assimilação de um sistema de ações, assim como o conhecimento conceitual. A formação de habilidades nessa perspectiva exige que os licenciandos valorizem

e entendam o significado da habilidade de interpretar gráficos cartesianos para seu desenvolvimento profissional como professor de Química.

É necessário garantir que os licenciandos se apropriem das maneiras de elaboração, as formas de agir, as técnicas para aprender, os modos de pensar, de forma tal que, com o conhecimento, sejam formadas habilidades básicas que definam capacidades cognoscitivas.

A aprendizagem, segundo Galperin, é:

... toda atividade cujo resultado é a formação de novos conhecimentos e habilidades em quem a executa, a incorporação de novas qualidades aos conhecimentos e habilidades que já possuíam. O vínculo interno que existe entre a atividade e os novos conhecimentos e habilidades consiste em que durante o processo da atividade, as ações isoladas se transformam em habilidades e, ao mesmo tempo, como consequência das ações com os objetos se integram as representações e os conceitos de tais objetos (GALPERIN, 2001a, p. 85).

O domínio das formas da atividade cognoscitiva, prática e valorativa, ou seja, o conhecimento em ação impulsionado por motivos, desejos e necessidades é essencial na formação de habilidades (NÚÑEZ, 2012). Para Galperin (2001c), os conhecimentos teóricos sempre existem relacionados com umas ou outras ações, habilidades que apresentam em si os conceitos.

Um professor em formação deve desenvolver a faculdade de educar e, para isso, adquire conhecimentos pedagógicos e didáticos que certamente contribuem ao que se pretende formar (ÁLVARES DE ZAYAS, 1999). Inseridos nessa ótica, a formação e o desenvolvimento de habilidades durante a formação inicial do professor de Química supõe um melhor desenvolvimento profissional e provavelmente um melhor desempenho em suas aulas e uma melhor aprendizagem de seus alunos.

Para a formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos como um tipo de atividade, é fundamental que os estudantes de Licenciatura em Química interajam com o professor e entre seus pares, com o intuito de que a execução do processo formativo culmine com um alto grau de desenvolvimento da habilidade dos envolvidos.

A atividade é a principal categoria do materialismo histórico-dialético para Alexei Nikolaevich Leontiev, que sistematizou o conceito de “atividade”, ao fundar a teoria psicológica geral da atividade. Segundo Leontiev (1983, p. 17), a análise da atividade estabelece o ponto determinante e o principal método do conhecimento científico do reflexo psíquico, da consciência.

Leontiev (1989) define a atividade como objeto da psicologia e é, precisamente por meio daquela, que o sujeito se relaciona com o mundo. Em suas pesquisas sobre a estrutura da

atividade, ele considerou o objetivo e o motivo como seus elementos principais e estabeleceu que ambos devessem coincidir, separando, desse modo, os conceitos de atividade, ação e operação. Para Leontiev, na relação ativa entre o sujeito e o objeto, a atividade materializa-se por meio de ações, operações e tarefas, movidas por necessidades e motivos. Segundo Talízina (1988), toda habilidade pode decompor-se em várias operações que sigam determinada lógica.

De acordo com Leontiev (1978), a necessidade é o fato que desencadeia a atividade. Em nosso estudo, a necessidade por formar a habilidade de interpretar gráficos cartesianos motiva o licenciando em Química a ter objetivos e a realizar ações para suprir essa necessidade. Ao considerar o significado de atividade, como propõe Leontiev, podemos concluir que nem todo processo é uma atividade, mas somente aquele que é movido por uma necessidade.

Designamos pelo termo de atividade os processos que são psicologicamente determinados pelo fato de aquilo para que tendem no seu conjunto (o seu objeto) coincidir sempre com o elemento objetivo que incita o sujeito a uma dada atividade, isto é, com o motivo (LEONTIEV, 1978, p. 296)

Os motivos e interesses do homem são históricos e sociais, ou seja, desenvolvem-se pela sociedade, a partir das condições de vida e educação. De tal maneira, os interesses humanos não devem ser compreendidos como naturais e imutáveis; ao contrário, eles podem ser transformados, e novas necessidades podem surgir ao longo de seu processo de desenvolvimento. Na formação de habilidades, como um tipo de atividade, perceber essas necessidades e os motivos para aprender são fatores essenciais para uma disposição positiva dos futuros professores nesse processo.

De acordo com Leontiev (1983), a ação também apresenta seu aspecto operacional como componente gerador, isto é, as formas e métodos pelo qual esta se realiza. Nesse aspecto, a ação está composta por um conjunto de operações de maneira que a formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos, realizada a partir de um determinado sistema de ações, necessita das operações correspondentes para a execução final desta atividade.

No processo de formação de habilidades, a seleção e organização das tarefas devem ser adequadas ao potencial dos estudantes, de modo que qualquer um deles, com um mínimo de conhecimentos e habilidades preliminares, sejam capazes de desenvolver a habilidade proposta (GALPERIN, 1959).

O processo de assimilação de uma habilidade, segundo Leontiev (1989), considera três momentos, que toda atividade ou habilidade humana contempla, mesmo que não necessariamente na mesma ordem, a saber:

- a) Planificação;
- b) Execução; e
- c) Controle.

Em sua teoria, Leontiev (1989) considera que a atividade humana tem uma estrutura invariante definida por um sujeito; um objeto; os motivos; o objetivo; o sistema de operações; a base orientadora da ação; os meios para realizar a ação; as condições de realização; e o produto, alguns dos quais descritos a seguir:

- a) **O sujeito da atividade:** aquele que realiza as ações da atividade de formação que permitem o desenvolvimento da habilidade. No processo de formação inicial de professores, o licenciando é o sujeito da formação.
- b) **O objeto da atividade:** é para onde estão direcionadas as ações, podendo ter caráter material ou ideal. É a referência com a qual o sujeito começa a atuar para obter a formação da habilidade. É o futuro produto da atividade transformado. Em nosso caso, a formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos.
- c) **O motivo:** como componente da atividade, o motivo tem que existir no sujeito da atividade, uma vez que, como dito por Leontiev (1989), se não há motivos ou necessidades, não haverá efetivamente o desenvolvimento da habilidade. No caso dos licenciandos de nosso estudo, a necessidade reside no fato de que eles precisam de um grau de desenvolvimento elevado da habilidade de interpretar gráficos cartesianos tanto para o seu desempenho pessoal, como para a aplicação em sua atividade profissional como docente.
- d) **O objetivo:** é a representação imaginária das consequências possíveis de se alcançar com a formação da habilidade. Toda atividade humana desenvolve-se fundamentada em finalidades ou objetivos que orientam as ações em direção de suas metas. Para Talízina (1985), uma ação só se converte em atividade se o objetivo e o motivo coincidirem, permitindo, dessa forma, o desenvolvimento de habilidades e capacidades relacionadas com determinados conhecimentos. Na formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos, os objetivos desse

processo devem estar explicitados e os futuros professores devem ter consciência deles, uma vez que eles orientam a atividade formativa.

Para que o licenciando se incumba de determinada função, é imprescindível que suas ações estejam relacionadas de modo que essa função “exista para ele”, ou seja, é necessário que o sentido das suas ações se revele e que ele esteja consciente desse sentido. A consciência do significado de uma ação é atingida sob a forma de reflexo do seu objeto enquanto fim. Para Leontiev:

a primeira condição de toda atividade é uma necessidade. Todavia, em si, a necessidade não pode determinar a orientação concreta de uma atividade, pois é apenas no objeto da atividade que ela encontra a sua determinação: deve, por assim dizer, encontrar-se nele. Uma vez que a necessidade encontra a sua determinação no objeto (se objetiva nele), o dito objeto torna-se motivo da atividade, aquilo que o estimula (LEONTIEV, 1978, p.107-108).

Se o licenciando sente a necessidade de formar a habilidade de interpretar gráficos cartesianos de uma forma global, faz com que a busca por essa formação passe a ser o motivo fim do processo, ou seja, a elevação de seu grau de desenvolvimento na habilidade.

- e) **Sistema de operações:** são os procedimentos, métodos, técnicas e estratégias utilizados pelos estudantes para realizar a ação e, assim, transformar o objeto em produto. Em outras palavras, é o conjunto de operações que o licenciando deverá realizar para interpretar cada gráfico cartesiano. Para Núñez (2009), uma ideia-chave na discussão das operações como sistema das ações é a definição de habilidade. Segundo o autor, as habilidades são o conteúdo das ações que o sujeito domina, estruturado por meio de operações e orientado a um objetivo, a formação da habilidade.
- f) **A Base Orientadora da Ação (B.O.A.):** representa a imagem da ação que o sujeito realizará. Esta será tratada profundamente mais adiante neste capítulo.
- g) **Os meios:** são os instrumentos que o sujeito utiliza para organizar e realizar a atividade, ou seja, são os objetos que se encontram entre o objeto e o sujeito da atividade e que ajudam a mediar o processo de formação da habilidade (NÚÑEZ, 2009). Os meios têm um papel essencial na formação de habilidades.
- h) **As condições:** são formadas pelo conjunto de condições nas quais o sujeito desenvolve a atividade formativa. Envolve tanto as condições ambientais, como espaço e iluminação, entre outras, como o clima psicológico em que se realiza a

atividade e as condições sociais em que o indivíduo está inserido. “A análise e o conhecimento desse elemento é essencial para se compreender e desenvolver o processo de formação de habilidades pelo sujeito da atividade” (NÚÑEZ, 2009, p. 86). Na formação dos licenciandos, as condições estão relacionadas à estrutura física do local onde se desenvolverá a formação e as condições psicológicas individuais dos envolvidos no processo formativo.

- i) **O produto:** é o resultado das transformações ocorridas com o objeto, intermediadas por procedimentos. Esse resultado deve coincidir com o objetivo da atividade, ou seja, para nosso estudo, a formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos. Para Núñez (2009, p.87), o produto da atividade representa:
 - as transformações na personalidade integral do aluno, resultado de sua atividade de aprendizagem, os conteúdos assimilados, as novas formas de agir, as atitudes, valores formados, relacionados com as intencionalidades educativas.

No caso da formação docente, esse produto é o desenvolvimento profissional e o desenvolvimento integral da personalidade docente, regulado pelas mudanças qualitativas em relação ao estado inicial, que satisfazem as necessidades que motivaram os processos de formação. Em nosso estudo, o produto é o aumento do grau de desenvolvimento da habilidade dos licenciandos quanto à interpretação de gráficos cartesianos. A ampliação do conhecimento desses futuros professores tende a refletir em seu desempenho pessoal e em sua dinâmica de trabalho como profissional do ensino de Química.

A formação de habilidades com o objetivo de que licenciando em Química atinja um nível consciente no domínio dessa habilidade exige que o professor planeje e organize o seu processo de formação. Esse processo não deve se desenvolver de forma instintiva, mas a partir de um projeto didático inovador e apropriado a um tipo de aprendizagem dessa natureza.

Desenvolver uma habilidade tem estrutura semelhante à formação, mas, nesse caso, supõe que, com o objetivo de aplicar os conhecimentos adquiridos, o licenciando domine um sistema operacional que inclui operações e hábitos já formados, ou seja, trata-se de uma atualização da habilidade. O domínio e uso de habilidades nas ciências definem o como resolver uma situação-problema, cuja solução se dá por meio de determinadas ações e operações específicas da atividade que o estudante desenvolve.

4.3 A Teoria de Formação por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos de P. Ya. Galperin

Integrante da escola de Jarkov, contemporâneo de Leontiev e continuador das ideias deste e de Vygotsky, P. Ya. Galperin criou uma teoria do desenvolvimento psíquico a partir do estudo da gênese dos processos cognitivos, na qual destaca o papel das ações externas no surgimento e formação das ações mentais no processo de ensino. Esse método conhecido como *Teoria da Formação por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos* vem revelar as etapas do processo de internalização de uma atividade externa em interna.

Assimilar, segundo Galperin (2001b, p. 38), significa apropriar-se do objeto do conhecimento, onde as principais etapas nas quais a ação é realizada representam os níveis sucessivos da transformação do objeto do conhecimento em algo mais próprio do sujeito que aprende.

Para Talízina (2009), assimilação é a passagem da experiência social para a experiência individual e essa passagem pressupõe a atividade do sujeito que assimila a experiência social. Segundo a autora, o processo de assimilação de conhecimentos, implica na realização de algumas ações cognitivas por parte dos estudantes. Por isso, durante o planejamento de qualquer conhecimento, é necessário determinar em que atividade (habilidade) os estudantes devem utilizar tais ações e com que objetivo deverá assimilá-las.

Galperin, prosseguindo com os estudos de Vygotsky e Leontiev, definiu que os novos tipos de atividade psíquica assimilam-se primeiro na forma externa, material e depois transformam-se na forma interna, psíquica. A teoria de Galperin sustenta-se no princípio de que é possível a formação de processos mentais pela via de uma atividade planejada, que se instituem em órgãos funcionais da própria atividade (NÚÑEZ, OLIVEIRA, 2012).

Para Galperin (2001a), as possibilidades de dirigir o processo de formação das ações mentais, das representações e dos conceitos são muito significativas. Em razão delas, o professor não só tem a possibilidade de dirigir o processo de estudo, mas também o aluno, conjuntamente com ações mentais completas, adquire o próprio método de estudo.

O grande mérito da teoria da assimilação de Galperin, segundo Talízina (1988), foi de que ele não se limitou a teses generalistas sobre a atividade e nem simplesmente destacou a ação como unidade de análise da atividade psíquica, mas sim converteu a investigação da gênese das ações mentais (psíquicas) em um método de estudo da atividade psíquica e determinou a tarefa de analisar os tipos específicos da atividade psíquica desde o ângulo das ações mentais que os compõem.

De acordo com Núñez (2009), a *Teoria da Formação por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos* de Galperin é uma aplicação consequente dos princípios metodológicos surgidos a partir das ideias de Vygotsky, sobretudo, o papel da atividade de orientação-investigação associada ao plano da imagem da representação mental e sua definição como objeto da psicologia. Para Galperin (2001b), por trás de cada imagem, existe oculta uma ação mental generalizada, abreviada e automatizada. Da mesma forma, a teoria está relacionada às transformações qualitativas que sofre a atividade externa na trajetória de sua conversão em atividade interna (psíquica), nos termos da Teoria da Atividade de Leontiev.

Galperin elaborou a teoria do desenvolvimento psíquico, que se transformou em uma teoria do ensino e cuja ideia fundamental é a formação esquematizada por etapas das ações mentais. Toda ação caracteriza-se, antes de tudo, pelas variações que produzem em seu objeto e pelo resultado ao qual conduz. Do mesmo modo, a ação mental caracteriza-se por sua variação determinada e por seu caráter dirigido a um fim de seu objeto. Porém, nesse caso, o objeto é mental. Por isso, a ação mental pode ser definida como a habilidade de realizar “mentalmente” uma determinada transformação do objeto (GAPERIN, 2001c).

Em sua teoria, Galperin considera que o processo de formação de uma ação começa com o apoio de objetos concretos ou reais (objetos materiais) ou sua representação (objetos materializados) e passa para as etapas subsequentes (linguagem e mental).

A teoria de P. Ya Galperin, segundo Talízina (1988), desenvolveu-se como uma teoria do ensino e da formação ontogênica da atividade psíquica do homem, o processo de assimilação da experiência acumulada pela humanidade.

Galperin (2001a) sustenta o princípio de que é possível, por meio de uma atividade planejada, a atualização ou formação de processos mentais que se estabelecem em órgãos funcionais da própria atividade. O desenvolvimento do pensamento lógico e os conceitos das disciplinas escolares podem ser assimilados com êxito se houver um modelo planificado da atividade (habilidade).

No processo de formação da habilidade por meio da *Teoria da Formação por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos*, a assimilação do conteúdo avança do externo material ao mental, ou seja, do geral para o particular. Seu desenvolvimento com a atividade conjunta dos licenciandos, utilizando mecanismos de simbolização do conteúdo, a linguagem como elemento de formulação linguística de relações e conduzindo-os à conscientização, colabora para o desenvolvimento do pensamento teórico nesses futuros professores de Química. Galperin (1979) considera o pensamento consciente como atividade orientadora, porque direciona a conduta partindo de imagens prévias para a ação.

De acordo com Núñez e Oliveira (2012), a ideia essencial da teoria de Galperin é que as ações mentais, por sua natureza, são ações objetais, que primeiramente se realizam apoiadas por objetos externos e, na medida em que eles são manipulados, depois de terem passado por uma série de etapas, são realizadas no plano mental e tornam-se propriedades da *psique*.

Ainda conforme apreensão de Núñez e Oliveira (2012), ao considerar a atividade de orientação como o objeto da Psicologia e como categoria essencial da sua teoria, Galperin dá um novo significado ao processo de internalização (apropriação) da atividade externa (material) como gênese da atividade mental (psíquica). Para os autores, com essa visão, Galperin nega, de forma dialética, algumas ideias de Vygotsky e Leontiev, mas, por outro lado, complementa-as e enriquece-as para colaborar na construção de um *corpus* teórico mais sólido com comprovação experimental.

Na perspectiva de Galperin (1959), a aprendizagem de conceitos e habilidades vincula-se às ações mentais do sujeito, tendo em vista a pressuposição de que estas se organizam ativamente. Em uma primeira etapa, elas assumem uma forma externa e, depois, em uma relação de colaboração, se transformam em ações mentais. Essa passagem do plano interpsicológico ao plano intrapsicológico é o que Vygotsky (1989) define como princípio de internalização. Galperin (1979) distingue duas partes fundamentais no processo de internalização de uma atividade externa em uma atividade interna: a de orientação e a de execução real da ação.

A *teoria da assimilação* de Galperin (2001c) estabelece que, em um processo de formação, inicialmente as ações são externas, materiais e, em um instante final, assimila-se a nova habilidade, ou seja, converte-se tais ações para o plano mental. As ações mentais são os reflexos, derivados destas ações materiais (externas). Durante a formação da ação interna, sobre essa base exterior, são distinguidas as seguintes etapas fundamentais:

- a) A formação da base orientadora dessa nova ação (**habilidade**);
- b) A formação do aspecto material desta ação;
- c) A formação de seu aspecto linguísticos;
- d) A formação desta ação (**habilidade**) como um ato mental (GALPERIN, 2001c, p. 46, **destaques nossos**).

Em sua teoria Galperin, considera a aprendizagem como um tipo particular de atividade cujo desenvolvimento conduz o estudante a novos conhecimentos e habilidades. O processo de assimilação do conceito é também o procedimento de sua aplicação em forma de

habilidades. A qualidade dos conhecimentos é determinada pelo caráter da atividade que se utiliza para sua assimilação.

Nessa perspectiva, segundo Núñez (2009), o processo de internalização da atividade externa é interpretado como um ciclo cognoscitivo, com momentos funcionais, que não são lineares e, metodologicamente, podem ser separados para análise.

Para a formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos, primeiramente, deve-se encontrar a forma adequada da ação. Sequencialmente, deve-se encontrar a forma material de representação da ação e, por fim, transforma-se essa ação externa em interna. Em se tratando da formação de uma nova habilidade ou uma habilidade que deve ser aplicada de uma nova maneira, ainda que essa habilidade não seja nova, sua forma é, inicialmente, material ou materializada, ou seja, deve realizar-se diretamente com o objeto de formação ou, pelo menos, com a representação condicional do objeto (GALPERIN, 2001c). Em seguida, executa-se na forma verbal e, por último, mental, permitindo que as funções mentais superiores se desenvolvam. Dessa forma, durante o processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos, proporcionam-se as ajudas necessárias aos licenciandos para a formação no plano mental da invariante operacional. A assimilação dos conteúdos desenvolve-se do geral para o concreto, por meio de atividade conjunta e por construções simbólicas do conteúdo, empregando a linguagem como meio de conscientização.

O método para internalização das ações objetais elaborado por Galperin e seus colaboradores permite definir os principais parâmetros ou qualidades da ação humana, assim como os tipos de orientações na situação de aprendizagem que tributam para o desenvolvimento do estudante (licenciando).

O esquema de formação da habilidade baseada na teoria de Galperin permite formar, em todos os licenciandos participantes, ações mentais adequadas e estes, por sua vez, conforme as qualidades definidas, trabalham como um mecanismo heurístico para administrar um mesmo processo, considerando cada estudante e suas diferenças individuais.

O processo de formação de habilidades a partir da transformação da atividade externa e material em mental efetiva-se segundo o sistema de características qualitativas das ações definidos por Galperin, tais como a forma da ação, o grau de generalização, o grau de detalhamento, o grau de independência, o grau de consciência e o grau de solidez. As transformações qualitativas ocorrem em uma série de momentos cuja substituição lógica estabelece o processo de transformação da atividade exterior, material, em atividade psíquica, interna.

Para Talízina (1988), esses indicadores qualitativos da ação se classificam em primários (grupo de propriedades fundamentais da ação) e secundários, dependentes das primeiras. Entre as qualidades que apontamos, Talízina (1988) e Núñez (2009) classificam-nas como:

- a) **Qualidades primárias:** forma da ação, grau de generalização, grau de detalhamento e grau de independência.
- b) **Qualidades secundárias:** grau de consciência e grau de solidez.

Cada um desses indicadores qualitativos definidos por Galperin e Talízina, podem ser descritos como:

- a) **Forma como se realiza a Ação** – caracteriza o grau de apropriação da ação pelo licenciando, ou seja, é a medida do grau de internalização da ação. Em cada uma das etapas da teoria de Galperin, a forma da ação apresenta-se de uma maneira específica: material ou materializada, linguagem externa e mental (TALÍZINA, 1988, p. 60). O indicador qualitativo da forma da ação estabelece que os estudantes, ao final da formação da habilidade, tenham transitado da forma material ou materializada, passando pela linguagem externa e assimilado no plano mental o procedimento geral, ou seja, a estrutura da habilidade ou sistema de operações.
- b) **Grau de Generalização** – Talízina (1989) define a generalização em relação à extensão da habilidade, ou seja, ao limite de aplicação da ação. Toda ação tem seus limites de aplicação. Então, o grau de generalização é a relação entre as situações nas quais o sujeito aplica a habilidade e as situações em que ele é objetivamente passível de aplicação (NÚÑEZ, 2009). Quando o licenciando aplicar a habilidade e a ação em situações em que isso é objetivamente possível, está ocorrendo generalização. O grau de generalização da ação se caracteriza pela separação de suas propriedades essenciais e não essenciais (TALÍZINA, 1988). Os níveis de grau de generalização da ação dos licenciandos podem ser baixos ou altos, dependendo da capacidade do estudante de assimilar a ação dentro de seus limites de aplicação. A interpretação de gráficos cartesianos dá conta de analisar gráficos desse tipo e não de outros, sendo que o licenciando de Química deve saber fazer essa diferença e poder afirmar quando um gráfico é cartesiano ou não e se é passível de interpretação pelo *modelo de atividade* estabelecido.

- c) **Grau de Detalhamento** – está relacionado ao nível de detalhamento da ação em seu sistema de operações. No processo de formação de habilidades, a atividade deve ser realizada de forma detalhada (executa todas as operações do sistema previsto inicialmente) e, ao final, de forma reduzida ou mental
- d) **Grau de Independência** – refere-se à possibilidade de o licenciando efetivar perfeitamente uma ação com ou sem determinados tipos de ajuda. Não são todas as vezes que uma nova ação pode ser executada desde o início sem algum tipo de ajuda. Sendo assim, nos momentos iniciais do processo de formação da atividade, é necessário planificar níveis de ajuda que possibilitem ao licenciando a realização correta da ação mesmo sem possuir o domínio dela, ou seja, no próprio processo de aprendizagem (NÚÑEZ, 2009). Durante a execução do desenvolvimento da formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos, devem ser previstas ajudas por meio do *modelo da atividade*, por parte do licenciando parceiro de formação e do professor. No avançar do processo, conforme a necessidade do estudante, esses níveis de ajuda vão se reduzindo até que o formando atue de modo independente. Um licenciando desenvolve uma habilidade com alto grau de independência quando resolve corretamente as tarefas sem nenhum tipo de ajuda.
- e) **Grau de Consciência** – corresponde à possibilidade de o licenciando não só cumprir corretamente a ação, mas também de fundamentar de forma verbal sua correta execução. O estudante deve dar conta do que está fazendo e seu porquê. Esta qualidade é secundária e está determinada pela plenitude da representação da ação na forma verbal externa e da qualidade da assimilação desta forma de ação pelo estudante (TALÍZINA, 1988). Para que a assimilação ocorra, o fazer deve estar acompanhado pelo dar-se conta do que se está fazendo (GALPERIN, 1959). Ter desenvolvido uma habilidade com alto grau de consciência deve permitir ao licenciando poder interpretar um gráfico cartesiano não apenas dando a resposta direta ao que lhe foi solicitado, mas também fazendo uma análise, oralmente ou por escrito, acerca dos elementos e atributos que compõem o gráfico, a sequência de operações para interpretá-lo, o contexto em que o gráfico está inserido e o fenômeno que representa.
- f) **Grau de Solidez** – está relacionado com a possibilidade de se desenvolver com sucesso a habilidade formada após algum tempo de sua formação. Sendo atingido, significa que o licenciando apropriou-se daquele conhecimento de uma forma sólida. Segundo Núñez (2009), o grau de solidez também pode ser medido pela

capacidade do estudante aplicar os conhecimentos formados em novas habilidades de maiores exigências cognitivas e mais complexas. A solidez é também uma qualidade secundária da ação que não se pode conseguir por si só, uma vez que está dada pela forma da ação, pelo cumprimento eficaz das ações da etapa material até a etapa mental e grau de automatização como consequência da ação mental e generalizada. Se depois de alguns meses da formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos, os licenciandos forem capazes de interpretar de forma global gráficos desse tipo, isso significa que seu conhecimento atingiu um elevado grau de solidez.

A formação das ações mentais e dos conceitos por meio da motivação da aprendizagem, da Base de Orientação da Ação (BOA), das etapas de formação e dos indicadores qualitativos da ação é considerada uma contribuição especial de Galperin para a compreensão do conceito de internalização.

4.3.1 Etapas de formação da habilidade

O conhecimento da estrutura, das funções e das características fundamentais da formação de habilidades permite conceber modelos mais racionais da atividade cognoscitiva e esboçar as exigências a estes ao final da formação (TALÍZINA, 1988). A habilidade de interpretar gráficos cartesianos, antes de ser mental, generalizada, consciente, independente e sólida, passa por determinados estágios. Esses estágios são as etapas de formação da habilidade, cada uma das quais se caracteriza pelo conjunto de mudanças das propriedades fundamentais da ação.

A formação das ações mentais, segundo Galperin (2001d), passa por cinco etapas. A primeira é o estabelecimento da base orientadora da ação com a qual depois o licenciando se guia para realizar a ação. Na segunda etapa, desenvolve-se a forma material ou materializada da ação, a primeira forma real no estudante. Na terceira etapa, a ação se separa de sua imagem material e passa ao plano da linguagem em voz alta. Na quarta etapa, a ação é realizada por meio da conversação “para si”, porém, segundo Galperin, imprecisa em seus componentes verbais e conceituais. Esta ação no plano da linguagem para si transforma-se, na etapa seguinte, em um processo automático e, em consequência disso, sua parte verbal afasta-se da consciência. Assim, o processo verbal converte-se em um processo oculto e, em um sentido mais amplo, em um processo interno, no plano mental.

4.3.1.1 Etapa motivacional

A etapa motivacional não é tratada explicitamente por Galperin, dada porque concentraremos a discussão nos apontamentos de Nina F. Talízina, orientanda e colaboradora de Galperin, que incluiu, no desenvolvimento de trabalhos com a *teoria da assimilação*, essa fase inicial no processo. Galperin, de acordo com Talízina (1988), posteriormente à definição das cinco etapas de sua teoria indicou a necessidade de introduzir uma etapa a mais neste processo, na qual sua tarefa principal seria a criação de uma motivação necessária ao aluno.

A etapa considerada por Talízina (1986) como “etapa zero” tem como principal tarefa preparar e motivar os estudantes para assimilarem novos conhecimentos e procedimentos.

Afinal, a motivação para aprender é sempre definida por valores que apoiam ou justificam a aprendizagem como atividade de estudo (NÚÑEZ, 2009). Precisa-se estar motivado para desenvolver a habilidade de interpretar gráficos cartesianos, de modo que o desenvolvimento desse processo de formação disponha-se de forma satisfatória.

A motivação também está relacionada com os desejos, a vontade, as relações afetivas que o estudante estabelece com o objeto do conhecimento, como tem discutido Ramalho e Núñez (2011) a partir das reflexões dos trabalhos de Davidov (1988) e Leontiev (1989).

Segundo Talízina (1968), a motivação para se aprender é um requisito básico que está vinculado a valores e a um conjunto de circunstâncias da vida real de quem aprende. Nas atividades de ensino e aprendizagem, os motivos podem ser de dois tipos: externos e internos.

a) **Motivos internos:** são os próprios interesses e os atendimentos diretos da necessidade vinculada ao objeto da ação. Logo, na atividade de aprendizagem docente, a aquisição do conhecimento não atua como meio para se alcançar um ou outro objetivo, mas como o próprio objetivo da atividade dos indivíduos (TALÍZINA, 1987). O docente em formação busca o desenvolvimento da habilidade de interpretar gráficos cartesianos para que possa utilizá-la em suas atividades rotineiras de estudo nas disciplinas da licenciatura e para o entendimento da aplicação dessa representação semiótica na Química e na sociedade.

b) **Motivos externos:** o docente desenvolve a atividade para satisfazer outras necessidades, que não se relacionam diretamente com a atividade de estudo. Esta se transforma em um meio para se alcançar um fim (TALÍZINA, 2009). Nesse aspecto, o licenciando deseja aumentar seu grau de desenvolvimento na habilidade de interpretar gráficos cartesianos para que possa ajudar seus alunos a também atingirem um nível maior de desenvolvimento na habilidade.

Somente a partir de motivos internos tem lugar a atividade de aprendizagem que satisfaz a necessidade cognitiva de maneira imediata; em outros casos, o estudante aprende a satisfazer outras necessidades que não são cognitivas. Nesses casos, diz-se que neste aluno o motivo não corresponde ao objetivo (TALÍZINA, 2009).

Para Matiujina (apud TALÍZINA, 2009), de acordo com o conteúdo, os motivos da aprendizagem escolar podem ser divididos em:

- a) **Motivos escolares cognitivos:** pautado no conteúdo (o material escolar) e no processo de aprendizagem; e
- b) **Motivos sociais amplos:** relacionados com todo o sistema vivencial do aluno (questões de honra, auto perfeição, autodeterminação, prestígio, bem estar, desejo de superar obstáculos, etc.).

A motivação, associada aos conteúdos, satisfaz as necessidades do licenciando de receber novas impressões e novos conhecimentos. Já os motivos sociais amplos estão mais presentes na escolha da profissão, nos deveres e nas responsabilidades sociais. Uma das vias para a criação da motivação cognitiva é a introdução de situações-problema relacionadas com a atividade profissional.

O ensino por problemas ou problemática é uma das formas que possibilitam o surgimento da motivação nos alunos (TALÍZINA, 1988). Nesse tipo de procedimento, o vínculo com o dia-a-dia permite aumentar a motivação do estudante, ao ver a aplicação prática de seus novos conhecimentos. Os alunos ficam mais motivados ao verificarem a utilidade prática de seus novos conhecimentos na atividade produtiva ou criativa (NÚÑEZ, 2009). Os licenciandos de Química podem vislumbrar a aplicação da interpretação de gráficos cartesianos tanto em seu desempenho pessoal na resolução de problemas quanto como contribuição para o seu desenvolvimento profissional como professor da disciplina.

Apesar de não garantir que o aluno o aceite, na maioria das vezes o problema produz o desejo de encontrar a sua solução e conduz o estudante a tentar fazê-lo (TALÍZINA, 2009).

Segundo Núñez e Ramalho (2011), o ensino com situações problemas como meio para a motivação da aprendizagem exige o planejamento consequente e orientado de tarefas cognoscitivas para os estudantes. A tarefa transforma-se em um problema cognoscitivo, que deve satisfazer as seguintes condições:

- a) Apresentar uma dificuldade cognoscitiva para os estudantes, ou seja, que provoque reflexão sobre o problema objeto de estudo;

- b) Despertar o interesse cognoscitivo dos estudantes; e
- c) Basear-se na experiência anterior e no conhecimento dos estudantes.

Núñez (2009) assinala que metodologias diferenciadas de ensino e a inclusão dos alunos em um ambiente experimental também podem ser formas de aumentar seu interesse.

Uma atitude consciente em relação ao estudo apoia-se em sua necessidade, desejo e capacidade de estudar, os quais surgem no processo de realização real da atividade de aprendizagem (DAVIDOV, 1988).

É fundamental considerar que essa motivação não se encerra nos momentos iniciais da formação da habilidade e deve ser conservada por todo o processo de aprendizagem.

4.3.1.2 Etapa de estabelecimento da Base Orientadora da Ação (B.O.A.)

Ao estudar a formação de ações mentais e dos conceitos, Galperin (2001e) afirmou que este processo de formação está determinado pelo caráter da parte orientadora da ação. Segundo ele, ter concluído isso os levou a mudar o enfoque de suas investigações e a questionar-se, não como se forma a nova ação durante a solução de problemas de mesmo gênero, mas a se perguntar quais são as condições necessárias para que a nova ação possa ser executada de forma rápida e correta.

Galperin (2001c) esclarece que, desde o início da aprendizagem, a nova ação é planejada e explicada. Com isso, se forma uma representação não somente do conteúdo da ação e de seu produto, mas daquilo que pode servir como suporte para sua correta execução. A representação antecipada da tarefa, assim como o sistema de operações necessário para a sua resolução, formam o plano da futura ação, a base para sua direção.

No momento de orientação, deve garantir-se ao estudante a compreensão da composição operacional da habilidade de interpretar gráficos cartesianos, da sua lógica interna, assim como a possibilidade de ele exercer o controle objetivo do cumprimento de cada uma das operações que formam parte da atividade que a constrói e realiza (NÚÑEZ, 2009).

A parte orientadora é a instância diretiva e, basicamente, depende dela a qualidade da execução. Se considerarmos o conjunto de situações onde esta ação deve ser aplicada, elas sinalizam o conjunto de exigências para a ação que se está formando, assim como o conjunto de propriedades que respondem a estas exigências e que estão sujeitas à formação (GALPERIN, 2001f).

Durante essa etapa, os estudantes conhecem a nova atividade e os conhecimentos que se incluem nela. Nesse momento, é importante não somente comentar com os estudantes acerca de como devem solucionar as tarefas, mas mostrar o processo de solução. Isso significa que é necessário identificar o sistema de operações que caracteriza a habilidade e mostrar como estabelecer a presença, ou não, do sistema identificado (TALÍZINA, 2009).

Nessa etapa, inicia-se o processo de compreensão com as condições concretas da ação e sua representação através de um modelo do sistema de operações apropriado à assimilação do conceito. Essa etapa da formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos corresponde ao momento em que os licenciandos organizarão, sob orientação do professor, a Base Orientadora da Ação (etapa da BOA) que, para Galperin, é um elemento que determina para o sucesso do processo de assimilação.

Para Galperin (1986), a base orientadora da ação se constitui no modelo da atividade, ou seja, um projeto de ação que reflita todas as partes estruturais e funcionais da atividade (orientação, execução e controle).

Essa etapa deve ser formada em um processo de construção do conhecimento, de modo que os licenciandos possam estabelecer juntos com o professor, o modelo da atividade que desempenharão. O licenciando terá em mãos a orientação necessária para a interpretação de gráficos cartesianos, as condições para a realização da atividade, as ações que ela comprehende, os meios de controle e conhecerá, nessa etapa, os limites de aplicações da atividade. Segundo Talízina (1988), essa etapa está direcionada à construção correta e racional de uma das possíveis formas de resolver a tarefa.

A orientação para a concepção da ação fundamenta-se em um conjunto de operações para a ação ser desenvolvida em certa ordem, correspondendo a determinadas regras. Dessa maneira, toda ação é realizada por meio de uma orientação denominada por Galperin (1986) de base orientadora da ação (B.O.A.).

De acordo com Núñez e Ramalho (2010, p. 13), nessa etapa, apresenta-se:

a diversidade dos processos e, sobre a base dos conceitos fundamentais e de análise da solução dos casos particulares, constitui-se uma metodologia geral ou invariante da habilidade que permite resolver esses casos. A metodologia expressa as ações necessárias a serem realizadas para a resolução de todas as tarefas dentro dos limites de generalização e, é materializada (modelizada) nos chamados cartões de estudo.

Para a determinação desse invariante da habilidade, realiza-se uma detalhada avaliação e seleção das operações que compõem a habilidade estudada e, para sua assimilação,

incluímos somente aquelas que são fundamentais para a formação da habilidade, no grau adequado, de acordo com o nível dos estudantes (GALPERIN, 2001b).

A parte orientadora da formação garante não só a execução correta da ação, mas também a escolha racional de uma das possíveis execuções. O licenciando, realizando a parte orientadora da ação, apoia-se na B.O.A. Evidentemente, o êxito da parte orientadora depende, antes de tudo, do conteúdo da base orientadora (TALÍZINA, 2009).

Para Talízina (1987), a base orientadora da ação (B.O.A.) pode ser diferenciada pelas seguintes características: caráter generalizado, plenitude e modo de obtenção. Em relação ao caráter generalizado, a B.O.A. pode modelar-se como uma generalização empírica ou teórica; quanto à plenitude, ela pode ser completa (possuir todo o sistema de operações) ou incompleta (ter o mínimo de condições para o êxito da ação); quanto ao modo de obtenção, ela pode ser preparada pelo sujeito da aprendizagem, mas também pode ser proposta já pronta. A elaboração da base orientadora da ação pode ocorrer de duas formas: mediante ensaio e erro ou mediante a aplicação consciente.

Talízina (2009) apresenta em seus estudos quatro tipos comprovados experimentalmente de bases orientadoras da ação, podendo-se chegar, teoricamente, a partir de combinações de suas características a oito possibilidades.

Galperin (2001e) afirma que, dos resultados de suas investigações, conclui-se que, em termos gerais, as formas de orientação podem ser classificadas em três tipos fundamentais. Se o aluno não pode formar uma imagem orientadora completa da nova ação e o professor não pode ajudá-lo, essa imagem será incompleta e obtém-se o primeiro tipo de orientação. Se o professor entrega ao estudante a base orientadora completa da ação e demanda-lhe uma intensa investigação da mesma, então se obtém o segundo tipo de orientação. Por fim, se o aluno constrói uma imagem orientadora completa de maneira individual, obtém-se, assim, o terceiro tipo de orientação. Esses três tipos podem ser mais bem detalhados como:

- a) **B.O.A. I** – considerada por Galperin como uma composição incompleta da orientação, por ser representada de maneira particular e possuir um grau de transferência de conhecimentos limitado. Em geral, a base orientadora da ação nova ação não é indicada ou indica-se de maneira insuficiente. A orientação do sujeito transcorre por meio de indicadores isolados e é frágil e incoerente. A análise da situação que se realiza é superficial e resumida e a execução da ação é impulsiva e imprecisa. As tarefas exigem operações semelhantes para execução e têm um caráter de tentativa e erro. A ação adquire precisão significativa e

facilidade de execução apenas em condições invariáveis. Em situações variáveis, se torna sensível e passa a exigir realizações diferentes e tentativas sucessivas.

- b) **B.O.A. II** – tipo de orientação característico do ensino tradicional, na qual todas as condições necessárias para o cumprimento de uma ação são fornecidas de forma acabada ao aluno, explicando suas conexões e relações, o significado dos pontos de apoio e o modo de execução da ação. O processo de formação da ação ocorre de maneira mais rápida que na B.O.A. I e, de outra forma, os erros são causais e não significativos, a melhoria dispõe-se no decaimento progressivo da divisão das operações, por uma facilidade crescente e pela rapidez da ação. Porém, essas condições são particulares, ou seja, úteis para a orientação apenas em casos particulares. A transferência a novas situações está condicionada em sua maioria (não exclusivamente) à presença de elementos idênticos aos dados durante o processo de formação.

As vantagens da aprendizagem por meio do segundo tipo de orientação em comparação com o primeiro são evidentes e significativas, sobretudo quando o trabalho está limitado à assimilação de diversas tarefas. Entretanto, no ensino escolar, as tarefas, em geral, referem-se a um determinado campo e formam uma série mais ou menos extensa. Quanto a esta série, existe uma insuficiência básica na aprendizagem através do segundo tipo: para cada tarefa nova, a base orientadora da ação deve ser determinada novamente de forma empírica (GALPERIN, 2001f, p. 71). Essa deficiência da B.O.A. II gerou um novo problema, ensinar a habilidade de formar a base orientadora completa para as novas tarefas, pelo menos de uma determinada área. Como resultado dessa indagação, estabeleceu-se a B.O.A. III.

- c) **B.O.A. III** – diferencia-se das demais, inicialmente, por atribuir ao estudante, sob a orientação do professor, a análise e elaboração da orientação completa da ação. Esse tipo de análise pressupõe a orientação do estudante, não a partir de qualquer tarefa particular, mas mediada pelas propriedades essenciais para qualquer objeto daquela atividade (habilidade). A ação é executada desde o princípio de forma correta e a assimilação transcorre também sem erros. Orienta o estudante tendo em vista uma generalização teórica, na qual está inseria a essência da atividade (invariante), que permite a transferência da atividade dentro de seus limites de aplicação. Sendo assim, a ação é aplicável a qualquer situação que esteja no domínio da mesma generalização. Tal orientação contribui para a apropriação de

conhecimentos baseada em esquemas gerais, servindo de fundamento para o desenvolvimento da atividade.

A B.O.A. do tipo III caracteriza-se por ser completa, generalizada e independente. Esse tipo de orientação se constitui num procedimento generalizado para a solução de uma ampla classe de tarefas do mesmo tipo, o qual contribui para o desenvolvimento do pensamento teórico dos futuros docentes. Dessa forma, os estudantes aprendem a buscar princípios gerais de solução de tarefas análogas, com possibilidades de transferência, dirigindo-se a distintas fontes de conhecimentos. (NÚÑEZ; GONZÁLEZ, 1996b).

Algumas pesquisas (SÁLMINA, 1988; RESHETOVA, 1989; TALÍZINA, 1968) demonstraram as vantagens de se trabalhar com a base orientadora da ação do tipo III. Entre esses benefícios, podemos citar:

- a) Oferece grandes possibilidades para o trabalho independente;
- b) Tem caráter generalizado – é mais produtiva;
- c) Estabelece uma nova forma de armazenamento da informação, ao invés de diversos casos particulares, com métodos particulares de análise, o aluno assimila um método comum a partir de casos particulares – determina o invariante da atividade;
- d) É uma orientação teórica, podendo penetrar na essência dos fatos;
- e) Garante uma generalização apropriada dos conteúdos;
- f) É rápida, acarreta poucos erros, é estável e possibilita uma maior transferência dos conteúdo a situações novas; e
- g) Economiza o tempo necessário para a aprendizagem.

Na B.O.A., a habilidade de interpretar gráficos cartesianos é representada em um esquema que inclui todos os elementos necessários para a realização das ações, uma vez que, para a elaboração do *modelo da atividade*, deve-se planejar a atividade por meio do sistema de operações da ação. No esquema, é necessário introduzir não somente o sistema de características necessárias e suficientes para a interpretação de gráficos desse tipo, mas também o sistema de operações que conforma o tipo de atividade a ser realizada com o conceito.

Em nosso estudo, utilizaremos como modelo de orientação a B.O.A. tipo III que, segundo Núñez (2012), é um esquema de ação (modelo da atividade) que permite responder a

um grupo de problemas propostos pelas situações dentro dos limites de generalização. Apresenta a invariante da habilidade, protótipo ou modelo que caracteriza a predominância de um ou outro tipo de gênero discursivo, enquanto sua finalidade comunicativa. A B.O.A. tipo III expressa o que é essencial para a interpretação de um gráfico cartesiano. A invariante pode ser considerada como a estrutura operacional da habilidade em questão, que é um encadeamento de operações identificáveis funcionalmente. É definida com um alto grau de generalização e de abstração.

Apesar de indicada como tipo de orientação para formação de um grande conjunto de habilidades, a B.O.A. do tipo III tem limitações, pois, segundo Tijomirov (1986), é impossível de ser usada quando se trata de solucionar tarefas muito complexas, para as quais a solução exige uma orientação incompleta, específica para a nova tarefa e que exige o pensamento criativo.

O *modelo da atividade*, representado em um *cartão de estudo*, permite individualizar o processo, já que cada licenciando pode contar com esse apoio externo para a interpretação dos gráficos cartesianos. Por conter o essencial da B.O.A., ele permite que o estudante aplique o procedimento em formação sem havê-lo aprendido de memória antes.

Em relação à *materialização do modelo da atividade (cartão de estudo)*, González (1989) afirma que:

- a) por ser um meio de materialização do objeto de assimilação, constitui-se em uma via que dá resultado muito eficiente para se trabalhar a forma inicial, materializada;
- b) permite assegurar-se a fase de trabalho compartilhada (com a ajuda de outros), sem que o processo que cada licenciando segue perca sua individualidade;
- c) permite a redução da ação, planejando-se por sua vez, modelos nos quais as ações são trabalhadas ampliadas e modelo nos quais as ações se apresentam reduzidas; e
- d) por sua vez, através de sua redução e eliminação, permite o trânsito entre as etapas com um maior nível de independência por parte do estudante.

A grande vantagem da B.O.A. III consiste no fato de que ela libera o estudante da necessidade de estudar cada fenômeno particular da interpretação de gráfico cartesiano. Praticamente, isso significa um passo para um novo meio de processamento da informação: no lugar de muitos dados particulares, com métodos particulares para sua análise, proporciona-se um método único. Este é adquirido com alguns casos particulares (e estes devem ser tantos quantos necessários para a assimilação do método dado). Posteriormente, o

licenciando constrói, com a ajuda deste método, qualquer procedimento particular do sistema dado de maneira independente (TALÍZINA, 2009).

Segundo Núñez e Ramalho (2013), nesta etapa de construção da B.O.A., o professor deve centrar menos atenção na execução das ações dos alunos e mais na construção e compreensão por eles dos conhecimentos e da B.O.A.

A utilização do método de elaboração conjunta tem caráter de método principal nesta etapa, mas não impede que se use também em alguns momentos o método explicativo, caso necessário. As tarefas apresentadas nesta etapa são orientadas à construção da orientação geral (B.O.A.) (NÚÑEZ; RAMALHO, 2013, p. 15).

Uma vez que se reconhece que a assimilação tem lugar somente na ação, pode-se incluir na estrutura da habilidade só aquelas operações que participam, ou seja, que utilizamos na ação. É necessário demonstrar que, em problemas diferentes, um mesmo elemento pode ter um papel diferente, então, é necessário elaborar esta ideia como uma tarefa particular e na qualidade de definição do conceito dado (GALPERIN, 2001b).

4.3.1.3 Etapa da formação da habilidade no plano material e materializado

Nessa etapa, a atividade ocorre entre os estudantes, ou seja, inicia-se a execução da atividade no plano interpsicológico – o processo de internalização do conteúdo, ou seja, da habilidade que leva à apropriação dos conceitos. Os estudantes cumprem a ação, porém na forma material ou materializada externa com o detalhamento de todas as operações que formam a habilidade. Essa etapa permite aos estudantes assimilarem o conteúdo da ação e ao professor, realizar o controle objetivo do cumprimento de cada uma das operações que formam a ação (TALÍZINA, 1988).

A diferença da ação no plano material ou materializado não está na estrutura operacional, mas no modo de representação do objeto de estudo. No plano material, serve de objeto de estudo o próprio objeto, enquanto, no plano materializado, serve o seu substituto, o modelo ou uma representação, que contém os aspectos essenciais do objeto de assimilação (NÚÑEZ, 2009).

Ainda nessa etapa, a formação da ação é realizada por intermédio de objetos materiais ou suas representações e designações escritas (objetos materializados – representação do objeto real) e com ajuda do *modelo de atividade*, na forma de um *cartão de estudo*, com as condições concretas da ação. As ações se realizam com operações e em cada uma delas a

orientação e o controle efetuam-se de acordo com o conteúdo e não apenas o resultado (GALPERIN, 2001a).

Em nosso estudo, essa etapa será operacionalizada no plano material e no materializado, uma vez que os gráficos utilizados nas tarefas são o próprio objeto a ser interpretado e o *modelo da atividade* representa a materialização das operações a serem realizadas para essa interpretação. Esse modelo, na forma de *cartão de estudo*, deve representar somente o que reflete a essência do conteúdo e da atividade ou ação que se deseja realizar, levando-se em consideração a idade do estudante, a fim de que sua atenção não seja desviada para aspectos não essenciais.

Os licenciandos resolvem as tarefas em duplas, de modo que posam se ajudar mutuamente durante o processo de execução das tarefas selecionadas. Enquanto um dos estudantes resolve sua tarefa, o outro acompanha (controla) o processo verificando se ele está obedecendo fielmente às operações previstas no *cartão de estudo*. Em caso contrário, o que está controlando deve intervir orientando o processo. A utilização dos *cartões de estudo* como representação materializada da interpretação de gráficos cartesianos assegura uma fase de trabalho compartilhado (em duplas), sem que seja desprezada a individualidade de cada estudante. O licenciando não precisa memorizar o conteúdo do *cartão de estudo*, ele vai assimilando-o à medida que o utiliza na solução das várias tarefas.

De acordo com Núñez e Ramalho (2013), o *cartão de estudo* permite individualizar o processo, já que cada aluno pode contar com esse apoio para realizar a atividade. No trabalho dos licenciandos de Química, durante essa etapa, solicita-se também a justificativa, argumentação e/ou explicação oral das ações. A utilização dos *cartões de estudo* como forma de materialização para o trabalho nessa etapa garante a fase de trabalho compartilhado, sem que se perca a individualidade. O licenciando não precisa memorizar o conteúdo (sistema de operações), mas assimilá-lo ao tempo em que o utiliza na solução das diferentes tarefas. Segundo Sálmina (1987), os *catões de estudo* permitem, ainda, a redução da ação, ao passar de cartões com maior grau de detalhes a cartões menos detalhados, contribuindo assim para maior independência do aluno (SÁLMINA, 1987).

Cada licenciando começa a realizar a ação no plano externo, de forma detalhada e executando todas as operações que pertencem à composição da ação de interpretar gráficos cartesianos. O licenciando executa a ação e o seu parceiro controla o cumprimento de cada uma das operações para a interpretação dos gráficos cartesianos. O professor tem o papel de acompanhar o desenvolvimento das duplas e verificar o cumprimento do modelo da atividade e, se necessário, orientar e controlar diretamente os estudantes.

Durante a execução dessa etapa, o licenciando ainda não interpreta o gráfico em nível mental ou subordina suas ações a tarefas exclusivamente expressas verbalmente, embora possa atuar em um plano material ou materializado. É necessário incluir na B.O.A. tarefas que reflitam os casos típicos da aplicação da atividade para garantir sua generalização e evitar que, nesse momento, o aluno possa ser conduzido a uma automatização prematura (GALPERIN, 2001c).

De acordo com Galperin (2001a), essa etapa inicia-se com o modelo da atividade com todas as operações para realizar a ação, descritas o mais detalhadamente possível, para que o licenciando perceba de maneira clara e objetiva a lógica do conteúdo concreto da ação. Após o estudante ter assimilado suficientemente o processo detalhado da interpretação de um gráfico cartesiano, as operações começam a ser retiradas e passa-se a utilizar cartões mais abreviados.

Na generalização da ação e aplicação de todos os tipos de tarefas que estão previstas, as diferenças entre os tipos de tarefas tem uma importância fundamental e não simplesmente sua variedade. Galperin (2001a) distingue três tipos de materiais diferentes:

- a) O material lógico de caráter geral, que tem uma composição completa, excessiva e incompleta de condições e a combinação de sobras de algumas condições com as insuficiências de outras;
- b) O material psicológico com divergência e coincidência de traços evidentes e características conceituais (em diferentes combinações);
- c) O material objetivo-especial, no qual a habilidade que se estuda tem se expressado em diferentes fenômenos e meios do material dado.

4.3.1.4 Etapa da formação da habilidade no plano da linguagem externa

Na etapa da linguagem, a ação é um relato (fala) sobre a ação sem nenhum tipo de apoio material e sem que participe diretamente nela os objetos. Essa etapa estrutura-se como um reflexo verbal exato da ação realizada com o objeto ao qual o estudante se refere todo o tempo e se esforça por representá-lo (GALPERIN, 2001c).

Para Núñez (2009), a codificação, em forma de conceito, do conteúdo da ação material e sua transformação na forma verbal possibilita que as expressões orais tenham um conteúdo essencial e não formal, evitando o verbalismo ou formalismo dos conhecimentos.

Na etapa da linguagem a ação altera radicalmente sua forma: de transformação das coisas, converte-se em raciocínio acerca dela. Esse raciocínio forma-se sob o controle do

professor e, de acordo com suas exigências, o licenciando começa a enfocar sua ação com estas mesmas exigências.

Nessa etapa, os licenciandos permanecem em dupla, mas retira-se o apoio externo (*cartão de estudo*) e trabalha-se utilizando a linguagem externa (oral ou escrita). Os estudantes verbalizam seus conhecimentos e o processo de solução das tarefas, isto é, enquanto interpretam os gráficos cartesianos os licenciando vão pronunciando em voz alta os procedimentos que executam e a resposta encontrada. Nesse momento, eles devem redefinir a compreensão dos conceitos e procedimentos em diferentes situações, articulando seu pensamento enquanto resolvem os problemas, ao assumirem a posição de críticos ou monitores na atividade em dupla. Utilizam-se tarefas com os mesmos tipos de gráficos cartesianos utilizados nas etapas anteriores, porém com novas possibilidades de uso da linguagem. O licenciando raciocina sobre a atividade, executando-a segundo o sistema de operações determinado (B.O.A.), de maneira detalhada, sendo cada operação orientada e controlada de acordo com o conteúdo e não somente com o resultado.

A ação vai se transformando em uma ação teórica, fundamentada em palavras e conceitos verbais. O estudante pode repensar sua compreensão dos conceitos e procedimentos quando resolve um problema ou ao assumir o lugar de crítico ou de monitor na atividade em grupo (NÚÑEZ, 2009). Apesar de não utilizar mais o *cartão de estudo* as tarefas continuam sendo resolvidas em dupla e cada licenciando controla a argumentação verbal da realização das operações pelo outro e intervém quando for necessário. O professor tem a função de controlar o desenvolvimento do processo de modo a intervir caso o estudante da dupla que controla a resolução da tarefa não acompanhar corretamente a execução da etapa ou surgir dúvida em ambos os estudantes da dupla. A orientação do professor buscará corrigir as falhas do processo, no processo de modo a garantir a aprendizagem.

Na etapa da linguagem externa, a linguagem transforma-se em portadora de todo o processo: tanto da tarefa como da ação. Por esse processo, o licenciando deve guiar-se não somente no conteúdo do objeto, mas também na expressão verbal, evitando o formalismo das ações verbais. Os símbolos, os sinais, contraem novos significados compartilhados, na medida em que vão sendo assimilados na atividade produtiva conjunta (GALPERIN, 2001a).

Para a interpretação dos gráficos cartesianos, os licenciandos pronunciam cada uma das operações que executam, procurando ao máximo seguir os procedimentos que estavam previstos no *cartão de estudo*.

A teoria de Galperin considera a palavra como o instrumento fundamental da internalização, no sentido dado por Vygotsky (1989). Isso permite separar da ação a imagem e

a operação, sustentando-as pelos próprios movimentos linguísticos do aluno. Os sinais possuem a princípio uma forma externa, material, e, logo, interiorizam-se, fazendo-se internos, ideais.

A utilização da oralidade tem uma funcionalidade no processo de aprendizagem: é uma maneira de se pensar em voz alta, auxiliando a descrição do objeto ou do processo e, ao se estabelecerem relações no decorrer da atividade, começa-se a alcançar o caráter teórico, embora ainda não existindo acessibilidade à observação exterior (TALÍZINA, 1968). A linguagem, como atividade, articula a imagem mental à organização conceitual (GALPERIN, 1986, 2001a; TALÍZINA, 1987; NÚÑEZ, 2009).

É importante salientar que a passagem da ação ao plano verbal significa não a habilidade de comentar acerca de como tem que agir, mas sim a habilidade para realizar a ação na forma verbal (TALÍZINA, 2009).

Argumentar as ações durante sua execução permite o desenvolvimento de estratégias metacognitivas (NÚÑEZ e RAMALHO, 2011). Sendo assim, o licenciando vai se conscientizando dos procedimentos que usa, o porquê são estes e não outros, sobre como se estabelecem e aplicam os conceitos, sobre seus êxitos e erros na formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos. Como afirmam os autores, quando o estudante compara a atividade que realiza com a orientação da B.O.A., ele aprende a regular suas ações e possibilita formar um tipo de controle interno, isto é, aprende a aprender.

Em relação aos indicadores qualitativos na formação da habilidade, Galperin (2001a, p. 90) aponta que a execução da ação com sua generalização simultânea e sistemática, garante a possibilidade de destacar as relações essenciais da tarefa, a orientação em relação a elas e, consequentemente, o caráter fundamentado na ação. A exercitação desta ação na “linguagem oral sem objetos”, a linguagem que responde às exigências de plenitude e precisão, necessárias para sua compreensão, garante o caráter consciente da ação. A regulação da medida de assimilação permite prevenir a automatização das formas intermediárias da ação e alcançar a automatização desejada para sua forma final.

Nessa etapa, segundo Galperin (2001c), três mudanças essenciais são produzidas:

- a) A ação verbal estrutura-se não somente como um reflexo real da ação realizada com o objeto, mas também como uma forma de comunicação, subordinada às exigências da compreensão e o sentido específico que deve ter para as outras pessoas e, consequentemente, como um fenômeno da consciência social. Na etapa anterior (material e materializada), a ação também se refletia na consciência e

objetivamente também era social, pois se apoiava na presença dos objetos e só em conjunto com eles entrava na consciência. Agora, considera-se o conteúdo da ação com os objetos, porém a ação é executada no plano da linguagem cujo conteúdo deve ter para todas as pessoas um significado único, portanto, objetivo.

- b) Agora a habilidade é constituída na base da ação e isso elimina a limitante principal da ação com os objetos. Sua forma verbal se apresenta com uma realidade material nova e estável.
- c) A terceira mudança processa-se depois de que a forma verbal da ação é bem assimilada e esta novamente se submete a uma redução consecutiva e se transforma em uma “ação por fórmula” e, se esta ação foi ensinada corretamente, o conteúdo da ação com o objeto se faz consciente, porém já não se executa.

De acordo com Galperin (2001c), na passagem da etapa da linguagem externa para a próxima etapa (mental), surge uma nova etapa que ele denomina de *linguagem para si*. Nessa fase, a tarefa de comunicação é substituída pela tarefa da reflexão e a *fala para si* converte-se em um meio não de transmissão do pensamento a outro, mas sim na transformação do mesmo em um objeto para uma melhor análise. Explica Galperin que

quando refletimos sobre um pensamento, nos referimos não ao aspecto sonoro, sim ao conteúdo mental. A atenção passa ao conteúdo do conceito (**ou ao sistema de operações da habilidade**) e o aspecto sonoro da formulação verbal se reduz na medida do possível (GALPERIN, 2001c, p. 50, destaque acrescentado por nós).

Na etapa material e materializada, o conteúdo se reduziu consideravelmente. Na etapa da linguagem externa, o processo de redução conduz a uma ação de acordo a uma fórmula. Na etapa da linguagem para si, também começa a reduzir-se o aspecto verbal da fórmula e, ao final, origina-se o ato independente em toda sua aparente contraposição à ação concreta com objetos e cuja ultima forma representa a ação.

Em suas investigações quanto ao controle do processo de formação por meio da teoria de Galperin, Talízina (1988) formulou as seguintes demandas:

1. Nas primeiras etapas do processo de assimilação, o controle deve ser por operações.
2. No início da etapa material ou materializada e da etapa verbal externa, o controle na forma externa deve ser sistemático, de toda tarefa resolvida.
3. Ao final dessas duas etapas, assim como nas etapas seguintes, esse controle deve ser episódico e a pedido do estudante.

4. O modo como se realiza o controle, ou seja, quem controla, não tem grande importância para a qualidade da assimilação. De mesmo modo, a novidade do modo de controle, assim como as condições de emulação (controle mútuo no trabalho em dupla dos estudantes) contribuem para a criação de uma motivação de estudo positiva.

4.3.1.5 Etapa da formação da habilidade no plano mental

A forma mental é uma forma superior, embora, por sua origem, derive da forma material, inicial. A forma mental da ação significa que a ação se realiza “para si”, seus elementos estruturais são as representações, os conceitos, as operações que se realizam “para si” (GALPERIN, 2001a).

Nesta última etapa da formação, os licenciandos não realizam a ação de forma detalhada em todo o sistema de operações. Ao final dessa etapa, eles já a têm formada mentalmente, transformando-a, como resultado desse processo, em fala interna, na qual se formam as imagens e as ações adequadas a elas. Nesse estágio, os estudantes operam no que Galperin denomina de plano mental.

Galperin (2001c) explica que as diferentes formas por meio das quais passa a ação, desde suas primeiras realizações externas até a forma mental final, não se eliminam; mantêm-se e formam os degraus de uma escada que une sua base com a parte superior. Uma ação material fundamentada une-se com o ato do pensamento acerca da ação, o material pensado com o pensamento do material.

Segundo Galperin:

Esta escada de uma mesma ação abre a possibilidade de mover-se em sentido inverso, ou seja, de um plano abstrato e interno a uma ação externa e material. E esse movimento realizado através de uma série de elementos intermediários da ação assimilada, integra o verdadeiro conteúdo e o aspecto objetivo de seu caráter consciente (GALPERIN, 2001c, p. 51).

De acordo com as contribuições de Talízina (1987), a possibilidade de cumprimento da ação completamente na forma mental significa que a ação recorreu ao caminho da interiorização, convertendo-se de externa em interna.

Na etapa mental, a tarefa é solucionada de forma independente. Utilizam-se os mesmos tipos de tarefas, porém dando-se ênfase a exercícios de maior complexidade, que impliquem a transferência do conhecimento para novas situações. Os licenciandos interpretam

os gráficos cartesianos sem o auxílio do *cartão de estudo*, do companheiro, do professor ou da linguagem falada, apenas em seu plano mental, como produto do pensamento.

A ação, nesse instante, tem uma base de articulação expressa, em forma de linguagem externa para o próprio indivíduo. É uma ação interna, entretanto direcionada ao exterior (a si mesmo ou a outra pessoa).

Para Talízina (1988), na etapa da formação da ação no plano mental, esta adquire um desenvolvimento rápido e automatizado. É o ato do pensamento: o processo acontece na mente e sua execução dá-se de forma correta. Essa etapa desenvolve-se após o licenciando percorrer todo o caminho da internalização. A ação do estudante é do tipo de realização interna, para si, usando os elementos estruturais, como as representações, os conceitos e as operações internas, para a realização da atividade (GALPERIN, 1986; TALÍZINA, 1988; NÚÑEZ, 2009).

Sinteticamente, a formação por etapas das ações mentais relaciona a atividade psíquica com a atividade externa, de objeto, material. Representa a chave não somente para compreender os fenômenos psíquicos, mas também para dominá-los na prática (GALPERIN, 1959).

É possível que não seja necessário passar por todas as etapas, quando em um ciclo de ensino se encadeiam muitos conteúdos que se associam posteriormente a outros dos quais são componentes particulares. São os conhecimentos mais gerais que respondem à formação de atividades gerais e que devem passar pelas etapas mencionadas (GONZÁLEZ, 1989).

Em resumo, o processo de assimilação da atividade em um ciclo formativo se desenvolve segundo o esquema proposto por Núñez (2009) e apresentado no Quadro 5:

MOTIVACIONAL	B.O.A.	AÇÃO MATERIAL	LINGUAGEM EXTERNA	MENTAL
FORMA EXTERNA			→	FORMA INTERNA
COMPARTILHADA			→	INDEPENDENTE
NÃO GENERALIZADA			→	GENERALIZADA
DETALHADA			→	REDUZIDA

Quadro 5 – Processo de assimilação da atividade, segundo a *teoria da assimilação* de P. Ya. Galperin
Fonte: Núñez (2009, p. 125)

O trânsito das ações por essas etapas garante a transformação de ações externas, com a orientação e controle do professor, em ações internas, reduzidas, independentes e generalizadas, desenvolvendo o pensamento teórico nos futuros professores de Química.

Dessa forma, em um tempo menor, o licenciando pode construir e assimilar um procedimento racional para a solução de tarefas.

As principais etapas nas quais se realiza a ação representam os níveis sucessivos da transformação do fenômeno objetivo em algo cada vez mais próprio, que, durante o processo de execução, depende cada vez mais só de nós. Na etapa material e materializada, dependemos da presença do objeto externo; na etapa da linguagem, das demandas de outras pessoas sobre o conteúdo e a forma de comunicação e, somente na etapa mental, havendo assimilado o conteúdo objetivo da tarefa e seu reflexo na linguagem, o sujeito transforma-se em amo absoluto do material estudado, assimilando-o completamente (GALPERIN, 2001b).

A passagem pelas etapas de assimilação não ocorre de maneira uniforme, no sentido de todos os licenciandos atingirem, ao mesmo tempo, as mesmas metas. Como esclarece Talízina (1988), alguns estudantes podem estar mais adiantados que outros. Uns precisam permanecer em uma etapa anterior, enquanto outros podem avançar à etapa seguinte. Com relação à organização do processo, é adequado dar a possibilidade de executar a tempo a próxima etapa ou, pelo contrário, retardar a nova etapa. Essas situações estão sujeitas a vários fatores e são circunstanciais à dinâmica da aprendizagem em grupo, mas é importante considerar o ritmo de aprendizagem dos licenciandos assim como evitar atrasos desnecessários no andamento das etapas de assimilação.

Galperin (2001b), alerta para o fato da não linearidade das etapas de sua teoria, quando aponta que nem toda ação deve passar por essas etapas, mas apenas a parte nova. As operações que já foram assimiladas numa experiência anterior podem ser executadas ao nível das habilidades já adquiridas. Desse modo, atualiza-se ou forma-se apenas naquilo que o licenciando precisa elevar o grau de desenvolvimento de seus conhecimentos ou assimilar como novo.

5 PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA

A estratégia metodológica utilizada neste estudo propôs-se a organizar e sistematizar a investigação sobre o processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos, tomando-se como ponto de partida a Tese deste pesquisador: A formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos como parte do conhecimento profissional, desenvolvida por meio de um Sistema Didático que toma como referência as etapas da *teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos* de P. Ya. Galperin, constitui-se como um processo de aprendizagem que garante a assimilação da orientação do sistema de operações ao nível mental, de forma sólida, com alto grau de generalização, independência e consciência e com alto poder de transferência a novos contextos..

Em função da natureza do objeto de estudo, denominamos nossa pesquisa como um Estudo de Caso de um grupo de licenciandos em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), quanto à formação destes na habilidade de interpretar gráficos cartesianos fundamentada na teoria de Galperin.

Segundo Martins (2008), o estudo de caso é uma estratégia metodológica aplicada para avaliar ou descrever situações dinâmicas em que o elemento humano está presente. De acordo com o autor, “busca-se apreender a totalidade de uma situação e, criativamente, descrever, compreender e interpretar a complexidade de um caso concreto, mediante um mergulho profundo e exaustivo em um objeto delimitado” (MARTINS, p. 11, 2008).

De acordo com Yin (2001), o Estudo de Caso é utilizado como ferramenta de investigação científica para compreender processos na complexidade social nas quais eles se manifestam, seja em situações-problema, para análise dos obstáculos, ou em situações bem sucedidas, para avaliação de modelos exemplares. Segundo o autor, a metodologia implica, em determinados casos, a existência de uma teoria prévia, que será testada no transcorrer da investigação, e admite em outros casos a construção de uma teoria a partir dos resultados da pesquisa.

Para Yin (2001), existem quatro casos típicos de Estudo de Caso: o caso único com enfoque holístico, o caso único com enfoque incorporado e os casos múltiplos com os mesmos enfoques. Quanto ao Estudo de Caso Único, no qual se enquadra nossa pesquisa, o autor indica quando este representa o caso decisivo para testar uma teoria bem formulada, seja para confirmá-la, seja para contestá-la, seja ainda para estender a teoria.

Quanto às principais vantagens de um Estudo de Caso, GIL (2010), cita:

- Estimula novas descobertas – sendo um tipo de pesquisa em que o planejamento é flexível, posto que, durante o trabalho de investigação, podem surgir novos rumos tão ou até mais importantes que o objeto inicial.
- Enfatiza a qualidade – devido ao aprofundamento do estudo em um problema particular, comumente este é percebido como um todo, evitando assim julgamentos fundamentados na ideologia do pesquisador.
- Simplicidade dos procedimentos – as técnicas de coleta e análise de dados são, na maioria das vezes, mais simples que as utilizadas em outros tipos de pesquisa, assim como os relatórios têm uma linguagem mais acessível.

Como principal desvantagem, Leite (2008) cita que a especificidade do estudo pode dificultar sua utilização em um âmbito maior. Fachin (2006) aponta também que quando utilizado por um pesquisador principiante, os resultados podem deter-se mais em considerações do que em conclusões.

Como característica do Estudo de Caso, nossa pesquisa é do tipo exploratória e de natureza qualitativa. De acordo com Leite (2008), a pesquisa exploratória, como o próprio nome sugere, explora algo novo, baseia-se no empirismo e seus resultados tem um grande valor, pois serve de base para outros estudos quando sua abordagem não possui bibliografia extensa.

A pesquisa qualitativa possui o poder de analisar os fenômenos com consideração de contexto. Para Leite (2008), ao contrário das pesquisas quantitativas, o método qualitativo se baseia em objetivos classificatórios, utilizando, de forma mais adequada, os valores culturais e a capacidade de reflexão dos indivíduos. Segundo o autor, uma investigação realizada sob essa visão “não peca por desconsiderar as causas e inter-relações sutis que possam permear-se entre a análise e as conclusões, desconsiderações essas que podem distorcer verdades entre o meio e o fim” (LEITE, p. 100, 2008).

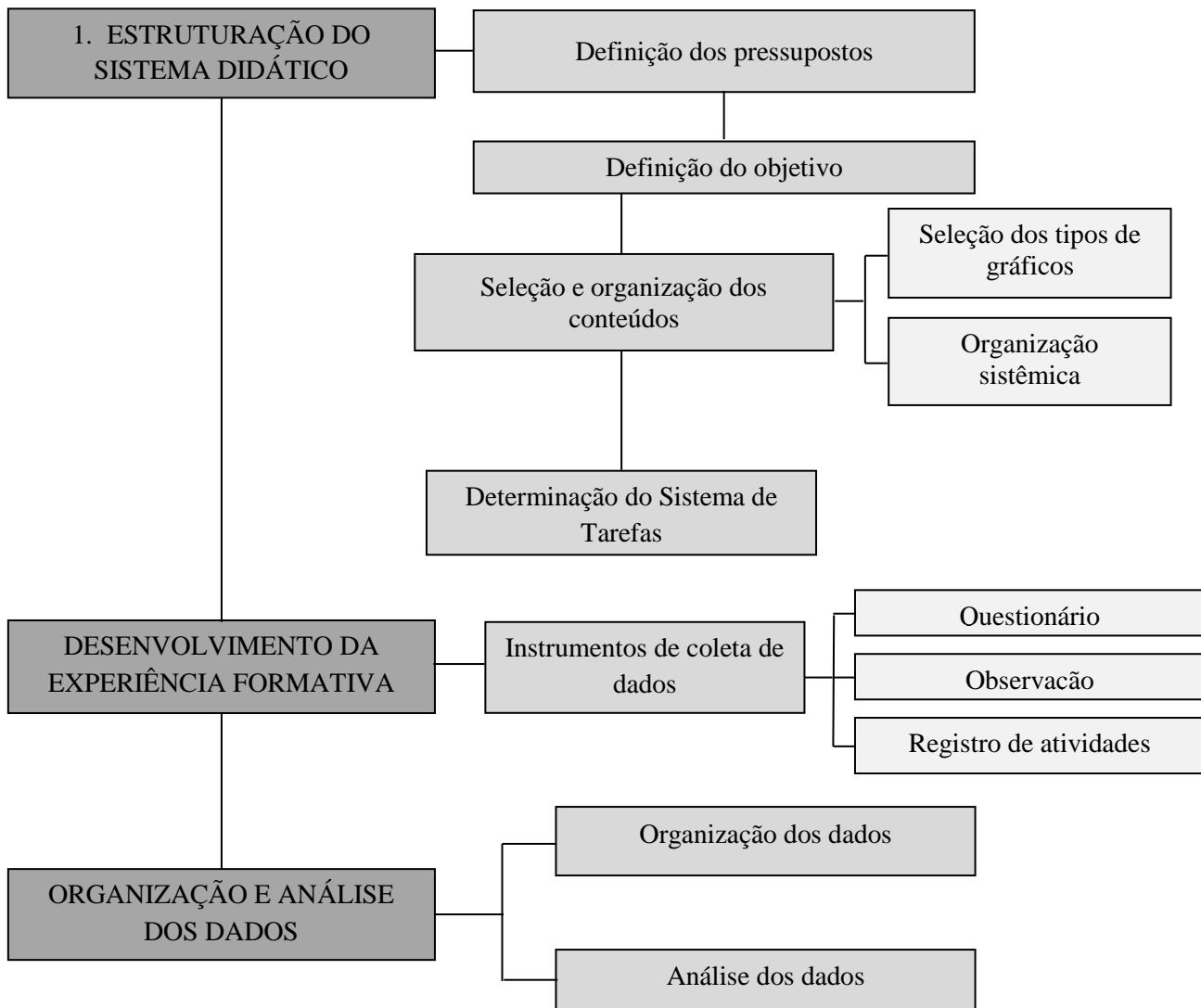
Para estudar o processo de formação da habilidade, foi organizado um Sistema Didático fundamentado na teoria de Galperin por meio do qual se analisou o grau de desenvolvimento da habilidade de um grupo de estudantes de Licenciatura em Química, antes, durante e depois do processo formativo.

O percurso metodológico da pesquisa, de acordo com os objetivos propostos para o estudo, organizou-se em três momentos:

- a) Estruturação do sistema didático;
- b) Desenvolvimento da experiência formativa; e

c) Organização e análise dos dados.

A organização da metodologia do estudo pode ser discriminada pelo Esquema 1, a seguir:



Esquema 1 – Estrutura metodológica da pesquisa

Embora essas etapas apresentem-se numa sequência, na prática não se efetivaram nessa linearidade, uma vez que, no desenvolvimento da formação da habilidade, foram replanejadas atividades e a análise dos dados, movimento necessário na tomada de decisões acerca da estruturação de um sistema didático e de um processo de aprendizagem dinâmicos cujo objeto e atores são seres humanos, socioculturalmente multideterminados.

5.1 Estruturação do Sistema Didático

O Sistema Didático proposto tem como objetivo organizar o processo formativo da habilidade de interpretar gráficos cartesianos fundamentado nas etapas de assimilação propostas ela teoria de Galperin.

5.1.1 Critérios para a definição dos pressupostos

Foram definidos como parte do Sistema Didático os pressupostos teórico-metodológicos que estruturam o trabalho e que consideram as categorias chaves da teoria de P. Ya. Galperin.

5.1.2 Critérios para a definição do objetivo

Partindo do pressuposto de que a aprendizagem é um tipo de atividade, o objetivo desta pesquisa foi formulado considerando a linguagem das ações que os licenciandos realizam ao interpretarem gráficos cartesianos, ou seja, como um tipo de atividade que conjuga a habilidade e os conceitos que serão assimilados.

O objetivo do trabalho foi definido segundo os critérios a seguir, discutidos por Núñez e Gonzalez (1996):

1. Definir o objetivo em termo de uma habilidade;
2. Definir o vínculo da habilidade com a atividade profissional;
3. Considerar o nível inicial do grau de desenvolvimento da habilidade dos licenciandos;
4. Considerar as limitações do sistema (tempo, condições materiais etc); e
5. Definir os critérios ou qualidades da atividade (habilidade).

5.1.3 Critérios para a seleção e organização dos conteúdos

Para a seleção dos tipos de gráficos cartesianos, objetos de estudo da Química do ensino médio e para os quais foi investigado o grau de generalização da habilidade de interpretá-los, foram analisados os livros didáticos de Química propostos pelo Ministério da Educação (MEC) no Programa Nacional do Livro Didático – PNLD (BRASIL, 2011) para o triênio 2012-2015.

Para a análise de cada uma das coleções dos livros do PNLD de Química, foi desenvolvido o seguinte procedimento:

- a. Atribuiu-se um código para cada coleção;
- b. Identificou-se em cada volume, de cada coleção, os gráficos cartesianos presentes nos textos e exercícios;
- c. Colocou-se cada gráfico identificado em uma base de dados;
- d. Procurou-se identificar a tipologia dos gráficos e a frequência com que apareciam nas coleções;
- e. A partir dos dados identificados, organizou-se duas tabelas: tipos de gráficos e relação de grandezas.
- f. Os dados das tabelas possibilitaram a definição dos tipos de gráficos que deveriam ser utilizados nas tarefas, delimitando o grau de generalização.

5.1.4 Critérios para organização dos gráficos cartesianos como objeto da assimilação

Para estabelecer a estrutura funcional da invariante conceitual que serve de base para a sistematização do conteúdo e para a organização do Sistema Didático, foi utilizado o Método Teórico da Atividade, desenvolvido por N. F. Talízina (1988).

Segundo Núñez (2009), o Método Teórico da Atividade tem como finalidade encontrar a invariante na diversidade de procedimentos para interpretar gráficos cartesianos, analisando, em cada caso, os componentes estruturais da atividade definidos por Leontiev (1989), quais sejam: o objeto, o motivo, o objetivo, o sistema de operações, os meios, as condições de realização e o produto. A aplicação do método teórico a esse estudo considerou as seguintes etapas:

- a) Levantamento, na literatura, da diversidade de metodologias discutidas para interpretar gráficos cartesianos em diferentes disciplinas na área das Ciências Naturais;
- b) Identificação, nessa diversidade, dos casos típicos para análise;
- c) Análise estrutural de cada metodologia de interpretar gráficos, segundo os componentes da atividade; e
- d) Identificação da invariante dos procedimentos para interpretar gráficos cartesianos.

Uma vez determinada a invariante do procedimento e as tipologias de gráficos cartesianos a se aprender interpretar, organizou-se o conteúdo em relação ao sistema de operações.

5.1.5 Critérios para organização do Sistema de Tarefas para a formação da habilidade

O processo de formação de uma habilidade na perspectiva da teoria de Galperin exige tarefas diversas, que, segundo Núñez (2009), correspondem a:

- Diagnóstico inicial do grau de desenvolvimento da habilidade;
- Processo de formação da habilidade; e
- Controle final do processo de formação.

Minuciando essa categorização, a elaboração do sistema de tarefas organizou-se de acordo com os indicadores qualitativos da ação e as etapas de formação da habilidade. Os tipos e quantitativos de tarefas, segundo os momentos do processo de formação e os indicadores qualitativos, foram organizados conforme o Quadro 6 apresentado a seguir:

Momento/Etapa	Número de tarefas	Indicadores qualitativos					
		Específicas	Forma da ação	Grau de Generalização	Grau de Independência	Grau de Consciência	Grau de Solidez
Diagnóstico inicial							
Motivação							
Elaboração da B.O.A							
Material e Materializada							
Linguagem Externa							
Plano Mental							
Controle Final							
Avaliação do Grau de Solidez							

Quadro 6 – Distribuição de tarefas nas etapas de acordo com os indicadores qualitativos da ação

Preza-se esclarecer que o quantitativo de tarefas utilizadas na formação depende do nível de desenvolvimento da habilidade dos licenciandos durante o processo. Tais tarefas, às vezes, variam de conteúdo, mas, em outros episódios, são idênticas e abrangem mais de um tipo de indicador.

5.2 Desenvolvimento da experiência formativa

5.2.1 Instrumentos de coletas de dados

A pesquisa buscou, por intermédio de métodos empíricos, coletar os dados necessários para se responder aos objetivos propostos. Os instrumentos permitiram determinar como avançou o processo de formação da habilidade e possibilitaram determinar os fatores que favorecem e dificultam o desenvolvimento da habilidade quando trabalhada a partir da teoria de Galperin.

No estudo, foram privilegiados como instrumentos o teste diagnóstico, o questionário, a observação e o caderno de registro de atividades.

5.2.1.1 Testes diagnósticos

O estudo contemplou a aplicação de três testes diagnósticos. Tais instrumentos foram validados por meio da análise e discussão de seus conteúdos pelo autor desta pesquisa e por seu orientador, especialista em educação e formação de professores, em Química e na teoria da assimilação de Galperin. Foram utilizados os seguintes testes:

- a) Teste 1 - O diagnóstico inicial do grau de desenvolvimento da habilidade: foi aplicada uma tarefa com um gráfico da área de Química que exigiu dos licenciandos sua resolução de forma discursiva e sem ajuda. Esse teste buscou identificar o grau de desenvolvimento da habilidade de interpretar gráficos cartesianos que os licenciandos possuíam antes do processo de formação.
- b) Teste 2 - O controle final do processo de formação da habilidade: o controle final foi organizado com duas tarefas, sendo uma de caso típico, semelhante aos aplicados na formação e dentro dos limites de aplicação da área de Química no ensino médio, e outra de uma área diferente e de maior complexidade, para verificar o alto poder de transferência a outros contextos.
- c) Teste 3 - O diagnóstico do grau de solidez da habilidade atualizada: para avaliar o grau de solidez da habilidade de interpretar gráficos cartesianos, foi solicitado aos licenciandos, após quatro meses do processo de formação, que resolvessem uma tarefa de maior complexidade e de aplicação de conhecimentos que mensurasse

seu poder de transferência para outros contextos, o seu grau de desenvolvimento da habilidade e o grau de independência de sua aprendizagem após esse período.

5.2.1.2 Questionários

No desenvolvimento do processo de formação da habilidade, foram aplicados junto aos licenciandos dois questionários de perguntas abertas. Para Gil (2010), o questionário é uma técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito às pessoas, tendo por objetivo o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas, situações vivenciadas etc. Leite (2008) afirma que os questionários exercem pelo menos duas funções: descrever as características e medir determinadas variáveis de um grupo social, bem como de variáveis individuais. Segundo Gil (2010), perguntas abertas são aquelas em que o participante responde com suas próprias palavras, sem qualquer restrição. Em virtude das dificuldades para tabulação e análise, perguntas deste tipo são pouco recomendadas em estudos descritivos ou explicativos. Exercem, no entanto, importante papel nos estudos formuladores ou exploratórios. A vantagem de se escolher o uso de questionários de perguntas abertas em nosso estudo é a possibilidade de o licenciando responder com mais liberdade, não estando restrito a simplesmente marcar uma ou outra alternativa. Isso ajuda o pesquisador a obter uma melhor realidade do que pensa o pesquisado ao responder as perguntas (RICHARDSON, 1999; GIL, 2008).

De acordo com as concepções de Ruiz (1996), Hair *et al.* (2004) e Marconi e Lakatos (2010), o uso do questionário apresenta como vantagens: a economia de tempo, a eliminação de deslocamentos, atinge um grupo de maneira simultânea, consegue respostas mais rápidas e precisas, mantém o respondente no anonimato, não há a influência do pesquisador ou sua presença na aplicação e uma maior uniformidade na avaliação. Os autores citam como desvantagens deste instrumento: maior possibilidade de questões sem resposta, não permite o auxílio ao informante em questões mal compreendidas e demanda um universo mais homogêneo.

Entre as desvantagens, Leite (2008) acrescenta: a impossibilidade de ter certeza de que a informação dada pelo respondente é real ou corresponde à realidade; a não-interpretação correta das indagações, dificultando a compreensão do informante; a exigência de um universo mais uniforme e uniformidade aparente proporcionada pelo não-entendimento das questões propostas aos pesquisados.

Ambos os questionários foram elaborados com perguntas que trouxessem contributos às respostas advindas dos objetivos propostos em nossa pesquisa. A validação dos dois instrumentos foi realizada pelo orientador desta pesquisa.

Os dois questionários buscaram levantar entre os licenciandos argumentos para atender ao quarto objetivo específico do estudo, a rememorar, “determinar os fatores que favorecem e os que dificultam a formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos em licenciandos de Química, segundo os estágios de assimilação da *teoria da assimilação por etapas das ações mentais e dos conceitos* de P. Ya. Galperin”. Os questionários foram organizados conforme os planos apresentados nos Quadros 7 e 8:

Questionário 1	
Objetivos	Perguntas
Identificar as dificuldades que os licenciandos possuíam no primeiro momento de interpretação de um gráfico cartesiano de forma global	Identificar as dificuldades que os licenciandos tiveram para resolver a tarefa
	Identificar a que os licenciandos atribuem tais dificuldades

Quadro 7 – Plano do Questionário 1

Questionário 2	
Objetivos	Perguntas
Identificar o que favoreceu e o que dificultou o processo de formação fundamentado na teoria de Galperin	Base Orientadora da Ação? O que dificultou e favoreceu o processo de formação nas etapas/momentos Material e Materializada? Linguagem Externa? Plano Mental? Controle Final?
Identificar quais as vantagens de se usar a teoria quanto aos aspectos de ensino e aprendizagem	Quais as vantagens de se aprender através da teoria de Galperin? Quais as vantagens de se ensinar através da teoria de Galperin?
Identificar as dificuldades para se formar habilidades fundamentado na teoria	Quais as maiores dificuldades para se formar uma habilidade através dessa metodologia?

Quadro 8 – Plano do Questionário 2

Foi solicitado que os licenciandos respondessem ao Questionário 1 (Apêndice A) logo que se encerrou a aplicação do diagnóstico inicial. Neste, solicitou-se que fosse preenchido a idade e o sexo dos licenciandos e que respondessem a duas perguntas abertas. O Questionário 2 (Apêndice B) possui três perguntas abertas, sendo que a primeira possuía cinco subitens. Ele foi aplicado após o desenvolvimento da formação, logo que os alunos terminaram de resolver

as tarefas do Controle Final. Em ambos os instrumentos, os licenciandos receberam o questionário e uma folha em branco para responder as perguntas e tiveram o tempo livre para responder.

As perguntas dos dois questionários faziam referência ao desenvolvimento do processo de formação por meio da teoria de Galperin e, em função da própria dinâmica com que ocorreu o desenvolvimento da experiência formativa, não foi possível a aplicação de pré-teste com os licenciandos participantes. Por isso, a validação dos questionários foi realizada pelo pesquisador em parceria com o orientador deste trabalho de modo que os questionamentos atendessem ao objetivo proposto.

5.2.1.3 Observação

O processo de formação da habilidade foi observado por este pesquisador na busca pela identificação dos comportamentos e dificuldades dos licenciandos no desenvolvimento das tarefas, registrando-se o passo a passo das atividades. Para Marconi e Lakatos (2010), a observação é uma técnica de coleta de dados para conseguir informações e utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade.

Como vantagens da observação, é possível mencionar os seguintes aspectos: o próprio pesquisador atinge diretamente os acontecimentos, sem necessidade de intermediários, o que diminui a subjetividade na compreensão dos fatos; o rápido acesso a informações sobre situações habituais em que os integrantes do grupo estudado se encontram envolvidos; o acesso a dados que o grupo avalia de domínio privado; possibilita apreender as palavras de esclarecimento que seguem o comportamento dos observados (GIL, 2008; MARCONI, LAKATOS, 2010).

Para esses autores, podem ser destacadas as desvantagens subsequentes advindas da técnica de observação: pode significar uma visão parcial do objeto estudado; desconfiança do grupo investigado em relação ao pesquisador, ou seja, a presença de um pesquisador pode provocar mudanças de comportamento das pessoas, atenuando a possibilidade de realismo.

Utilizou-se no estudo uma observação não estruturada. Na observação em contexto escolar, é interessante para a análise estabelecer-se uma relação entre teoria e dados, sem engessar os dados pela teoria. A observação, no contexto de uma pesquisa, visa, no caso, a gerar novos conhecimentos e não a confirmar, necessariamente, teorias.

As observações concentraram-se na sala de aula durante a aplicação dos controles inicial e final, no processo de estabelecimento da B.O.A e durante o desenvolvimento da formação em suas etapas previstas.

Para registrar as observações o pesquisador, utilizou-se um caderno de anotações e, no momento de estabelecimento da B.O.A., fez-se uso de fotos, gravação em vídeo e áudio. Esses instrumentos de coleta de informações serviram para registrar o desenvolvimento do processo de negociação de sentidos entre o pesquisador e os licenciandos para elaboração da Base Orientadora da Ação, bem como para otimizar a transcrição do processo da B.O.A. (Anexo I) e para dar sustentação às explanações do pesquisador durante a análise dos resultados.

5.2.1.4 Caderno de registro de atividades

Outra fonte de dados e informações utilizada na pesquisa foi o caderno de registro de atividades de cada licenciando. Esse caderno é uma versão de portfólio com os registros de todas as tarefas que cada licenciando resolveu durante o diagnóstico inicial, o processo de formação e o controle final.

O caderno permitiu acompanhar os processos de reflexão crítica e a produção dos licenciandos, ao se reorganizar e reelaborar as ideias, se corrigir os erros e se aprender com eles, ao se comparar as respostas às situações problemas da atividade profissional, o planejamento do Sistema Didático, com o *modelo da atividade*.

O uso do caderno de registro das atividades dos licenciandos é uma estratégia formativa que permite coletar as ênfases do processo de aprendizagem na formação da habilidade, conectando o pesquisador com os licenciandos. Esse instrumento foi formado pelas produções diversas dos estudantes durante a formação do conhecimento profissional, tais como testes diagnósticos, a solução das tarefas, as reflexões teóricas, a participação nas atividades formativas.

Quanto à análise do diagnóstico inicial, o caderno de registro, juntamente com as observações do pesquisador, foi a base das informações para se determinar o nível de desenvolvimento dos licenciandos naquele momento. Nas etapas de formação, as anotações do caderno forneceram subsídios para se analisar e determinar, além do nível de desenvolvimento dos licenciandos, os indicadores de qualidade previstos, ou seja, a forma da ação, o grau de generalização, o grau de consciência e o grau de independência nas tarefas e no processo como um todo.

Como instrumento de coleta de dados durante o controle do processo, o caderno de registro de atividades foi fundamental para se determinar se os licenciandos chegaram ao final da formação com níveis de desenvolvimento melhor ou pior do que quando iniciaram a pesquisa e assim confirmar ou refutar a hipótese de nossa tese.

5.3 Estratégias de organização e análise dos dados

A análise dos dados em uma pesquisa qualitativa deve ser criteriosa a fim de manter a credibilidade dos resultados. Erickson (1989) assinala três aspectos que devem ser considerados no processo de coleta e análises dos dados. São eles:

- a) Identificar estruturas e perspectivas de significação;
- b) Prestar atenção aos sucessos que vão acontecendo nos diversos níveis, para detectar possíveis conexões de influências; e
- c) Coletar as redundâncias para poder estabelecer o caráter típico ou atípico com relação ao contexto.

Ainda de acordo com Erickson (1989), quanto à credibilidade de um estudo qualitativo, recomenda-se a utilização de um conjunto de recursos técnicos:

- a) Triangulação dos dados;
- b) Métodos e investigadores;
- c) Apoio em documentação escrita ou visual própria do contexto, das discussões com os colegas;
- d) Revisão de informação e interpretação com as pessoas componentes do estudo, dos registros de diários de campo e diários de investigação.

5.3.1 Organização dos dados empíricos

A organização dos dados é um momento fundamental na criação de possibilidades e perspectivas diversas para a posterior análise dos dados. Os dados foram organizados conforme cada tipo de instrumento de coleta e seus possíveis tratamentos. Para Laville e Dionne (1999), esse momento de preparação ou organização dos dados da pesquisa comporta três operações principais: codificação, transferência e verificação. Para esses autores, essas operações são fundamentais, posto que, apesar de sozinhas não poderem assegurar a

qualidade das análises e interpretações, corre-se, no entanto, o risco de criarem obstáculos se não realizadas com o devido cuidado.

A codificação é a primeira operação na organização do material. É o momento de atribuir um código a cada um dos dados coletados e de ordená-los em categorias. A seguir ocorre a transferência dos dados, ou seja, transcrevê-los em quadro e/ou tabelas mais funcionais para o trabalho de análise e interpretação, transformando-os às vezes, em decorrência da codificação. Essas duas operações podem ocorrer separadas ou em alguns casos o pesquisador pode codificar os dados no momento de transferi-los, o que depende da dinâmica que os dados exigem. A verificação, embora apareça como último passo dessa sequencia, na realidade é conduzida ao longo do processo. De fato, inicia-se na recepção dos dados brutos e, para que não despenda energias desnecessárias, o pesquisador eliminará desde logo os dados que não podem servir a seus fins porque são incompreensíveis, incompletos, inadequados (LAVILLE; DIONNE, 1999).

Os dados dos testes diagnósticos foram organizados em quadros e tabelas a fim de que pudessem ser criadas categorias que estabelecessem o grau de desenvolvimento da habilidade dos licenciandos em cada um dos três momentos analisados.

Os dados coletados nos questionários foram categorizados e organizados segundo as questões que procuramos responder. Quanto às respostas obtidas dos questionários, fundamentamo-nos em Núñez (2012) que propõe que sejam categorizadas quanto ao seu significado, de acordo com os seguintes critérios:

- a) Exaustividade, envolvendo todo tipo de resposta obtida;
- b) Exclusividade, agrupando em cada categoria um conjunto de respostas que claramente se distingue dos outros;
- c) Manutenção de um mesmo grau de inferência e/ou interpretação dos comportamentos, buscando não permitir que aconteçam grandes oscilações no contínuo de objetividade-subjetividade.

As respostas às perguntas dos questionários organizadas em quadros permitiram analisar as opiniões dos licenciandos quanto ao processo de formação fundamentado na teoria de Galperin

Os dados contidos nos registros das observações, assim como as imagens, os vídeos e áudios gravados foram organizados segundo critérios definidos pelo pesquisador, em correspondência com os objetivos e questões de estudo, de modo a possibilitar a transcrição e categorização dos dados. Esses instrumentos foram fundamentais para o acompanhamento e

posterior análise do desenvolvimento dos licenciandos nas etapas motivacional e de estabelecimento da B.O.A.

No caso dos cadernos de registro das atividades de aprendizagem de cada licenciando, foram criadas categorias para apreender o grau de desenvolvimento da habilidade na formação segundo os indicadores qualitativos estabelecidos.

As informações coletadas foram categorizadas e organizadas em planilhas e os dados e, após codificados e tabulados, foram organizados com a ajuda da estatística descritiva, desencadeando a construção dos quadros, tabelas, esquemas e gráficos.

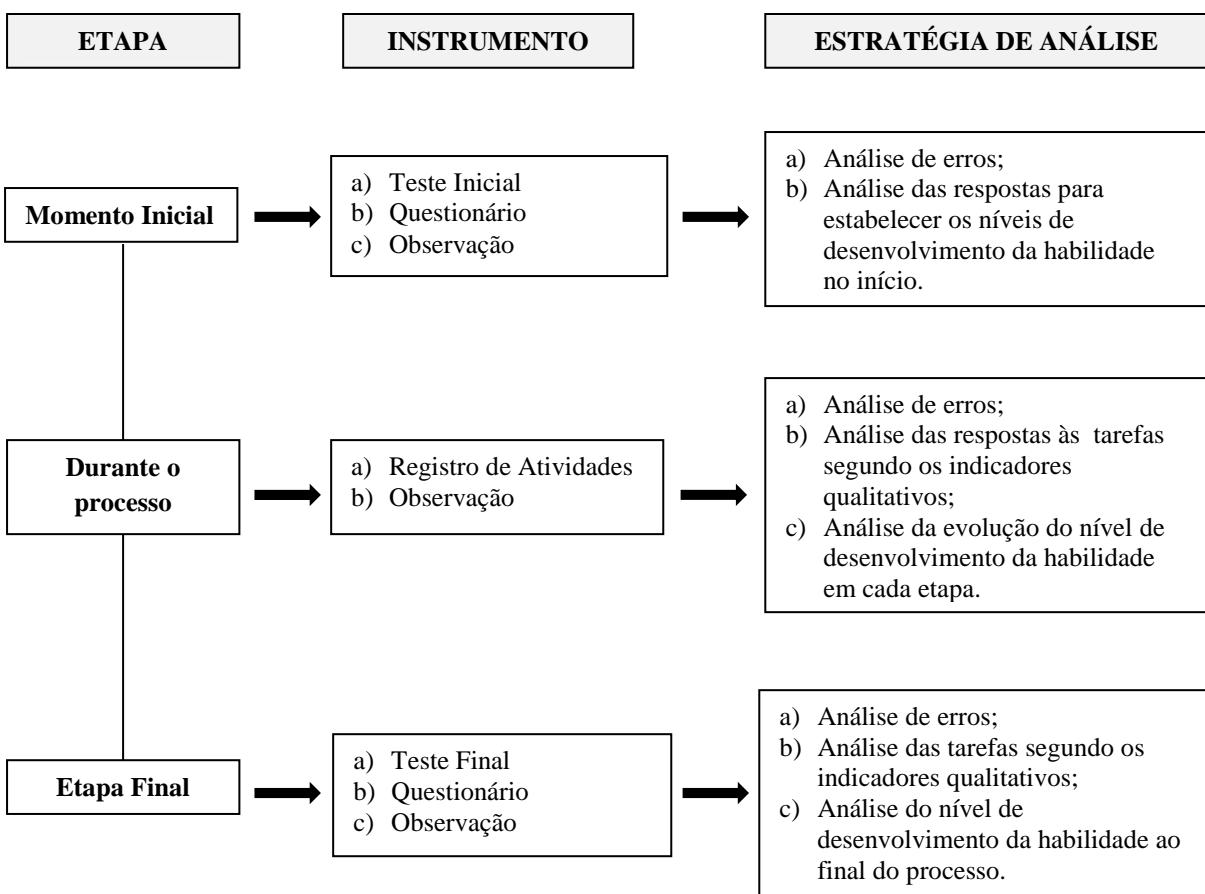
5.3.2 Estratégias de análise de dados

Para a análise das informações coletadas na pesquisa, foram realizados procedimentos de análise qualitativa. Segundo Laville e Dionne (1999), a abordagem qualitativa na análise de dados permite verificar as nuances de sentido que existem entre as unidades e os elos lógicos entre essas unidades ou entre as categorias que as reúnem, visto que a significação de um conteúdo reside largamente na especificidade que escapa amiúde ao domínio mensurável.

O fato de a pesquisa possuir um caráter qualitativo não nos impede totalmente que representemos dados de forma quantitativa. Em alguns momentos da análise dos resultados, são apresentados dados percentuais, por exemplo, em relação ao quantitativo de erros detectados em determinada etapa da formação. Mas, nosso foco principal não é simplesmente o número de erros e sim quais os que têm mais incidência e o porquê de os licenciandos permanecerem cometendo-os. Ademais, é almejado descobrir como esses erros implicam no processo de formação da habilidade e consequentemente na evolução do grau de desenvolvimento da habilidade dos futuros professores.

Durante a análise qualitativa dos dados, buscou-se a identificação de significados nos elementos observados nas respostas às perguntas dos questionários, nos testes diagnósticos e nos conteúdos registrados nos cadernos de registro de atividades dos licenciandos, interligados ao contexto e às situações em que foram produzidos e delimitados pelas referências teóricas adotadas como marco referencial. Para fortalecer a análise, foram cruzadas as informações dos instrumentos em um processo de triangulação de dados, buscando-se nas inferências e interpretações o vínculo com o referencial teórico assumido, bem assim como com os conhecimentos empíricos e as experiências do pesquisador.

A estrutura de como se organizou e desenvolveu a análise dos dados pode ser observada na Esquema 2 a seguir:



Esquema 2 – Estrutura da Análise de Dados

a. Testes diagnósticos

As respostas dos licenciandos em cada um dos três testes diagnósticos foram analisadas a partir de uma leitura qualitativa dos conteúdos das resoluções, na qual foi dimensionado seus acertos, tipos de erros e sua frequência.

Durante a análise do primeiro teste aplicado (*Diagnóstico inicial do grau de desenvolvimento da habilidade*), também foi analisado qualitativamente a resolução da tarefa pelos licenciandos quanto à realização correta das operações previstas no Modelo da Atividade.

No teste aplicado após o processo de formação (Controle Final), a análise ocorreu com os dados organizados em quadros onde se determinou o nível de desenvolvimento da habilidade através da identificação da qualidade de resolução das tarefas e da necessidade de ajuda do licenciando para resolvê-las nesse momento e, em caso positivo, com que nível de ajuda (I ou II). Para a determinação do grau de generalização (GG) do licenciando quanto à

habilidade formada, fez-se uma análise do valor médio do nível de desenvolvimento obtido em cada uma das duas atividades de controle. O indicador qualitativo teve como classificadores os índices *alto, médio, baixo e muito baixo*.

Para a definição do grau de independência, também se utilizou como referência a necessidade de ajuda durante a resolução das tarefas. O grau de independência foi classificado em *alto, médio ou baixo*.

Para a forma da ação, a classificação foi com ou sem ajuda e o poder de transferência a outros contextos foi ponderado de acordo com o nível de desenvolvimento do licenciando na Tarefa 2.

A análise do terceiro teste diagnóstico (Grau de Solidez) seguiu os mesmos critérios utilizados no Controle Final.

b. Questionários

O estudo contou com aplicação de dois questionários: Questionário 1 (Apêndice A) – aplicado logo após os licenciandos terem resolvido a tarefa do Diagnóstico Inicial e o Questionário 2 (Apêndice B) – aplicado no final do processo de formação e depois de aplicadas as tarefas do Controle Final.

O Questionário 1 possui apenas duas perguntas que buscaram descobrir as dificuldades que os licenciandos tiveram na resolução da tarefa e os motivos que acreditavam estar associados a essas dificuldades. O tratamento destes foi realizado fazendo-se a leitura flutuante das respostas de cada um dos alunos e organizando suas respostas em um quadro onde em uma coluna estavam as dificuldades que os licenciandos relataram ter e em uma segunda coluna o motivo que atribuíram a cada uma dessas dificuldades.

Essas informações foram agrupadas por semelhança de significados, ou seja, as dificuldades entendidas como de mesmo tipo foram colocadas em uma mesma linha do quadro. Essa organização permitiu que fossem identificados os tipos de dificuldades mais relatadas pelos estudantes. Da mesma forma, procedeu-se com os motivos apontados.

Ao entendimento dessas dificuldades como pontos de fragilidade no nível de desenvolvimento da habilidade dos licenciandos no início do processo, juntamente com os dados analisados das respostas à tarefa possibilitaram conduzir o processo de formação dando um olhar especial para esses pontos a fim de que os mesmos fossem sanados no desenvolvimento das etapas.

O Questionário 2 tomou como referência o percurso metodológico utilizado para a formação da habilidade. O instrumento está organizado em três questões, sendo que a primeira tem cinco subitens.

A primeira questão solicitava que os licenciandos informassem o que favoreceu e o que dificultou o processo de formação em cada uma das etapas. O tratamento dos dados da primeira questão foi realizado por subitem relacionado a cada um dos momentos do processo de formação (Estabelecimento do B.O.A, Etapa Material e Materializada, Etapa da Linguagem Externa, Etapa do Plano Mental e Controle Final).

Para todos os subitens, foram utilizados os mesmos procedimentos: realizou-se a leitura das respostas de todos os licenciandos e agruparam-se os dados em um quadro no qual em uma coluna foram dispostos os elementos que favoreceram o desenvolvimento da etapa/momento e numa segunda coluna os elementos que dificultaram. Essas perguntas não tiveram como objetivo uma análise individualizada do que cada licenciando percebeu do processo, mas sim ter uma visão geral dos elementos que tiveram influência positiva ou negativa no processo e a partir da triangulação desses dados com os resultados obtidos nas resoluções das tarefas, ou seja, o nível de desenvolvimento da habilidade dos licenciandos, permitir fazer inferências sobre fatos que puderam ter comprometido o processo.

A segunda questão do Questionário 2 desejou saber dos licenciandos quais as vantagens de se aprender e de se ensinar por meio do modo como se desenvolveu a experiência formativa, isto é, fundamentado nas etapas da teoria de Galperin.

Os dados foram organizados e analisados de maneira semelhante ao que aplicado nos subitens da primeira pergunta.

A terceira pergunta que questionava quais as dificuldades que os licenciandos acreditavam existir para se formar uma habilidade através dessa metodologia. Para a análise das respostas, assim como nas perguntas anteriores, a organização foi construída por semelhança de significados e inferências sobre afirmações dadas pelos estudantes.

Durante a análise das respostas de todas as perguntas dos Questionários 1 e 2, as considerações foram ilustradas com imagens de exemplos de respostas dos licenciandos para de modo a ratificar nossas conclusões.

c. Observação

A observação foi realizada durante todo o processo de diagnósticos inicial e final e do desenvolvimento do processo de formação da habilidade. A observação materializou-se na

forma de anotações do pesquisador e nas etapas de motivação e elaboração da B.O.A., também por fotos, vídeo e gravação em áudio.

Os registros da etapa de motivação serviram de referência para avaliar o processo e para verificar como foram seus resultados, ou seja, através da participação e pronunciamento dos licenciandos se estes demonstraram estar motivados para o processo de formação.

Dos registros de observação em imagem, vídeo e áudio do momento de elaboração da B.O.A. foi realizada a transcrição dos diálogos entre o pesquisador e os licenciandos, no intento de mostrar os momentos de idas e vindas entre as colocações dos licenciandos e as ponderações do pesquisador. Para transcrever o processo de estabelecimento da Base Orientadora da Ação, o pesquisador ouviu a gravação em áudio do processo e transcrevendo paulatinamente as suas falas e as dos licenciandos, identificando cada uma delas, respectivamente, por PF e L2, L3, L4 etc. Diante de alguma dúvida, o pesquisador recorreu ao vídeo gravado no referente encontro. Durante a transcrição, surgiram momentos em que o pesquisador refere-se a esboços de gráficos cartesianos que desenhava no quadro. Nesses episódios, recorreu-se ao vídeo e às fotos para registrar tais figuras no contexto da transcrição.

No processo de formação, os registros das observações do pesquisador foram utilizados no cruzamento de informações com os outros instrumentos (testes diagnósticos e caderno de registros) para avaliar a resolução das tarefas e o nível de desenvolvimento dos licenciandos em cada etapa e ao final do processo de formação.

d. Caderno de registro de atividades

Foi realizada uma leitura prévia das resoluções de cada uma das tarefas e determinado níveis de grau de desenvolvimento da habilidade relacionados com os indicadores qualitativos previstos para o estudo: grau de generalização, grau de consciência, grau de independência, forma da ação e grau de solidez. Com a definição dos níveis para cada um dos indicadores qualitativos, pode-se considerar para cada um deles um parâmetro de qualidade.

Dos registros das atividades, é possível elaborar-se a análise dos erros mais frequentes durante o desenvolvimento das etapas. Continuamente, com o diagnóstico desses erros e com o nível de qualidade dos indicadores, pode-se definir em cada um dos momentos o nível de desenvolvimento da habilidade nos licenciandos e observado como cada um deles avançou de um grau de desenvolvimento para outro entre as tarefas.

Na etapa Material e Materializada, a partir de um quadro em que foi organizada a resolução das tarefas do licenciando quanto às categorias *utilização da B.O.A., trabalho*

compartilhado e recebimento de ajuda, foi possível acompanhar como cada licenciando evoluiu na resolução das tarefas. Ainda nessa etapa, a análise do registro das atividades possibilitou a identificação dos erros que os licenciandos cometiam em cada tarefa e analisar qualitativamente como foi essa ocorrência com o avanço das tarefas da etapa. Identificou-se também se os licenciandos, no passar das tarefas, conseguiram reduzir a orientação que utilizavam e, por fim, determinou-se o nível de desenvolvimento da habilidade em cada uma das tarefas e como evoluiu esse indicador com o maior número de tarefas resolvidas. Esta última identificação permitiu avaliar o grau de consciência dos licenciandos na etapa material e materializada.

Os registros das atividades permitiram que, durante a análise do desenvolvimento da etapa da Linguagem Externa, fosse construído um quadro com a forma como os licenciandos resolveram a tarefa desta etapa quanto aos aspectos subsequentes: se resolveram em dupla, se resolveram passo a passo a tarefa utilizando a linguagem externa (voz alta), se argumentaram as operações realizadas e se receberam ajuda do pesquisador e/ou do colega de dupla. A partir da análise global desse quadro, foi possível inferir sobre o desenvolvimento dos licenciandos na etapa anterior. Utilizando critérios de organização e interpretação semelhantes aos da etapa material e materializada, identificou-se e analisaram-se os erros cometidos pelos licenciandos na resolução da tarefa. Igualmente utilizando-se os mesmos critérios propostos para a etapa anterior, pôde-se determinar o nível de desenvolvimento da habilidade e o grau de consciência dos licenciandos na etapa da Linguagem Externa. Nesse momento, foi possível analisar se o nível de desenvolvimento alterou-se quando comparado a etapa material e materializada.

Na etapa do Plano Mental, o registro de atividades possibilitou controlar o produto da formação. Para esta etapa, foram utilizados os critérios das etapas anteriores para identificar os erros cometidos na resolução da tarefa e analisar o nível de desenvolvimento da habilidade dos licenciandos. Ainda nessa fase, como momento final da formação, foi possível comparar a evolução do nível de desenvolvimento da habilidade dos licenciandos por todo o processo e fazer considerações sobre a evolução da assimilação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos de uma forma global.

Ao concluir este capítulo, é possível observar que o constructo metodológico proposto e implementado para este estudo e, por conseguinte, descrito nesta Tese permitiu que pudéssemos obter respostas para os quatro objetivos específicos e consequentemente o objetivo geral da investigação. De modo particular, o primeiro teste diagnóstico possibilitou “diagnosticar o nível de desenvolvimento da habilidade de interpretar gráficos cartesianos, em licenciandos da área de Química”, apresentado no Capítulo 7, em que trataremos dos

resultados obtidos por esta pesquisa. A partir da análise dos livros didáticos do PNLD e da investigação da literatura sobre a habilidade de interpretar gráficos cartesianos utilizando o Método Teórico de Talízina (1989), buscamos, por conseguinte, “estruturar um Sistema Didático fundamentado na *teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos* de P. Ya. Galperin para o ensino da habilidade de interpretar gráficos cartesianos”, o que possibilitou, de modo aplicado e interveniente, “desenvolver o processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos em licenciandos de Química fundamentado na teoria de P. Ya. Galperin”. Com as respostas obtidas a partir dos questionários e da análise dos erros obtidas nos registros de atividades dos licenciandos, desenvolvemos este estudo a fim de “determinar os fatores que favorecem e os que dificultam a formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos em licenciandos de Química, segundo os estágios de assimilação da teoria de P. Ya. Galperin”, dissertados, igualmente, no Capítulo 7. Por fim, torna-se imperativo destacar que o encadeamento desta investigação a partir do arcabouço teórico-metodológico e das múltiplas técnicas e instrumentos de pesquisa utilizados e descritos por este pesquisador corroboraram a tese aqui postulada, em consonância com o que se apresenta nas páginas que se seguem.

6 O DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DIDÁTICO

O desenvolvimento do Sistema Didático para o processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos nos licenciandos em Química buscou responder ao que propunha o seguinte objetivo específico deste estudo: “Estruturar um Sistema Didático fundamentado na *teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos* de P. Ya. Galperin para o ensino da habilidade de interpretar gráficos cartesianos”.

A estruturação do Sistema Didático foi organizada segundo os critérios de Núñez e Ramalho (2013), nos seguintes momentos:

- a) definição dos pressupostos do Sistema Didático;
- b) definição dos objetivos do Sistema Didático;
- c) seleção e organização do conteúdo:
 - I. seleção dos tipos de gráficos;
 - II. organização sistêmica;
- d) determinação do Sistema de Tarefas para a formação da habilidade.

6.1 Definição dos pressupostos

Como ponto fundamental da organização do Sistema Didático para a formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos, foram definidos como pressupostos:

- a) A habilidade de interpretar gráficos cartesianos é um tipo específico de atividade e está vinculado a um conhecimento necessário para ensinar Química no ensino médio;
- b) A habilidade de interpretar gráficos cartesianos é um conhecimento profissional dos docentes de Química. Sendo assim, o licenciando em Química é objeto e ao mesmo tempo sujeito ativo do processo de formação dessa habilidade, motivado e orientado pela finalidade de qualificar-se profissionalmente;
- c) A formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos é um processo que segue determinadas etapas, as quais são reveladas pela teoria de Galperin.

6.2 Definição dos objetivos

Os objetivos de ensino representam o modelo dos resultados esperados em relação ao processo para se atingir a estes (NÚÑEZ; RAMALHO, 2013). Considerando o pressuposto de que a habilidade de interpretar gráficos cartesianos é um tipo de atividade, os objetivos se

formulam na linguagem das ações que o licenciando realiza com o objeto de estudo, para sua construção e assimilação, ou seja, como um tipo de atividade que compreende a habilidade que se pretende formar.

O objetivo definido para o Sistema Didático foi o de interpretar gráficos cartesianos.

6.2.1 Definição dos indicadores qualitativos da habilidade a formar

Ao definirem-se os objetivos do estudo, deve-se considerar um dos componentes importantes dessa categoria pedagógica os indicadores qualitativos que constituem os critérios para formar e avaliar a qualidade da habilidade (GALPERIN, 2001b).

Desse modo, no Sistema Didático para a formação da habilidade aqui proposto, foram considerados os seguintes indicadores qualitativos:

- a) a forma da ação mental;
- b) alto grau de generalização;
- c) alto grau de independência;
- d) alto grau de consciência;
- e) alto grau de solidez.

Ao final do processo de formação aplicado por este estudo, os licenciandos devem, portanto, ter desenvolvido a habilidade de interpretar gráficos cartesianos na forma mental da ação, com um alto grau de generalização, um alto grau de independência, um alto grau de consciência e com uma aprendizagem sólida.

Tais indicadores serviram de referência para podermos acompanhar o grau de desenvolvimento da habilidade no momento do diagnóstico inicial, durante o processo e no controle final da formação.

6.3 Seleção e organização dos conteúdos

Para a seleção dos gráficos cartesianos que estivessem de acordo com o grau de generalização e que fossem objetos da assimilação da Química do ensino médio, decidiu-se por analisar, em livros didáticos de Química, aqueles tipos de gráficos que fossem os mais utilizados para o ensino de seus conteúdos, os quais foram selecionados como conteúdos do nosso estudo.

Em relação à organização do conteúdo, foi usado o método sistêmico funcional-estrutural para se determinar a invariante do sistema operacional da habilidade como modelo da atividade e que se constituiu na B.O.A. tipo III.

6.3.1 Dos tipos e seleção de gráficos cartesianos objetos da assimilação: a análise de livros didáticos

Decidiu-se por analisar os livros didáticos de Química propostos pelo Ministério da Educação (MEC) no Programa Nacional do Livro Didático – PNLD (BRASIL, 2011) para o triênio 2012-2015, os quais foram previamente analisados e avaliados por esse órgão como adequados para serem utilizados nas escolas públicas de ensino médio de todo o país. Com o intuito de facilitar os momentos posteriores desta análise, foi definido para cada uma das coleções um identificador com a sigla LD acompanhada de um número (LD1, LD2, ...).

Foram analisadas as 5 (cinco) coleções indicadas pelo MEC, contendo cada uma delas 3 (três) volumes – um para cada série do ensino médio – totalizando um rol de 15 (quinze) volumes. Os livros analisados estão apresentados no Quadro 9:

Identificador	Título	Autor(es)	Edição/Ano	Editora
LD1	Química na abordagem do cotidiano	Eduardo Leite do Canto Francisco Miragaia Peruzzo	4 ^a ed./2010	Moderna
LD2	Química: meio ambiente, cidadania, tecnologia	Martha Reis	1 ^a ed./2010	FTD
LD3	Química	Andréa Horta Machado Eduardo Fleury Mortimer	1 ^a ed./2011	Scipione
LD4	Química para a nova geração – Química cidadã	Eliane Nilvana F. de Castro Gentil de Souza Silva Gerson de Souza Mól Roseli Takako Matsunaga Sálvia Barbosa Farias Sandra Maria de O. Santos Siland Meiry França Dib Wildson Luiz P. dos Santos	1 ^a ed./2010	Nova Geração
LD5	Ser protagonista – Química	Júlio Cesar Foschini Lisboa	1 ^a ed./2010	SM

Quadro 9 – Livros didáticos de Química – PNLD (triênio 2012-2015)

A análise desses volumes foi realizada página a página, observando-se quais os tipos de gráficos eram utilizados no contexto da disciplina e quais as grandezas envolvidas nesses gráficos. Ao longo da análise, ia-se anotando o tipo de gráfico, as grandezas envolvidas e a página em que ele se encontrava. Quando em uma mesma página encontrava-se mais de um gráfico do mesmo tipo e/ou grandezas, todos eram contabilizados nas anotações.

Decidiu-se por considerar tanto os gráficos utilizados durante o desenvolvimento dos conteúdos como aqueles que faziam parte das atividades propostas aos alunos, uma vez que nos dois casos os alunos terão acesso a essas representações e poderão analisar e interpretar os dados apresentados. Não foram considerados os gráficos que, em alguns volumes, aparecem no material do professor, uma vez que não se tem a garantia que os estudantes os interpretarão, pois, se tratando de uma orientação, essa decisão é de cunho individual do professor.

A tabela apresentada no Apêndice C mostra as relações de grandezas envolvidas nos gráficos identificados nesses livros e o número de vezes que cada uma delas aparece nos volumes analisados. A tabela foi organizada agrupando cada uma das coleções com seu identificador e com seus três volumes. Para a análise, organizou-se a tabela de modo que em cada linha fossem colocadas as grandezas que se relacionam nos gráficos cartesianos identificados e o resumo quantitativo do número de incidências em cada volume. A última coluna indica o número total de gráficos cartesianos por cada uma das relações de grandezas e, as duas últimas linhas indicam o quantitativo de gráficos cartesianos que aparecem em cada volume e em cada coleção, respectivamente.

Ao analisar essa tabela, observa-se que as coleções que mais apresentam gráficos cartesianos, seja durante o desenvolvimento do conteúdo conceitual ou nas atividades propostas, são primeiramente a coleção LD5 (200 gráficos) e em seguida a LD1 (155 gráficos). As outras três coleções apresentam cada uma, um quantitativo de gráficos em torno de 54,5% a 62,5% dos encontrados na coleção LD5. Essas diferenças de números sugerem que não há um consenso entre os elaboradores de livros didáticos sobre a importância do uso dos gráficos cartesianos na representação de fenômenos experimentais ou da natureza, no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos de Química.

Para facilitar a observação das relações de grandezas com maior incidência nos gráficos cartesianos das cinco coleções, organizou-se a tabela em ordem decrescente das quantidades conforme a última coluna de valores. Verifica-se a partir dessa organização que as dez relações de grandezas (entre as 125 identificadas) com maior incidência nas cinco coleções analisadas totalizam 463 gráficos cartesianos, o que representa 65,2% do total., ou seja, essas dez relações de grandezas formam uma representação significativa do universo de tipos de grandezas envolvidas nos gráficos cartesianos identificados.

Analizando a distribuição dos gráficos em cada uma das coleções, observa-se que eles estão concentrados principalmente nos segundos volumes. Nas cinco coleções verificadas, os

gráficos cartesianos presentes no volume 2 representam, aproximadamente, 61% de todos os gráficos propostos para os três volumes.

Quanto aos tipos de gráficos cartesianos encontrados nos quinze volumes analisados, pode-se observar um panorama na Tabela 1 representada a seguir.

Ordem	Tipos de gráficos	Coleções / Volumes															Total	
		LD1			LD2			LD3			LD4			LD5				
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Linha (curva)	Única	23	45	1	11	38	7	16	25	20	45	13	7	49	53	11	364
		Múltiplas	5	64	4	4	39	2	10	29	9	7	40	2	12	57	10	294
2	Colunas		1	2	1	2		5	2	5	3	-	9	1	-	2	4	37
3	Barras		-	8	-	-	-	1	-	-	-	1		-	-	-	-	10
4	Pontos (discreto)		-	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2	-	5
Total por volume		29	120	6	17	77	15	30	59	32	53	62	10	61	114	25	710	
Total por coleção		155			109			121			125			200				

Tabela 1 – Tipos de gráficos cartesianos nos livros didáticos de Química do PNLD (triênio 2012-2015)

Fonte: Análise dos livros didáticos de Química do PNLD 2012 - Elaborada pelo autor

Durante a análise das cinco coleções, foram identificados quatro tipos de gráficos cartesianos: linha (curva), ponto, coluna e barra. Os gráficos de linha foram divididos em dois tipos de acordo com a quantidade de curvas presentes em um mesmo plano cartesiano, sendo classificados como: linha única ou linhas múltiplas (no caso de mais de uma linha).

Observa-se na Tabela 1 que a maioria dos gráficos cartesianos utilizados nesses livros de Química é do tipo ‘linha’, na qual 51,3% têm apenas uma curva no plano cartesiano e 41,4% têm duas ou mais curvas.

Os gráficos de colunas apareceram nas cinco coleções e totalizaram 5,2% dos gráficos identificados, enquanto que os de barras foram utilizados em apenas três coleções (com maior incidência na coleção LD1) e representaram 1,4% do total. Vale salientar que a maior parte dos gráficos de coluna ou de barra era do tipo informativo, ou seja, não trazia na relação de suas grandezas a representação de fenômenos químicos.

Os gráficos de pontos foram os que menos tiveram incidência na análise, sendo localizadas apenas cinco situações distribuídas nas coleções LD1, LD3 e LD5. Entende-se por gráfico de pontos aqueles que possuem como variável independente e/ou dependente uma grandeza de variável discreta, ou seja, que possui seus valores no conjunto dos números inteiros, não havendo a possibilidade de interpolação de outros valores inteiros entre dois dados consecutivos. Como exemplo, pode-se utilizar o gráfico apresentado na Figura 1, extraído do volume 1 da coleção LD3:

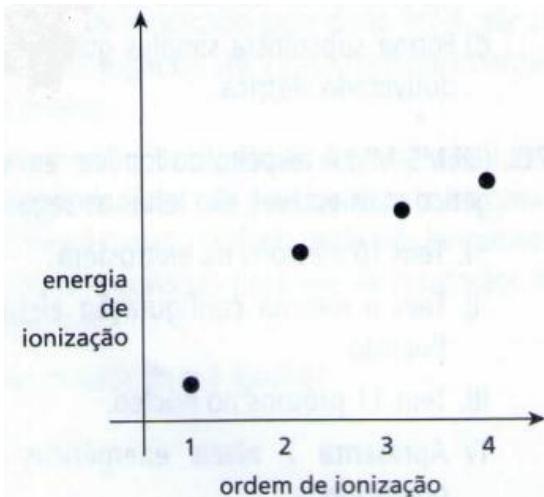


Figura 1 – Gráfico cartesiano de variáveis discretas
Fonte: Mortimer e Machado (2010, v. 1, p. 195)

O gráfico da Figura 1 tem a energia de ionização em função da ordem de ionização, sendo que essas ordens variam de um em um inteiro, ou seja, entre as ordens de ionização 1 e 2 não existe uma nova ordem. Dessa forma, não se justificaria fazer a ligação entre os pontos que representam a relação “ordem x energia”, pois assim se estaria admitindo que a interpolação é possível. Esses tipos de representações semióticas foram tratados como gráficos de variáveis discretas, uma vez que não é possível a continuidade dos valores da variável independente (ordem de ionização).

Neste ponto, é interessante ressaltar algo que foi percebido em todas as coleções. Para melhor entendimento, será utilizado como exemplo o gráfico da Figura 2.

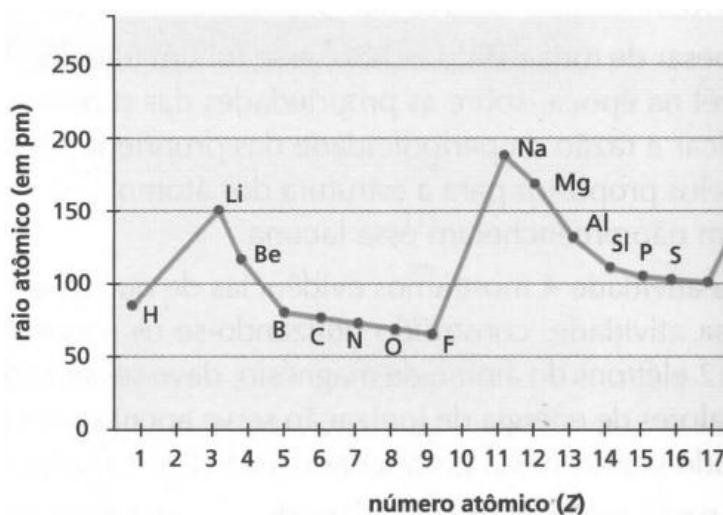


Figura 2 – Gráfico cartesiano de variáveis discretas com pontos unidos
Fonte: Mortimer e Machado (2010, v. 1, p. 174)

Nesse gráfico, apresenta-se no eixo horizontal (abscissas) a grandeza “número atômico”. Temos que essa grandeza não é contínua, uma vez que seus valores são apenas

números inteiros e variam de uma unidade., sendo um número atômico associado a um, e apenas um, elemento químico. Observa-se que os elementos apresentados são, consecutivamente, os dezessete primeiros da tabela periódica (excluindo-se os gases nobres). Dessa forma, os pontos que representam a relação entre os números atômicos e o raio atômico não deveriam estar ligados por uma linha. A linha cheia induz que entre dois valores de números atômicos consecutivos existe a possibilidade de se interpolar uma infinidade de outros números atômicos. É certo que esse tipo de gráfico é comum em livros de Química e que, segundo especialistas da área, essas linhas tem a intenção de tão somente representar uma tendência de variação entre as relações dos diversos elementos químicos. Porém, entre os livros analisados, apenas uma das coleções (LD3) traz essa informação explicitada ao aluno:

Note que a linha que une os valores do raio atômico serve apenas para indicar a tendência na sua variação, pois não tem sentido pensar nessa propriedade para alguma coisa intermediária entre dois elementos químicos. (MORTIMER; MACHADO, 2010, p. 174)

A apresentação de gráficos de variáveis discretas nos livros didáticos de Química, como o exemplificado na Figura 2, sem a devida explanação de que os pontos originalmente não devem ser ligados e que aquela representação busca tão somente indicar uma tendência de variação, pode corroborar com a indução de uma concepção errada dos estudantes quando se tratando de gráficos com essas características.

Diante dessa análise realizada nos livros didáticos, foi possível definir os tipos de gráficos a serem estudados nas tarefas de formação e que representam os limites de generalização, ou seja, de aplicação da metodologia (invariante) para se interpretar gráficos cartesianos em Química.

Como dito anteriormente, os gráficos de barras ou de colunas identificados nos livros didáticos eram do tipo informativo e foram classificados como não pertencentes aos limites de generalização dos gráficos de Química. Entendemos dessa forma porque esses gráficos não apresentavam a representação da relação de duas variáveis em um fenômeno químico.

Sendo assim, os tipos de gráficos objetos da assimilação foram os apresentados do Quadro 10.

Tipos de gráficos cartesianos		Características
Linha (curva)	Única	Gráfico em que se apresenta como representação do fenômeno apenas uma curva no plano cartesiano
	Múltiplas	Gráfico em que se apresentam duas ou mais curvas no plano cartesiano para condições diferentes de um mesmo fenômeno ou de fenômenos diferentes para que estes sejam relacionados e/ou comparados.
Pontos (discreto)		Gráfico cartesiano em que pelo menos uma de suas variáveis é do tipo discreta, ou seja, tem como coordenadas apenas valores numéricos do conjunto dos números inteiros.

Quadro 10 – Tipos de gráficos objetos da assimilação

Logo, os gráficos objetos da assimilação são: os gráficos cartesianos de linha com apenas uma curva e com duas ou mais curvas e os gráficos que envolvem variáveis discretas, denominados de gráficos cartesianos de pontos.

6.4 A organização dos gráficos cartesianos como conteúdo objeto da assimilação

No processo de formação de habilidades, o momento que compreende a assimilação consciente do conteúdo sob a orientação do professor é precisamente a etapa onde o uso da base orientadora da ação do tipo III (B.O.A III) fundamentada por Galperin ocupa um lugar importante. Ele considera que a B.O.A. é o elemento que possibilita ao estudante dirigir sua atividade, é o que o estudante sabe da ação em si e das condições nas quais se realiza a ação.

Para Talízina (1988), a etapa da B.O.A. está direcionada à construção correta e racional da parte executora e à garantia da escolha racional de uma das possíveis maneiras de se resolver a tarefa.

O Sistema Didático para o estudo foi desenvolvido segundo a B.O.A. do tipo III, por esta ser generalizada, completa e elaborada em cooperação com os licenciandos. Organizar a aprendizagem segundo este tipo de base orientadora supõe a organização sistêmica da habilidade de interpretar gráficos cartesianos.

Nesse sentido, o princípio mais relevante da análise sistêmica é a análise do objeto de estudo como um método, como um sistema determinado qualitativamente e a revelação das propriedades sistêmicas integrativas (DALYAEVA; RESHETOVA, 1989).

Para determinar o processo de formação, Galperin (2001b) propõe que sejam explicitadas:

- a ação sobre a qual tem lugar a formação;
- as formas nas quais transcorre esta ação;

- c) os componentes do conceito sobre os quais a ação pode orientar-se e; e
- d) a variedade do material sobre o qual se aplicará a ação.

Com base nesses itens, a estruturação do processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos de forma sistêmica implica determinar a sequência de ações e operações necessárias para a assimilação e o aumento do grau de desenvolvimento dessa habilidade nos licenciandos em Química. Pressupõe procurar a invariante da habilidade, ou seja, o Sistema de Operações, entre diversas variantes de interpretação de gráficos cartesianos.

Existem diferentes estudos que propõem variantes da interpretação de gráficos cartesianos (JANVIER, 1978; WAINER, 1992; POSTIGO, POZO, 2000; GARCÍA, PALACIOS, 2007; NÚÑEZ, SILVA, 2008, dentre outros). Nosso objetivo é identificar, nessa diversidade de variantes, a invariante, a essência do sistema de operações necessária para se interpretar um gráfico cartesiano, possibilitando a compreensão global desse tipo de representação semiótica. Esta é uma diferença de nosso estudo, uma vez que possibilita ao estudante pensar em nível teórico.

O enfoque sistêmico, como processo do conhecimento científico, é produzido através da modelação do objeto de estudo concebido como sistema.

Reshetova (1989) descreve o objeto de estudo em seu nível mais desenvolvido, em sua totalidade, destacando sua composição e estrutura, garantindo, dessa forma, seu desempenho em um sistema maior. Neste aspecto, o tipo do enlace principal é o funcional-estrutural, sendo estes enlaces os formadores do sistema. Destacam-se as características estáveis de cada nível do sistema, denominadas *invariantes*, as quais concebem os núcleos generalizadores, que são a essência do conhecimento ou invariante da habilidade a desenvolver nos licenciandos, portanto, o objeto de assimilação.

Como explica Núñez (2009), com o enfoque sistêmico funcional-estrutural, a variedade de fenômenos particulares estudados se expressa através de sua invariante – estrutura interna do objeto de estudo – que, como formação estável, tem um sistema determinado de qualidades que se conserva em toda a diversidade de variantes concretas de sua existência e representa núcleos essenciais do conteúdo de interpretar gráficos cartesianos. Isso aumenta consideravelmente as possibilidades do licenciando raciocinar em nível teórico. A invariante da interpretação de gráficos cartesianos é formada pelo conjunto de operações para se interpretar qualquer gráfico desse tipo, ou seja, a estrutura que não varia em qualquer gráfico cartesiano de qualquer área ou disciplina. Ao tempo que o licenciando assimila essa invariante da interpretação de gráficos cartesianos, ele poderá transpor seus conhecimentos

para o entendimento e interpretação de outras situações-problema que lhe sejam propostas dentro do grau de generalização definido.

Com a organização do conteúdo a partir de uma estruturação sistêmica, evita-se o excesso de conteúdos no programa da disciplina sem se reduzir a capacidade informacional, ao contrário, aumenta-se, uma vez que a assimilação dos conhecimentos fundamentais permite analisar, independentemente, qualquer fato particular, constituindo-se em uma manifestação da essência assimilada e, em uma série de casos, permite obter de forma independente não só fatos particulares, que são conhecidos no presente, mas também os novos, desconhecidos pelos alunos (RESHETOVA, 1988).

Perpetuando essa perspectiva, estabelecer o invariante de uma habilidade significa determinar, entre os casos particulares em que se aplica aquela habilidade, o sistema de operações invariante que deve ser de domínio do estudante. Determinar o invariante da interpretação de gráficos cartesianos como habilidade supõe, por conseguinte, um conjunto de ações e de conhecimentos e, para tanto, fundamentamo-nos na análise funcional-estrutural proposta por Reshetova.

6.4.1 Análise funcional-estrutural da atividade de interpretar gráficos cartesianos

A análise funcional-estrutural, baseada na Análise da Estrutura da Atividade (TALÍZINA, 1988), procura construir a invariante característica das diversas variantes de interpretar gráficos cartesianos.

Para a identificação do invariante da habilidade de interpretar gráficos cartesianos, é necessário, antes de tudo, que sejam analisados e comparados entre si uma quantidade bastante grande de estudos que definam como se interpreta um gráfico cartesiano e que constituem os limites do procedimento. São examinadas quais operações para a interpretação de gráficos cartesianos propõe cada um dos estudos e se determina o que têm em comum e em que se diferenciam uns dos outros. Faz-se, então, a seleção das operações comuns para todos os estudos analisados e estas permitirão, consequentemente, a definição da estrutura da habilidade em forma de um sistema de operações invariante.

Essa estrutura geral de operações como algo que aparece estável nos diversos casos particulares de interpretação de gráficos cartesianos, é a invariante que se define das diversas propriedades da habilidade, ou seja, constitui a essência.

Diante da necessidade de organizar de forma sistêmica o objeto de estudo desta pesquisa, investigamos vinte e um trabalhos de autores que analisaram a temática de

interpretação de gráficos cartesianos e buscamos separar trabalhos em que fossem propostas estruturas para a interpretação dos gráficos. Dentre esses trabalhos, oito foram descartados por não possuírem um estudo aprofundado sobre a temática e/ou não apresentarem resultados que pudessem ser entendidos como uma proposta de um sistema de operações para interpretar um gráfico cartesiano.

Ao final deste levantamento, foram selecionados para análise treze trabalhos publicados entre 1978 e 2009. O processo de análise desses trabalhos ocorreu da seguinte forma:

- a) Separaram-se os treze trabalhos escolhidos para análise;
- b) Fez-se a leitura aprofundada de cada um deles;
- c) Foram feitas anotações das operações que pertenciam à estrutura que cada autor propunha para a interpretação de um gráfico cartesiano;
- d) Organizou-se um quadro segundo o Método Teórico da Atividade de Talízina (1988), considerando, para cada autor, o objetivo, o motivo, o sistema de operações e o produto.

As informações obtidas a partir da utilização do Método Teórico nos trabalhos estão representadas no Quadro 11.

Objetivo	INTERPRETAR GRÁFICOS CARTESIANOS					
Motivo	COMPREENDER O CONTEÚDO DE UM GRÁFICO CARTESIANO					
Autor(es)	Janvier (1978)	Padilla, Mackenzie e Shawn (1986)	Wainer (1992)	Ainley, Nadi e Pratt (2000)	Postigo e Pozo (2000)	Friedl; Curcio; Bright (2001)
Sistema de Operações	a) Localizar pontos extremos; b) Localizar situações de crescimento, decrescimento e constância; c) Classificar e quantificar as variações; d) Localizar e quantificar a maior e/ou a menor variação; e) Localizar o valor da frequência da categoria do eixo das abscissas; f) Localizar o valor da frequência da categoria do eixo das ordenadas; g) Extrapolar os valores; h) Avaliar médias; i) Compor grupos.	a) Determinar as coordenadas correspondentes a um ponto; b) Identificar as variáveis e manipulá-las; c) Interpolar e/ou extrapolar os dados; d) Identificar as tendências; e) Descrever a inter-relação entre as variáveis;	Nível elementar Extração de dados ou a leitura de pontos isolados.	a) Dependência entre dados bivariados (correlação); b) Inter-relação visual contínua entre a sucessão de pontos (linearidade); c) Possibilidades de interpolação; d) Possibilidades de extração; e) Conexão entre a dependência apresentada entre os grupos de dados e a inter-relação entre as variáveis experimentais.	Nível explícito a) Determinar variáveis e classificá-las; b) Ler os valores das variáveis; c) Propor um título. Nível implícito a) Expressar a relação entre as variáveis; b) Identificar padrões e tendências; c) Manipular, decodificar e/ou definir as convenções, os termos, as legendas ou os símbolos.	a) Questionamentos que visem extrair toda a informação possível dos dados do gráfico; b) Questionamentos que buscam relações entre os dados apresentados no gráfico; c) Requer extrapolar a partir dos dados, analisando as relações implícitas para poder predizer ou generalizar.
Produto	INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS CARTESIANOS					

Objetivo	INTERPRETAR GRÁFICOS CARTESIANOS				
Motivo	COMPREENDER O CONTEÚDO DE UM GRÁFICO CARTESIANO				
Autor(es)	Guimarães (2002)	Shah e Hoeffner (2002)	García e Palacios (2007)	Dolores e Cuevas (2007)	Núñez e Silva (2008)
Sistema de Operações	<ul style="list-style-type: none"> a) Localizar pontos extremos (mínimo e/ou máximo); b) Localizar o fator de frequência de uma categoria (eixo y); c) Localizar variações (decréscimo e/ou acréscimo e/ou estabilidade); d) Quantificar variações; e) Localizar o valor de frequência de uma categoria; f) Localizar uma categoria a partir do valor de frequência; g) Extrapolar o gráfico; h) Compor grupos (união). 	<ul style="list-style-type: none"> a) Codificar a matriz visual da representação e determinar quais são as características visuais mais importantes na mesma. b) Implementar estas características visuais do gráfico com o significado conceitual que cada uma delas representa. c) Determinar as referências para cada um dos conceitos associados com as características visuais e o estabelecimento das relações entre os conceitos e as funções. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Identificar e classificar cada variável; b) Extrapolar o valor que as variáveis podem tomar; c) Comparar o valor tomado pelas variáveis em dois pontos diferentes; d) Identificar um ponto para o qual se cumprem determinadas condições; e) Formular um título para o gráfico; f) Determinar a expressão mais adequada para descrever a relação apresentada; g) Determinar como varia uma variável em relação à outra; h) Determinar o tipo de proporcionalidade; i) Estabelecer qual será seu comportamento no caso de relações não proporcionais; j) Manejar, decodificar e/ou definir as convenções, termos, legendas ou símbolos; k) Elaborar conclusões pertinentes; l) Formular explicações que relacionem o fenômeno com os padrões de comportamento das; m) Determinar o valor de uma das variáveis a partir da aplicação de uma expressão algébrica; n) Estimar o valor das variáveis; 	<ul style="list-style-type: none"> a) Identificar as variáveis; b) Localizar pontos no plano e determinar os intervalos de variação; c) Fazer comparações e operações entre os estados finais e iniciais; d) Determinar se o gráfico cresce, decresce ou permanece constante; e) Identificar as variações da variável dependente em relação à variável independente. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Identificar variáveis; b) Leitura de dados; c) Atribuir um título; d) Elaboração de sínteses conceituais; e) Elaboração de explicações; f) Elaboração de previsões; g) Identificar as relações; h) Classificar a relação; i) Reconhecimento de termos.

			o) Comparar os valores estimados com os valores das variáveis.		
Produto	INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS CARTESIANOS				

Objetivo	INTERPRETAR GRÁFICOS CARTESIANOS	
Motivo	COMPREENDER O CONTEÚDO DE UM GRÁFICO CARTESIANO	
Autor(es)	Núñez; Hernández e Aranda (2009)	Bezmalinovic (2009)
Sistema de Operações	a) Correspondência de valores entre eixos; b) Interpolar; c) Incremento entre os pontos de uma linha; d) Comparar seção de uma linha; e) Extrapolar; f) Colocar título no gráfico; g) Obter conclusões; h) Inferir a tendência do gráfico; i) Comparar seções e pontos de duas linhas distintas.	a) Estabelecer um sistema de coordenadas cartesianas como referência; b) Reconhecer e isolar variáveis; c) Localizar pontos em um sistema de coordenadas cartesianas; d) Descrever a posição de pontos no plano; e) Localizar e interpretar um valor específico de um gráfico; f) Localizar as informações relevantes em um gráfico e interpretar seus valores diretamente; g) Identificar a existência ou não de relação de dependência entre duas variáveis; h) Ler um gráfico em contextos conhecidos; i) Prever o valor de uma variável na curva; j) Prever o valor da variável que não está na curva, onde não há nenhuma dependência de variáveis, porém pelo comportamento da curva pode-se prever; k) Discutir as características gerais do gráfico; l) Desenvolver argumentos baseados sobre a interpretação do gráfico; m) Usar gráficos para a interpretação dos fenômenos sociais; n) Interpretar informações matemáticas complexas no contexto de uma situação real desconhecida; Interpretar mais de um gráfico no mesmo sistema.
Produto	INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS CARTESIANOS	

Quadro 11 – Análise funcional-estrutural da atividade de interpretar gráficos cartesianos

Segundo o Método Teórico da Atividade, as informações apresentadas no Quadro 11 foram analisadas na busca por significados semelhantes entre as operações descritas pelos autores. Esse estudo teve por objetivo identificar operações básicas que pudessem compor a estrutura invariante da habilidade de interpretar gráficos cartesianos.

A princípio, foi realizada uma leitura geral das operações descritas no Quadro 11 para cada autor e fomos agrupando as operações com significados semelhantes em linhas distintas de um quadro, de modo a formarem uma sequência lógica da habilidade. Por exemplo, em seis trabalhos, encontramos referência à identificação das variáveis:

- Identificar as variáveis e manipulá-las (PADILLA; MACKENZIE; SHAWN, 1986);
- Determinar variáveis e classificá-las (POSTIGO; POZO, 2000);
- Identificar e classificar cada variável (GARCÍA; PALACIOS, 2007);
- Identificar as variáveis (DOLORES; CUEVAS, 2007);
- Identificar variáveis (NÚÑEZ; SILVA, 2008)
- Reconhecer e isolar variáveis (BEZMALINOVIC, 2009).

Essas seis operações foram agrupadas em uma das linhas do quadro e, como um segundo passo, foi verificado se existiam entre elas operações com escritas idênticas e que pudessem ser excluídas da análise de modo que, ao final, tivéssemos um grupo de operações com escritas distintas, mas com o mesmo significado. Das seis operações acima, as descritas por Dolores e Cuevas (2007) e Núñez e Silva (2008) são praticamente iguais, logo excluímos uma delas do quadro. Cada grupo de operações semelhantes foi organizado em uma das linhas da primeira coluna do quadro de operações, identificado a seguir como Quadro 12.

Esse procedimento repetiu-se para todas as operações descritas nos trabalhos analisados e os resultados foram sendo organizados, como dito, na primeira coluna do Quadro 12.

No intuito de sintetizar as operações identificadas em cada um dos trabalhos apresentados no Quadro 11 e assim propormos um modelo geral de invariante para a interpretação de gráficos cartesianos, analisamos as operações que julgamos semelhantes e, para cada agrupamento, indicamos, na segunda coluna do Quadro 12, uma operação sintetizada que as representasse. Para o caso do exemplo das variáveis, optou-se por definir como operação sintetizada: *Classificar as variáveis como dependente ou independente, qualitativas ou quantitativas.*

Foi utilizado a habilidade *classificar* pressupondo-se que a classificação exige uma identificação e/ou reconhecimento prévio e, ao mesmo tempo, permitiu que fosse indicado

como poderia ser classificada cada variável (dependente, independente, qualitativa e quantitativa).

Assim, foi feito para as demais operações das pesquisas descritas no Quadro 11 obtendo-se ao final a sequência de operações sintetizadas do Quadro 12 a seguir.

Grupos de operações com significados semelhantes	Operação Sintetizada
a) Identificar as variáveis e manipulá-las; b) Determinar variáveis e classificá-las; c) Identificar e classificar cada variável; d) Identificar variáveis; e) Reconhecer e isolar variáveis.	<i>Classificar as variáveis como dependente ou independente, qualitativa ou quantitativa</i>
a) Ler os valores das variáveis relacionadas no gráfico; b) Leitura de dados; c) A primeira etapa consiste na codificação da matriz visual da representação e em determinar quais são as características visuais mais importantes na mesma.	<i>Identificar as escalas de valores/frequências utilizadas em cada um dos eixos cartesianos</i>
a) Manipular, decodificar e/ou definir as convenções, os termos, as legendas ou os símbolos que acompanham o gráfico; b) Implementação das características visuais do gráfico com o significado conceitual que cada uma delas representa; c) Manejar, decodificar e/ou definir as convenções, termos, legendas ou símbolos que acompanham o gráfico.	<i>Interpretar as convenções, os termos, as legendas ou os símbolos presentes no gráfico</i>
a) Expressar o tipo de relação entre as variáveis; b) Identificar as relações; c) Correspondência de valores entre eixos; d) Dependência entre dados bivariados; e) Questionamentos que buscam relações entre os dados apresentados no gráfico; f) Identificar as variações da variável dependente em relação à variável independente; g) Descrever a inter-relação entre as variáveis; h) Determinar como varia uma variável em relação à outra; i) Determinar o tipo de proporcionalidade, ou não proporcionalidade, que se apresenta entre as variáveis; j) Identificar padrões e tendências no gráfico; k) Detecção das tendências observadas em determinados intervalos do gráfico; l) Identificar as tendências presentes no gráfico; m) Localizar situações de variação: crescimento, decrescimento e constância; n) Determinar se o gráfico cresce, decresce ou permanece constante.	<i>Identificar a relação existente entre as variáveis e os padrões e tendências presentes no gráfico</i>
a) Construir conclusões, a partir das informações do gráfico; b) Elaboração de sínteses conceituais; c) Elaboração de explicações; d) Elaboração de previsões; e) Classificar a relação; f) Obter conclusões; g) Compreensão profunda sobre a estrutura dos dados e de seu comportamento; h) Formular explicações que claramente relacionem o fenômeno a explicar com os padrões de comportamento das variáveis apresentadas .	<i>Formular explicações, previsões e/ou conclusões para os padrões de comportamento das variáveis</i>
a) Interpoliar; b) Possibilidades de interpolação: ou seja, que dados não disponíveis podem ser relacionados com os dados disponíveis;	<i>Identificar possíveis interpolações entre os dados apresentados</i>

Grupos de operações com significados semelhantes	Operação Sintetizada
c) Interpolar os dados da representação gráfica; d) Incremento entre os pontos de uma linha.	
a) Comparar seção de uma linha; b) Comparar o valor tomado pelas variáveis em dois pontos diferentes; c) Classificar as situações de variação; d) Quantificar as situações de variação; e) Localizar pontos no plano e determinar os intervalos de variação; f) Comparar seções de duas linhas distintas; g) Comparar pontos de duas linhas distintas; h) Localizar pontos extremos; i) Extração de dados ou a leitura de pontos isolados; j) Localizar e quantificar a maior e/ou a menor variação; k) Fazer comparações e operações entre os estados finais e iniciais; l) Identificar um ponto na linha gráfica para o qual se cumprem determinadas condições; m) Determinar as coordenadas correspondentes a um ponto; n) Reconhecimento de termos.	<i>Identificar pontos específicos e/ou com características atípicas</i>
Determinar qual é a expressão mais adequada para descrever a relação entre as variáveis.	<i>Determinar qual é a expressão mais adequada para descrever a relação entre as variáveis</i>
a) Prever o comportamento das variáveis em fenômenos relacionados com as informações do gráfico; b) Extrapolar; c) Extrapolar o valor que as variáveis podem tomar em pontos não representados na linha do gráfico; d) Predizer o comportamento de um sistema relacionado através do uso da analogia global; e) Possibilidades de extração; f) Extrapolar os valores do gráfico; g) Extrapolar os dados da representação gráfica; h) Requer extrapolar a partir dos dados, analisando as relações implícitas para poder predizer ou generalizar.	<i>Prever as possibilidades de extração dos dados apresentados</i>
a) Propor um título para o gráfico que tenha relação com as variáveis representadas; b) Atribuir um título ao gráfico; c) Colocar título no gráfico; d) Formular um título para o gráfico.	<i>Atribuir um título adequado ao gráfico em função das relações entre as variáveis envolvidas</i>

Quadro 12 – Operações que organizam a invariante de interpretar gráficos cartesianos

Com base nas operações sintetizadas do Quadro 12, pudemos organizar o modelo da atividade (invariante) de interpretar gráficos cartesianos, onde para cada operação sintetizada associamos os respectivos conceitos e as operações necessárias para alcançá-las.

6.4.2 Modelo da atividade ou invariante

O modelo da atividade disposto no Quadro 13 foi organizado de modo que, na primeira, coluna apresentássemos cada uma das operações sintetizadas e apresentadas no Quadro 12 e, na segunda, coluna tivéssemos os conceitos associados a cada uma dessas

operações sintetizadas. Na terceira coluna, foram discutidos detalhes e características associados aos conceitos e que são fundamentais para o entendimento do processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos. Na última coluna do quadro, foram determinadas as operações necessárias para o desenvolvimento de cada operação sintetizada.

Operação sintetizada	Conceito	Características do conceito	Operações
<p><i>Classificar as variáveis como dependente ou independente, quantitativa ou qualitativa.</i></p>	<p>Sistema de eixos cartesianos ortogonais: são duas retas orientadas e perpendiculares entre si, sendo o ponto de intersecção denominado origem. As grandezas envolvidas são representadas utilizando uma escala adequada para cada eixo.</p> <p>Variável: é o atributo de interesse que é medido, controlado ou manipulado em cada elemento da amostra ou população de uma pesquisa. As variáveis podem ter valores numéricos ou não numéricos.</p>	<p>O eixo na horizontal (por convenção) é denominado eixo das abcissas e nele são dispostos os valores da variável independente. O eixo na vertical (por convenção) é chamado eixo das ordenadas e nele são colocados os valores da variável dependente.</p> <p>Variáveis independentes: são as variáveis que são manipuladas. Pretendem elucidar as variáveis dependentes, cujas implicações aspiramos medir.</p> <p>Variáveis dependentes: são as variáveis cujos resultados são esperados de acordo com as causas. Medem ou registram o fenômeno estudado e que se quer explicar.</p> <p>Variáveis Quantitativas: são atributos que podem ser medidos em uma escala quantitativa, isto é, proporcionam valores numéricos. Permitem ordenar, quantificar e comparar a dimensão do que está sendo medido. Podem ser contínuas ou discretas.</p> <p>Variáveis discretas: podem assumir apenas um número finito ou infinito contável de valores, ou seja, fazem sentido apenas valores inteiros. Geralmente são aquelas resultantes de contagens: número de lápis, quantidade de filhos, idade em anos completos, etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar em qual dos eixos está representada a variável independente; - Identificar em qual dos eixos está representada a variável dependente; - Identificar que grandeza é representada pela variável independente; - Nomear a variável independente; - Identificar que grandeza é representada pela variável dependente; - Nomear a variável dependente.

Operação sintetizada	Conceito	Características do conceito	Operações
		<p>Variáveis contínuas: assumem valores em uma escala contínua, ou seja, fazem sentido valores não inteiros. Normalmente, devem ser medidas utilizando algum instrumento. Os resultados das medidas podem assumir infinitos valores: peso, altura, pressão arterial, idade.</p> <p>Variáveis Qualitativas (ou categóricas): são atributos que não possuem valores quantitativos. São definidas por várias categorias, ou seja, representam uma classificação dos indivíduos. Podem ser nominais ou ordinais.</p> <p>Variáveis nominais: não existe ordenação dentre as categorias. Cada categoria é independente, sem nenhuma relação com as outras: sexo (masculino, feminino), raça (branco, preto, outro), cor dos olhos, fumante/não fumante.</p> <p>Variáveis ordinais: existe ordenação entre as categorias, que podem ser regulares ou não: escolaridade (fundamental, médio, superior), classe social (alta, média, baixa), mês de observação (janeiro, fevereiro,..., dezembro), desempenho (péssimo, ruim, regular, bom , ótimo), etc.</p>	

Operação sintetizada	Conceito	Características do conceito	Operações
<i>Identificar as escalas de valores/frequências utilizadas em cada um dos eixos cartesianos</i>	<p>Escala de valores (graduação): É um trecho de curva (normalmente uma reta) marcado por traços numerados e consecutivos, organizados segundo valores ordenados de uma grandeza.</p> <p>Toda escala tem um <i>passo</i>, a menor distância real (em cm, mm, etc.) entre dois traços numerados e sucessivos no segmento de reta, podendo ser linear ou não. A variação da grandeza em um passo é denominada <i>degrau</i>.</p> <p>Os tipos mais comuns de escalas são a linear e a logarítmica.</p>	<p>Escala linear: os eixos são divididos de modo que as distâncias dos traços em relação à origem sejam proporcionais aos valores que a grandeza a ser representada assume, ou seja, possui passo e degrau constantes. É estabelecida uma correspondência entre a unidade de comprimento na escala e o valor da grandeza representada.</p> <p>Escala logarítmica: nesse tipo de escala as distâncias entre os traços não são lineares, ou seja, o passo é variável. As distâncias entre marcas sucessivas não é constante, são proporcionais às diferenças entre os logaritmos das variáveis. A escala é construída de tal maneira que quando uma quantidade x é marcada nessa escala o comprimento é proporcional à $\log(x)$.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar qual unidade de medida está sendo utilizada para variável independente; - Identificar a escala de variação utilizada para a variável independente; - Identificar qual unidade de medida está sendo utilizada para variável dependente; - Identificar a escala de variação utilizada para a variável dependente.
<i>Interpretar as convenções, os termos, as legendas ou os símbolos presentes no gráfico</i>	<p>Legendas: contém as definições de cada uma das categorias de um gráfico</p>	A legenda de um gráfico exibe, dentro de seu campo de representação, o que significa, por exemplo, as cores ou algum desenho apresentado. A legenda pode estar representada abaixo, acima ou nas laterais do gráfico.	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar se existe alguma simbologia específica utilizada no gráfico. Em caso afirmativo, decodificá-la; - Verificar se os termos utilizados são conhecidos. Em caso negativo, investigar seu significado; - Verificar se conhece os termos utilizados nas legendas dos eixos cartesianos. Em caso negativo, buscar seus significados.
<i>Identificar a relação existente entre as variáveis e os padrões e tendências presentes no gráfico</i>	<p>Relação entre variáveis: as variáveis estão relacionadas se seus valores correspondem sistematicamente uns aos outros para aquela amostra de observações.</p> <p>Propriedades elementares da</p>	<p>Magnitude: relaciona-se ao tamanho (valor absoluto) de um dado da amostra quando comparado a outro dado desta mesma amostra.</p> <p>Variáveis com relação diretamente proporcionais: o aumento ou redução do valor da variável independente corresponde, respectivamente, a um</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar se existe uma, ou mais, relações de dependência entre as variáveis. Em caso afirmativo: identificar quais e quanto altera a variável dependente em relação à independente; - Identificar o tipo de variação:

Operação sintetizada	Conceito	Características do conceito	Operações
	<p>relação entre variáveis: magnitude e confiabilidade. Essas propriedades não são inteiramente independentes. Em uma amostra de certo tamanho, normalmente, quanto maior a magnitude da relação entre as variáveis, mais confiável é a relação.</p>	<p>Confiabilidade: este conceito está relacionado à "representatividade" do resultado encontrado em uma determinada amostra da população. Representa a probabilidade de se encontrar uma relação similar se o experimento for realizado com outras amostras retiradas da mesma população. A importância da confiabilidade está na informação que ela pode fornecer sobre a população.</p>	<p>aumento ou redução proporcional, na mesma direção e sentido na variável dependente.</p> <p>Variáveis com relação inversamente proporcionais: o aumento ou redução do valor da variável independente corresponde, respectivamente, a uma redução ou aumento proporcional, ou seja, em direção e sentido contrários na variável dependente.</p> <p>Variáveis com relação constante: o aumento ou redução do valor da variável independente não altera o valor da variável dependente.</p> <p>Variáveis com relação exponencial, logarítmica, etc...: o aumento ou redução do valor da variável independente corresponde, respectivamente, a um aumento ou redução exponencial, logarítmico, etc, na variável dependente.</p>
<i>Formular explicações, previsões e/ou conclusões para os padrões de comportamento</i>	Padrões de comportamento	Características definidas por comportamentos diferenciados do gráfico em função da variável independente, trechos crescentes, decrescente, etc.	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar análise das relações expostas no gráfico; - Verificar a relação das variáveis

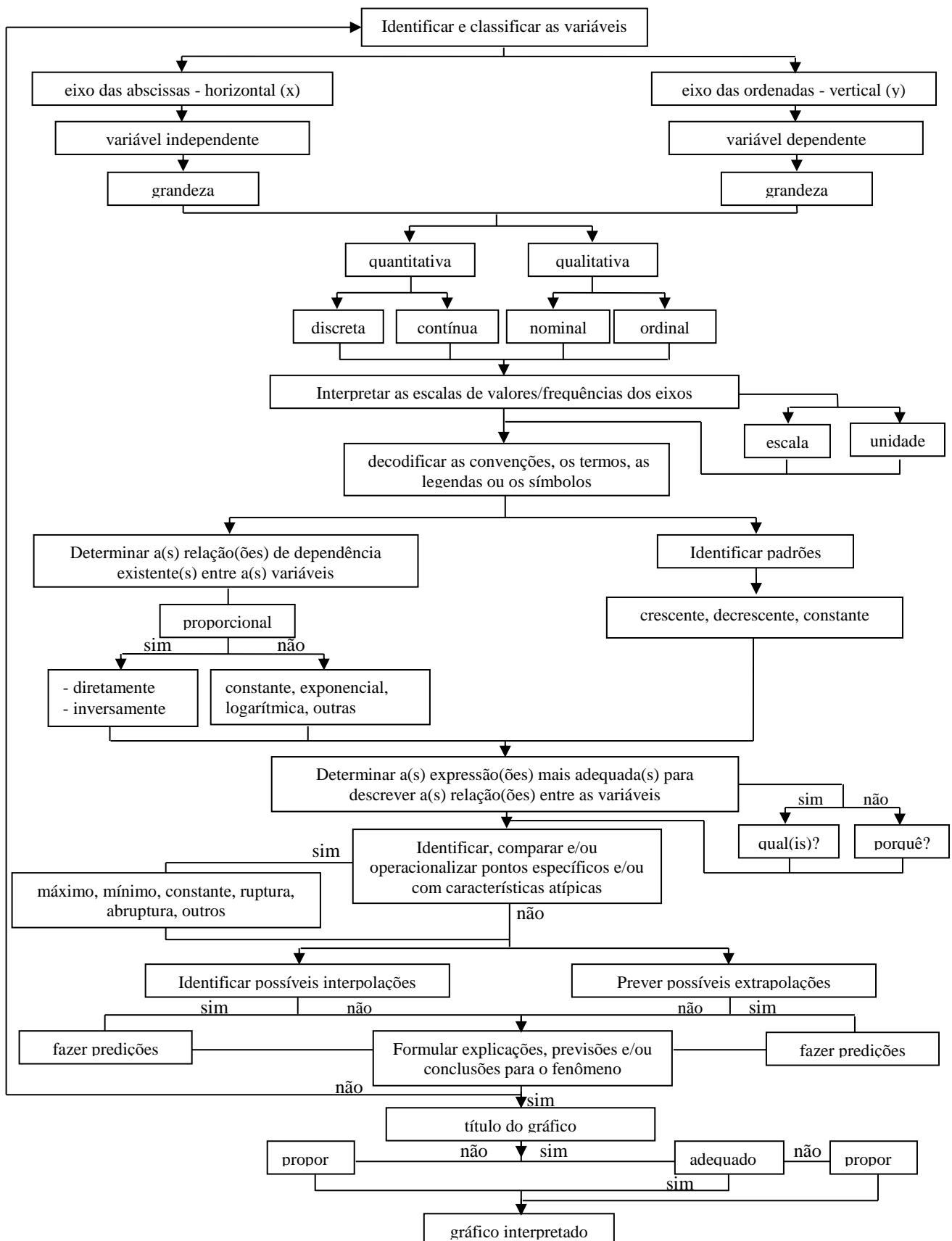
Operação sintetizada	Conceito	Características do conceito	Operações
<i>das variáveis</i>			com o fenômeno representado; <ul style="list-style-type: none"> - Identificar todos os dados que podem ser extraídos do gráfico;
<i>Identificar possíveis interpolações entre os dados apresentados</i>	Interpolação: consiste em propor, a partir da relação existente entre as variáveis independente e dependente, valores de abscissas e respectivas ordenadas que estejam entre dois pontos conhecidos do gráfico.	Através da interpolação se constrói um novo conjunto de dados a partir de um grupo de variáveis discretas e se faz uma reconstituição aproximada da função representada. É necessário interpolar os dados de um gráfico cartesiano quando se conhece apenas os valores numéricos da função para dois pontos discretos e necessita-se calcular o valor da função em um ponto desconhecido do intervalo.	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar se as variáveis representadas são discretas ou contínuas; - Se as variáveis forem discretas: verificar a possibilidade de interpolação dos dados; - Se as variáveis forem contínuas: verificar se o gráfico é passível de interpolação; - Sendo possível a interpolação, fazer previsões e incrementos sobre as possibilidades;
<i>Identificar pontos específicos e/ou com características atípicas</i>	Intervalos numéricos: Dados dois números reais m e n , denomina-se intervalo ao conjunto de todos números reais compreendidos entre m e n , podendo, ou não, incluir m e n .	Os números m e n definem os limites do intervalo, sendo a diferença entre eles, denominada de amplitude do intervalo. Quando m e/ou n estão inclusos no intervalo este é chamado de intervalo fechado e caso contrário, é chamado de intervalo aberto. O ponto do gráfico onde está localizado o maior valor de ordenada é denominado de ponto de máximo e o ponto onde está localizado o menor valor de ordenada é chamado de ponto de mínimo.	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar pontos de destaque no gráfico; - Identificar o(s) ponto(s) de maior ordenada; - Identificar o(s) ponto(s) de menor ordenada; - Identificar pontos de ordenadas iguais; - Identificar intervalos de constância da relação entre as variáveis; - identificar a variação entre pontos distintos do gráfico; - determinar a variação entre pontos distintos do gráfico; - se o gráfico representar mais de uma função, comparar pontos entre as representações;
<i>Determinar qual é a relação/função mais adequada para descrever como as variáveis se relacionam.</i>	Relação: é um conjunto de pares ordenados de tal modo que o primeiro valor do par ordenado (pertencente aos valores das	As funções diferenciam-se por leis generalizadas e propriedades específicas que as classificam em vários tipos: função sobrejetora, função injetora, função bijetora, função trigonométrica, função linear, função	<ul style="list-style-type: none"> - Determinar, quando possível, uma, ou mais, relação(ões)/função(ões) que represente(em) a dependência entre as variáveis;

Operação sintetizada	Conceito	Características do conceito	Operações
	variáveis independentes) se relaciona com o segundo valor do par ordenado (pertencente aos valores das variáveis dependentes).	quadrática, função modular, função quadrática, função exponencial, função logarítmica, entre outros.	- Escrever a relação apropriada em linguagem matemática;
	Função: é uma relação entre duas variáveis, tal que o conjunto de valores para a variável independente é determinado, e a cada valor da variável independente está associado um, e somente um, valor para a variável dependente.		
<i>Prever as possibilidades de extrapolação dos dados apresentados</i>	Extrapolação: consiste em realizar previsões e inferências, a partir dos dados existentes, sobre informações que não estejam representadas diretamente no gráfico.	Apesar de em alguns momentos ser a única forma de se descobrir um valor maior que a maior representação ou um valor menor que a menor representação no gráfico, esta procedimento dever ser realizado com cautela, pois, fora da faixa em que foram representados os padrões „não se pode ter certeza que a tendência continua sendo a mesma.	- Se as variáveis forem discretas: verificar a possibilidade de extrapolação dos dados; - Se as variáveis forem contínuas: verificar se o gráfico é passível de extrapolação; - Sendo possível a extrapolação, fazer previsões e incrementos sobre as possibilidades;
<i>Atribuir um título adequado ao gráfico em função das relações entre as variáveis envolvidas</i>	Título de um gráfico: identificação que informa o contexto do fenômeno representado no gráfico	O título, normalmente, encontra-se na parte superior do gráfico e deve expressar de forma resumida e clara o fenômeno representado. Devem ser evitados títulos redundantes que apenas indiquem as variáveis apresentadas nos eixos das abscissas e ordenadas. Em alguns casos onde o gráfico apresenta legenda, o título pode não estar representado, uma vez que as informações da legenda podem ser suficientes para o entendimento do fenômeno apresentado.	- Identificar se o gráfico tem um título. <ul style="list-style-type: none">• Se positivo: verificar se o título é adequado.<ul style="list-style-type: none">- Se não adequado: formular um título que represente adequadamente a relação das variáveis no fenômeno apresentado.• Se negativo: formular um título que represente adequadamente a relação das variáveis no fenômeno apresentado.

Quadro 13 – Modelo da Atividade de interpretar gráficos cartesianos

Para estruturar um modelo da habilidade de interpretar gráficos cartesianos na forma de uma apresentação esquemática do encadeamento das operações, foi elaborado a partir do Quadro 13 um organograma que apresenta a sequência lógica das operações para desenvolvimento da habilidade. O Esquema 3 apresenta o organograma da interpretação de gráficos cartesianos organizado segundo a Método Teórico de Talízina.

O Modelo da Atividade do Quadro 13, que propõe a estrutura invariante da habilidade de interpretar gráficos cartesianos, juntamente com o organograma apresentado no Esquema 3, foram utilizados, por este pesquisador como referência para orientar o processo de negociação entre este e os licenciandos no estabelecimento da Base Orientadora da Ação (B.O.A.) utilizada como cartão de estudo durante o desenvolvimento da formação.



Dessa forma, o sistema de operações da habilidade a ser utilizado na etapa de construção da B.O.A. tipo III pode ser representado pela sequência abaixo, conforme o Quadro 14.

BASE ORIENTADORA DA AÇÃO: INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS CARTESIANOS

1. Observar se existe um plano cartesiano;
2. Identificar as variáveis envolvidas (grandezas) e se existe uma legenda;
3. Identificar as unidades de medidas das variáveis;
4. Descrever a escala dos eixos: passo e degrau¹;
5. Determinar o tipo das variáveis: discreta ou contínua;
6. Identificar valores das variáveis;
7. Localizar pontos do gráfico: abscissa e ordenada;
8. Identificar a variável independente e a dependente;
9. Descrever a(s) tendência(s) da curva do gráfico: crescente, decrescente etc.;
10. Verificar a(s) relação(ões) existente(s) entre as variáveis:
 - a) Tipo de relação: proporcional, exponencial, logarítmica etc.;
 - b) Fórmula da relação, se possível.
11. Identificar características atípicas: máximo, mínimo, amplitude, ruptura etc.;
12. Identificar interpolações, se possível;
13. Prever extrapolação, se possível; e
14. Dar um título ao gráfico que represente o fenômeno, quando necessário.

Quadro 14 – Sistema de Operações da habilidade a ser utilizado na etapa de construção da B.O.A. III

6.5 O Sistema de Tarefas para a formação da habilidade

A formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos na perspectiva da teoria de Galperin é um processo que precisa do planejamento docente. É um processo que tem uma dada finalidade pedagógica. Para o planejamento desse processo, é necessário considerar, entre os seus princípios, a estruturação do processo de assimilação segundo as etapas definidas na teoria, tomando como eixo estruturador um Sistema de Tarefas e situações-problema vinculadas ao objeto da assimilação que considere a dialética entre os avanços dos estudantes como grupo assim como suas diferenças individuais (NÚÑEZ, 2013).

Para Núñez (2013), o ensino com situações-problema tem-se mostrado uma via eficiente para a motivação da aprendizagem. Ela exige o planejamento consequente e orientado de tarefas cognoscitivas para os estudantes. Segundo Núñez (2013), a tarefa converte-se em um problema cognoscitivo, que deve satisfazer os seguintes requisitos:

- a) Apresentar uma dificuldade cognoscitiva para os alunos, ou seja, que implique em reflexão sobre o problema objeto de estudo;
- b) Despertar o interesse cognoscitivo dos alunos;
- c) Apoiar-se na experiência anterior e no conhecimento dos alunos.

A elaboração do Sistema de Tarefas para o processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos baseou-se nos dados encontrados na análise dos livros didáticos do PNLD, mas também buscou estar de acordo com os indicadores qualitativos definidos nos objetivos do estudo. A escolha dos gráficos referiu-se, primeiramente, aos tipos de gráficos cartesianos identificados nos livros do PNLD e definidos para as tarefas (Quadro 10) e, posteriormente, às relações de grandezas envolvidas nesses gráficos (Apêndice C). Essa ordem de escolha caracteriza-se pelo fato de que os gráficos das diversas relações de grandezas têm aparências e formas de interpretação semelhantes quando tratadas pelos mesmos tipos de gráficos. Em um determinado tipo de representação gráfica de linha, por exemplo, independente das grandezas envolvidas, a interpretação das informações trazidas pelo gráfico são abordadas por intermédio das mesmas ações e operações (invariante da habilidade). Sendo assim, ao contemplar todos os tipos de gráficos encontrados durante a análise dos livros didáticos e definidos para as tarefas, independente de se estar contemplando todas as inúmeras situações de relações de grandezas, atende-se aos casos típicos das representações em Química e os seus limites de generalização.

Para o desenvolvimento da experiência formativa fundamentada na teoria da assimilação de Galperin, foi selecionado para elaboração das tarefas, a princípio, um quantitativo de vinte e três gráficos cartesianos. Diz-se “a princípio” porque o processo de formação da habilidade de acordo com as etapas da teoria de Galperin é interativo e dinâmico, podendo ser necessária a substituição, redução ou elaboração de novas tarefas durante seu desenvolvimento. Desses vinte e três gráficos, de acordo com a observação do desenvolvimento dos licenciandos na resolução das tarefas durante o processo formativo, findou-se por serem utilizados quinze gráficos. Todas as tarefas foram adaptadas de seu local de origem de modo a que os licenciandos dissertassem suas respostas durante o procedimento de interpretar os gráficos cartesianos.

No Quadro 15 , apresentamos os quantitativos de tarefas elaboradas para cada um dos momentos ou etapas da formação e seus respectivos indicativos qualitativos.

Momento/Etapa	Número de tarefas	Indicadores qualitativos					
		Específicas	Forma da ação	Grau de Generalização	Grau de Independência	Grau de Consciência	Grau de Solidez
Diagnóstico inicial	1	X					
Motivação	-	X					
Elaboração da B.O.A	-	X					
Material e Materializada	8		X	X			
Linguagem Externa	2		X	X		X	
Plano Mental	1		X	X			
Controle Final	2		X	X	X		
Avaliação do Grau de Solidez	1		X		X		X

Quadro 15 – Quantitativo e indicadores qualitativos das tarefas utilizadas na formação da habilidade

Para melhor entendimento da organização do Sistema de Tarefas, apresentamos para cada um dos momentos ou etapas da formação, as justificativas de escolha das tarefas, os indicadores qualitativos associados a elas e as tarefas elaboradas.

As tarefas para o desenvolvimento da formação da habilidade devem ter como características a validade. Na busca por garantir esse aspecto, as tarefas para a experiência formativa foram analisadas por um especialista em Química e na teoria de assimilação de Galperin, neste caso, o orientador desta Tese, o professor Dr. Isauro Beltrán Núñez, professor e pesquisador do Centro de Educação da Universidade federal do Rio Grande do Norte.

Sobre o aspecto da validade, o especialista analisou se o conteúdo das tarefas estava de acordo com o que se pretendia formar em cada um dos momentos/etapas da formação e se contemplavam os indicadores qualitativos que permitissem a avaliação do grau de desenvolvimento da habilidade dos licenciandos.

Todas as tarefas utilizadas no processo formativo foram elaboradas de modo que exigissem uma resposta discursiva dos licenciandos, ou seja, a interpretação é respondida por escrito, sendo a orientação para a solução das tarefas, o que passa do plano externo ao plano mental. As tarefas utilizadas no ensino escolar, em sua maioria, fornecem níveis de ajuda identificando em itens (a, b, c,...) o que requer interpretação e não estimula uma visão da totalidade do gráfico, ou seja, uma interpretação global.

6.5.1 Tarefa para o diagnóstico inicial do grau de desenvolvimento da habilidade

O processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos está determinado pelo nível de desenvolvimento da atividade cognoscitiva dos licenciandos para a nova aprendizagem. É necessário saber se os estudantes possuem um grau de desenvolvimento suficiente para assimilar os novos conteúdos. Caso não exista um domínio apropriado dos conteúdos anteriores, básicos para os novos, é preciso garantir sua assimilação com antecedência.

O processo de diagnóstico inicial buscou responder ao primeiro objetivo específico deste estudo: “Diagnosticar o nível de desenvolvimento da habilidade de interpretar gráficos cartesianos, em licenciandos da área de Química”.

Para identificar o grau de desenvolvimento da habilidade em que os estudantes de Licenciatura em Química se encontravam, foi aplicado a Tarefa I - DI por meio da qual foi solicitado que interpretassem de forma global um gráfico cartesiano da área de Química, ou seja, que escrevessem o máximo de informações que pudessem obter da interpretação do gráfico apresentado na tarefa. Foi selecionado para a tarefa um gráfico cartesiano de uma questão de vestibular da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a qual foi adaptada, conforme mostra a Figura 3:

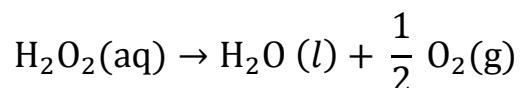
DIAGNÓSTICO INICIAL

Data: ____ / ____ / 2012

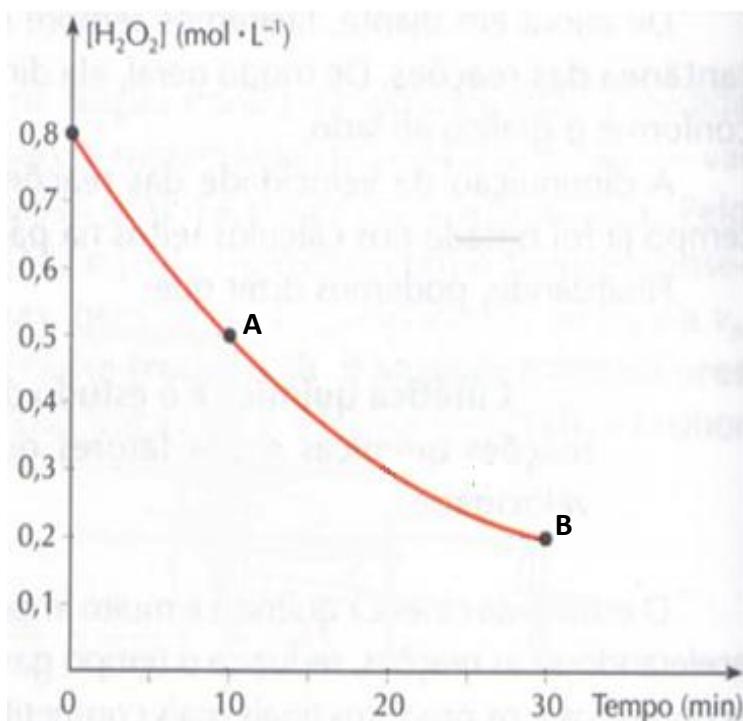
Nome:

Tarefa I - DI

A água oxigenada – H_2O_2 (aq) – se decompõe, produzindo água e gás oxigênio, de acordo com a equação:



Esse processo é representado no gráfico abaixo:



Fonte: Vestibular UFSC (1998) - Adaptada

Interprete o gráfico. Para isso escreva o máximo de informações que podem ser obtidas do mesmo.

Figura 3 – Tarefa I – DI: Diagnóstico inicial da habilidade de interpretar gráficos cartesianos
Fonte: Sistema Didático

A questão original estava na forma de questão de múltipla escolha e a sua adaptação foi necessária para que se adequasse ao modelo de questão discursiva que propomos para todas as tarefas a serem aplicadas na formação.

6.5.2 Tarefas para a etapa motivacional

Para a etapa motivacional, foram organizados um procedimento e duas tarefas com a intenção de discutir a interpretação de gráficos cartesianos e motivar os estudantes a desejarem desenvolver essa habilidade.

O primeiro procedimento realizado foi a organização dos dados de quinze pesquisas que utilizamos na problematização deste estudo e que identificaram dificuldades de estudantes e professores para a interpretação de gráficos cartesianos. As dificuldades identificadas por esses estudos foram organizadas no Quadro 16 e este foi projetado para os licenciandos durante o momento da motivação.

DIFICULDADES PARA INTERPRETAR GRÁFICOS CARTESIANOS	
AUTOR(ES)	DIFICULDADES IDENTIFICADAS
Markovits; Bat-Sheva; Bruckheimer (1986) Schnotz (1993) Roth, McGuinn (1997) Roth, Bowen (1999)	Segundo esses autores, os estudantes do ensino médio e superior, assim como, os indivíduos graduados em Ciências têm dificuldades para a compreensão de gráficos, além de um nível elementar.
Leinhardt, Zalavsky, Stein (1990)	- o conflito entre a inclinação e a altura; - a confusão entre um intervalo e um ponto; - a consideração de um gráfico como um desenho e a concepção de um gráfico como construído por um conjunto discreto de pontos.
Pró (2003)	- não reconhecimento por parte dos alunos de que uma variável pode ter diferentes valores; - a dificuldade para interpretar, extrapolar valores e construir gráficos e para compreender as equações descritas nos gráficos; - ocorrem muitos erros ao associarem as expressões algébricas das funções com seus respectivos gráficos.
Dolores (2004, 2008)	Grande parte dos estudantes aceita que somente as funções cujos gráficos possuem abscissas positivas têm imagens positivas; associam uma relação de concomitância entre função positiva e função crescente, ou entre função negativa e função decrescente; consideram que os pontos de corte de um gráfico com o eixo x seriam pontos fixos ou de que, se um gráfico passasse pela origem, então em tal ponto o gráfico nem cresceria e nem decresceria e associam intervalos com pontos do gráfico.
Azcárate (1990)	- dificuldades de estudantes em interpretar gráficos que representam situações concretas, destacando os casos em que os gráficos são interpretados como uma imagem literal da situação representada.
Deulofeu (1993, 1995)	- tendência que os estudantes possuem em discretizar uma situação, considerando, em um problema, apenas os pontos mais relevantes de um gráfico e associar o gráfico
Dolores, Alarcón, Albarrán (2002)	

DIFÍCULDADES PARA INTERPRETAR GRÁFICOS CARTESIANOS	
AUTOR(ES)	DIFÍCULDADES IDENTIFICADAS
Cuesta (2007)	cartesiano que se assemelha com a trajetória de corpos e a representação da própria trajetória do corpo.
Pereira; Uehara; Núñez (2009)	Pesquisa realizada com 70 licenciandos de Química da UFRN: - 58,6% não apresentaram a representação gráfica com uma relação correta entre as variáveis; - 22,8% não esboçaram nenhum tipo de gráfico para a situação apresentada.
Núñez; Hernández; Aranda (2009)	A maior dificuldade para a elaboração de gráficos está associada à escala dos eixos cartesianos. Também descobriram que os estudantes confundem o maior aumento (ou diminuição) com o maior valor ou dão o valor de um ponto quando deveriam referir-se a um intervalo.

Quadro 16 – Motivação: dificuldades na interpretação de gráficos cartesianos

A escolha desse procedimento buscou apresentar e discutir com os licenciandos exemplos do que se tem identificado sobre dificuldades, seja por alunos ou por professores, para a interpretação de gráficos cartesianos, conteúdo importante para ensinar e aprender Química.

Além do Quadro 16, foram elaboradas para a motivação duas tarefas com situações-problema que trazem gráficos e que podem ser encontrados em livros didáticos do ensino médio e em exames diversos, como por exemplo, o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

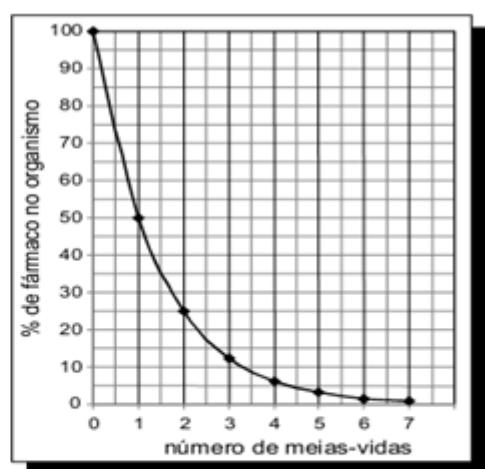
Para essa etapa de motivação, foram elaboradas a Tarefa I – MO³ e a Tarefa II – MO, representadas nas Figuras de 4 e 5:

³ Para as tarefas foram utilizadas siglas referentes a cada etapa. Por exemplo: MO – Motivacional, MM – Material e Materializada, e assim por diante.

ETAPA MOTIVACIONAL

Tarefa I - MO

A duração do efeito de alguns fármacos está relacionada à sua meia-vida, tempo necessário para que a quantidade original do fármaco no organismo se reduza à metade. A cada intervalo de tempo correspondente a uma meia-vida, a quantidade de fármaco existente no organismo no final do intervalo é igual a 50% da quantidade no início desse intervalo.



O gráfico acima representa, de forma genérica, o que acontece com a quantidade de fármaco no organismo humano ao longo do tempo.

F. D. Fuchs e Cher I. Wannma. **Farmacologia Clínica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992, p. 40.

Fonte: ENEM 2007 – Questão 25 (Adaptada)

Com base nas informações do gráfico, considere a seguinte situação: Uma pessoa só pode tomar uma nova dose desse fármaco quando tem em seu organismo menos que 5% da dose prescrita. Supondo que a dose prescrita pelo médico foi de 50 mg e que essa pessoa tomou uma dose às 8h da manhã. Por esquecimento às 11h da manhã a pessoa toma mais uma dose de 50g do fármaco. Nessas condições a que horas a pessoa poderá tomar uma nova dose de modo que respeite a prescrição médica?

Figura 4 – Tarefa I – MO: Etapa Motivacional

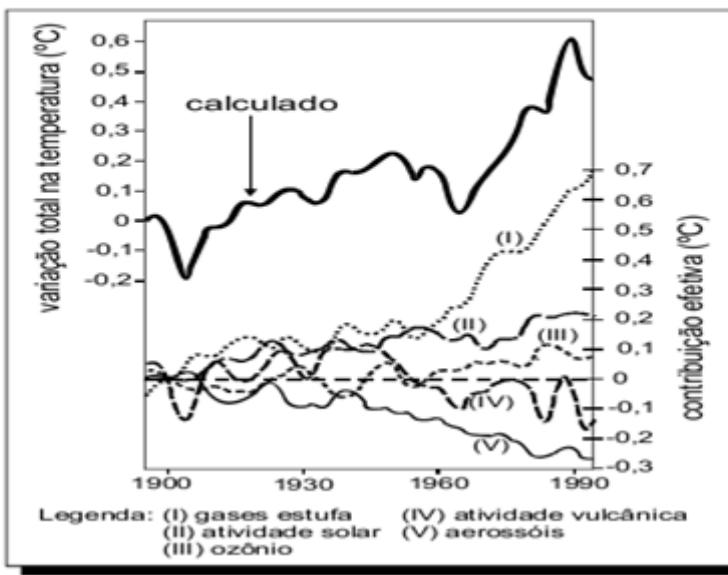
Fonte: Sistema Didático

A segunda situação-problema proposta aos licenciandos está disposta na Figura 5:

ETAPA MOTIVACIONAL

Tarefa II - MO

O gráfico abaixo ilustra o resultado de um estudo sobre o aquecimento global. A curva mais escura e contínua representa o resultado de um cálculo em que se considerou a soma de cinco fatores que influenciaram a temperatura média global de 1900 a 1990, conforme mostrado na legenda do gráfico. A contribuição efetiva de cada um desses cinco fatores isoladamente é mostrada na parte inferior do gráfico.



Fonte: ENEM 2007 – Questão 42 (Adaptada)

Para as condições dadas no gráfico da Figura 15 foi proposta a seguinte situação-problema: “Considerando que os cinco fatores foram avaliados na curva que representa o valor calculado e analisando com ocorreu a variação desses fatores no período de 1900 a 1990, interprete o gráfico e determine para cada período de 30 anos apresentados no gráfico os três fatores que mais influenciaram no valor calculado para a variação da temperatura média global”.

Figura 5 – Tarefa II – MO: Etapa Motivacional

Fonte: Sistema Didático

Essas situações-problema não foram escolhidas para serem resolvidas pelos estudantes ou por este pesquisador durante o momento de motivação da formação proposta pelo estudo objeto desta tese, mas para mostrar circunstâncias envolvendo conteúdos de Química que se apresentam com gráficos cartesianos com complexidades diferentes e que devem ser ensinadas no ensino médio.

6.5.3 Tarefa para o estabelecimento do esquema da Base Orientadora da Ação (B.O.A.)

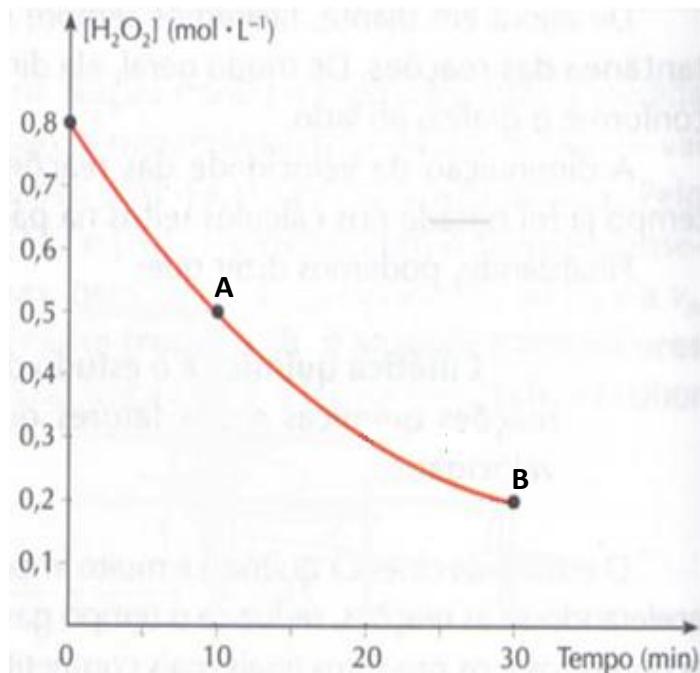
Para a determinação da Base Orientadora da Ação, em processo colaborativo de negociação de sentidos entre o pesquisador e os licenciandos foi proposta uma tarefa para ser resolvida/discutida com os estudantes. A escolha de uma tarefa especial para esse momento visou apresentar um exemplo de gráfico cartesiano de modo que estudantes e professor pudessem identificar as informações presentes em um gráfico desta natureza e que permitisse a construção da B.O.A tipo III.

A Tarefa I – BOA escolhida fez uso do mesmo gráfico utilizado durante o diagnóstico inicial, apresentada na Figura 6. Utilizar o mesmo gráfico teve como intenção aproveitar a experiência que os estudantes tiveram durante o diagnóstico e poder identificar situações em que tiveram dificuldades para resolvê-lo.

ESTABELECIMENTO DA BASE OREINTADORA DA AÇÃO – B.O.A.

Tarefa I – BOA

O gráfico abaixo representa o processo de decomposição da água oxigenada.



Fonte: Vestibular UFSC (1998) - Adaptada

Como procurar o máximo de informações em um gráfico como este para resolver uma situação-problema?

Figura 6 – Tarefa I – BOA: Estabelecimento da Base Orientadora da Ação (B.O.A.)
Fonte: Sistema Didático

6.5.4 Tarefas para o desenvolvimento da etapa Materializada

Nesta etapa, os licenciandos resolvem as tarefas em duplas com apoio externo. Para o desenvolvimento da etapa Materializada, foram elaborados quatro pares de tarefas (quatro tarefas para cada um dos integrantes das duplas de licenciandos). As tarefas foram identificadas como: 1A – MM, 1B – MM, 2A – MM, 2B – MM, 3A – MM, 3B – MM, 4A – MM e 4B – MM. Esses pares de tarefas foram organizados de modo que cada um dos licenciandos da dupla interpretasse gráficos diferentes, mas que tivessem características semelhantes. As oito tarefas elaboradas para esta etapa buscaram atender aos momentos de utilização da B.O.A. III, materializada no *cartão de estudo* como apoio externo.

O principal objetivo ao se escolher gráficos com características semelhantes para a resolução dos dois estudantes foi de que, ao mesmo tempo em que ele desenvolve a habilidade de interpretar gráficos cartesianos resolvendo a tarefa utilizando o *modelo da atividade* de forma direta, desenvolve sua habilidade acompanhando a resolução de atividade análoga pelo seu companheiro de estudo.

As primeiras tarefas foram resolvidas com o apoio do cartão de estudo com a orientação detalhada, ou seja, o sistema de operações (invariante) completo. A redução das operações do cartão de estudo é considerada a partir da observação que o pesquisador realizou acerca do desenvolvimento do licenciando na resolução das novas tarefas.

A Figura 7 traz a primeira tarefa da etapa Materializada, denominada de “Tarefa 1A – MM”.

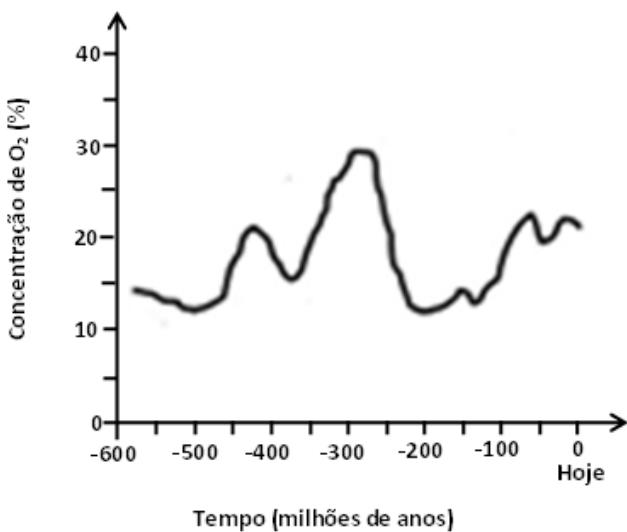
ETAPA MATERIALIZADA

Data: ____ / ____ / 2012

Nome:

Tarefa 1A - MM

Pesquisas recentes estimam o seguinte perfil da concentração de oxigênio (O_2) atmosférico ao longo da história evolutiva da Terra:



Fonte: Questão 54(Adaptada) – ENEM 2005 – Prova Amarela

No período Carbonífero entre aproximadamente 350 e 300 milhões de anos, houve uma ampla ocorrência de animais gigantes, como por exemplo insetos voadores de 45 centímetros e anfíbios de até 2 metros de comprimento. No entanto, grande parte da vida na Terra foi extinta há cerca de 250 milhões de anos, durante o período Permiano.

Interprete o gráfico escrevendo o máximo de informações que puderem ser obtidas e justifique cada etapa da solução da tarefa. Utilize o cartão de estudo com o Modelo da Atividade.

Figura 7 – Tarefa 1A – MM: Etapa Materializada

Fonte: Sistema Didático

Essa tarefa foi adaptada da questão 54 aplicada na prova amarela do ENEM 2005 e trás como tipo um gráfico de linha (ou curva) única e como grandezas a relação da concentração em função do tempo. Sendo assim, o gráfico escolhido para a tarefa está de acordo com os tipos e relações que foram identificados nos livros didáticos.

O comando da tarefa orienta os licenciandos a interpretarem o gráfico escrevendo o máximo de informações, ou seja, de uma forma global. É igualmente solicitado que, ao resolverem a tarefa, justifiquem a operação que estão realizando.

A primeira tarefa da etapa Material e Materializada elaborada para o segundo estudante da dupla foi identificada como “Tarefa 1B – MM” e está apresentada na Figura 8.

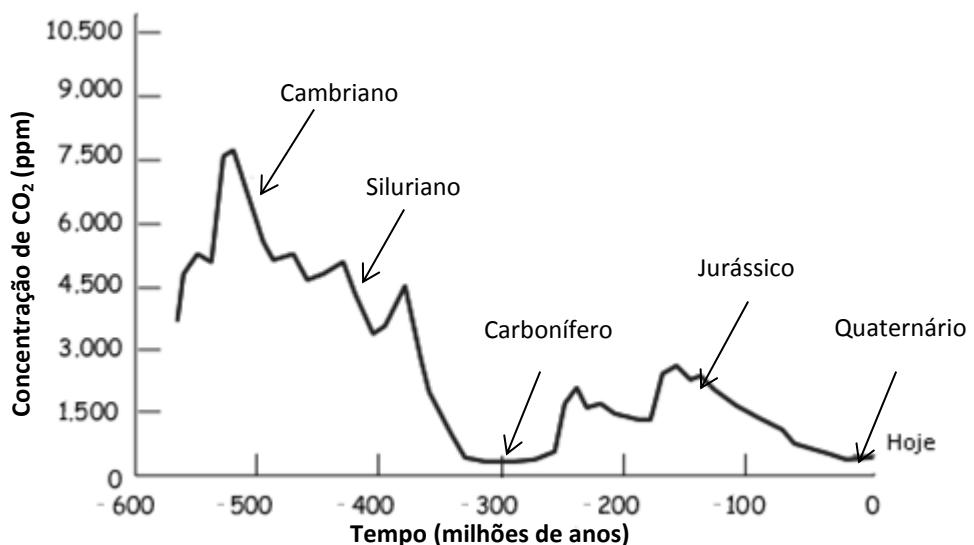
ETAPA MATERIALIZADA

Data: ____ / ____ / 2012

Nome:

Tarefa 1B - MM

O projeto GEOCARB III dirigido pelo pesquisador Robert Berner mostra que, ao contrário do que alguns pensam, existe muito menos concentração de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera hoje, do que em vários momentos ao longo da história de nosso planeta.



Fonte: <http://antonuriarte.blogspot.com.br/2007/10/el-co2-en-el-pasado.html> (Adaptada)

Interprete o gráfico escrevendo o máximo de informações que puderem ser obtidas e justifique cada etapa da solução da tarefa. Utilize o cartão de estudo com o Modelo da Atividade.

Figura 8 – Tarefa 1B – MM: Etapa Materializada

Fonte: Sistema Didático

Esta tarefa é semelhante a Tarefa 1A – MM e, portanto, também está de acordo com os resultados obtidos da análise dos livros didáticos e com os mesmos indicadores qualitativos.

A terceira tarefa elaborada para a etapa Materializada, ou seja, a segunda tarefa a ser resolvida pelo primeiro licenciando da dupla foi identificada como Tarefa 2A – MM e pode ser observada na Figura 9.

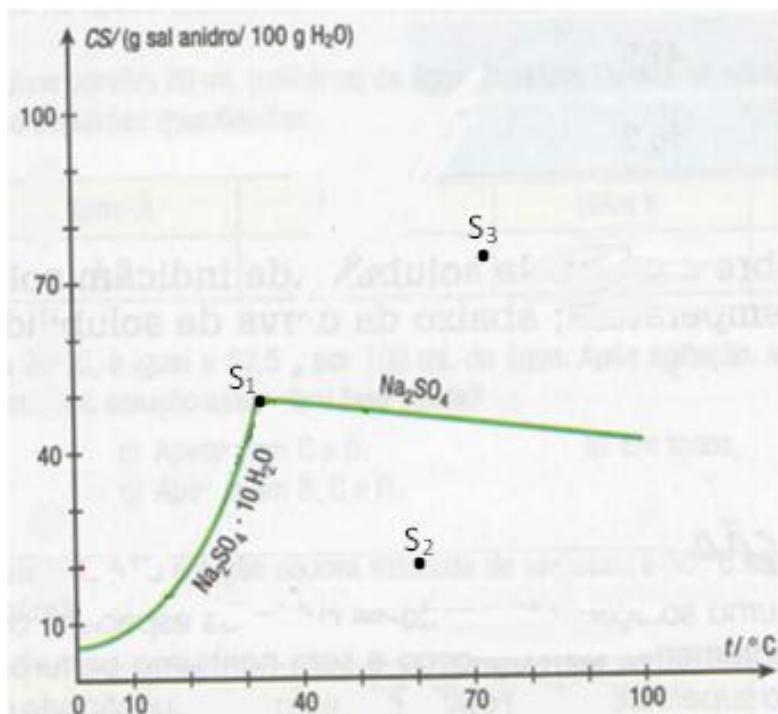
ETAPA MATERIALIZADA

Data: ____ / ____ / 2012

Nome:

Tarefa 2A - MM

A solubilidade é a propriedade que uma substância tem de se dissolver espontaneamente em outra substância chamada solvente. Abaixo temos a representação gráfica da curva de solubilidade de uma substância.



Fonte: Lisboa (2010, p. 38) – Adaptado

Interprete o gráfico escrevendo o máximo de informações que puderem ser obtidas e justifique cada etapa da solução da tarefa. Utilize o cartão de estudo com o Modelo da Atividade.

Figura 9 – Tarefa 2A – MM: Etapa Materializada

Fonte: Sistema Didático

A tarefa 2A foi elaborada com um gráfico que relaciona a solubilidade com a temperatura, grandezas que aparecem entre as cinco relações mais identificadas nos livros didáticos de Química do PNLD. Além dessa característica, o gráfico tem a representação da relação das grandezas feita por meio de uma linha única (curva de solubilidade), tipo de gráfico mais identificado durante a análise realizada.

É cabível registrar que o gráfico da Tarefa 2A – MM foi adaptado de uma atividade utilizada em um dos livros do PNLD analisados (LD5, v. 1, 2010, p. 38). No gráfico original, encontrava-se a representação da solubilidade de várias substâncias, mas para, neste momento

inicial da formação, acreditamos ser mais interessante que o gráfico tivesse apenas uma curva. Optou-se, então, por deixar representado apenas a curva do sulfato de sódio decahidratado ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) que trás um diferencial que é um ponto de inflexão. Na elaboração da tarefa, também foram destacados os pontos: S_1 (saturação e ponto de inflexão), S_2 (insaturação) e S_3 (supersaturação) para que, durante a interpretação, o licenciando pudesse fazer considerações sobre esses pontos importantes num gráfico dessa natureza.

Sequencialmente, a segunda tarefa elaborada para o outro estudante de cada dupla foi identificada como Tarefa 2B – MM e também utilizou a relação das grandezas solubilidade em função da temperatura. Como mencionado em momento anterior, a escolha de atividades semelhantes para esses momentos iniciais de formação buscou fortalecer a aprendizagem dos estudantes através do contato e da análise de situações típicas, como agente da interpretação e como orientador/controlador do processo. A Tarefa 2B – MM é apresentada a seguir na Figura 10.

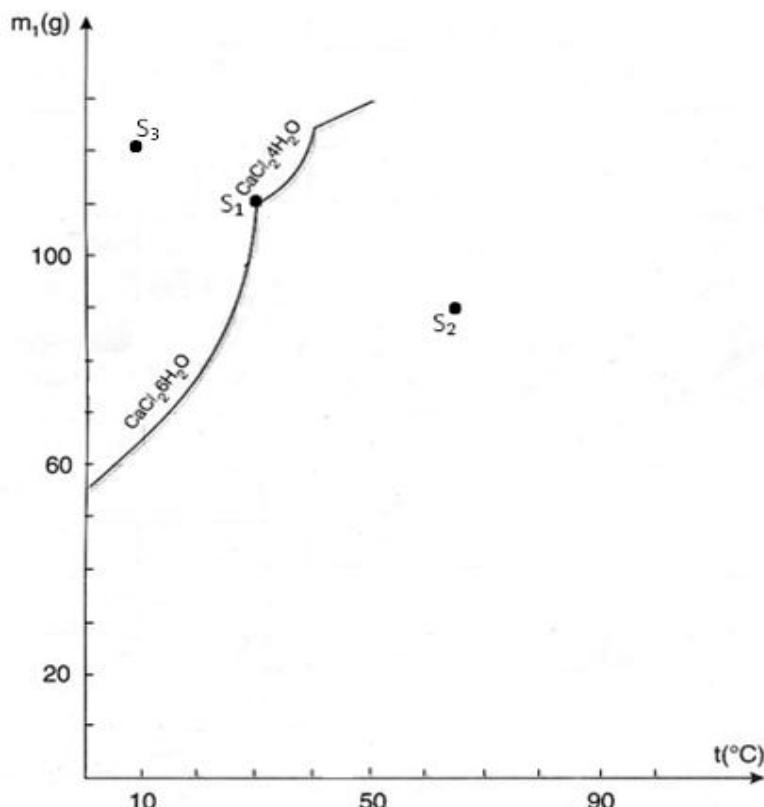
ETAPA MATERIALIZADA

Data: ____ / ____ / 2012

Nome:

Tarefa 2B - MM

A solubilidade é a propriedade que uma substância tem de se dissolver espontaneamente em outra substância chamada solvente. Abaixo temos a representação gráfica da curva de solubilidade de uma substância.



Fonte: Lisboa (2010, p. 38) – Adaptado

Interprete o gráfico escrevendo o máximo de informações que puderem ser obtidas e justifique cada etapa da solução da tarefa. Utilize o cartão de estudo com o Modelo da Atividade.

Figura 10 – Tarefa 2B – MM: Etapa Materializada

Fonte: Sistema Didático

Esta tarefa foi elaborada utilizando-se como base o gráfico encontrado na página 38 do volume 1 da coleção LD5 do PNLD de Química. No livro, ele se apresenta com a representação das curvas de solubilidade de várias substâncias, mas, pelos mesmos motivos da tarefa anterior, optou-se por selecionar apenas a curva de um dos sais hidratados ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Analogamente, foram destacados no gráfico os pontos de saturação, instauração e supersaturação. Sendo assim, a tarefa tem exigências cognitivas iguais às demandadas na Tarefa 2A – MM.

A primeira tarefa da terceira dupla de tarefas elaboradas foi nomeada Tarefa 3B – MM e organizada conforme apresentado na Figura 11.

ETAPA MATERIALIZADA

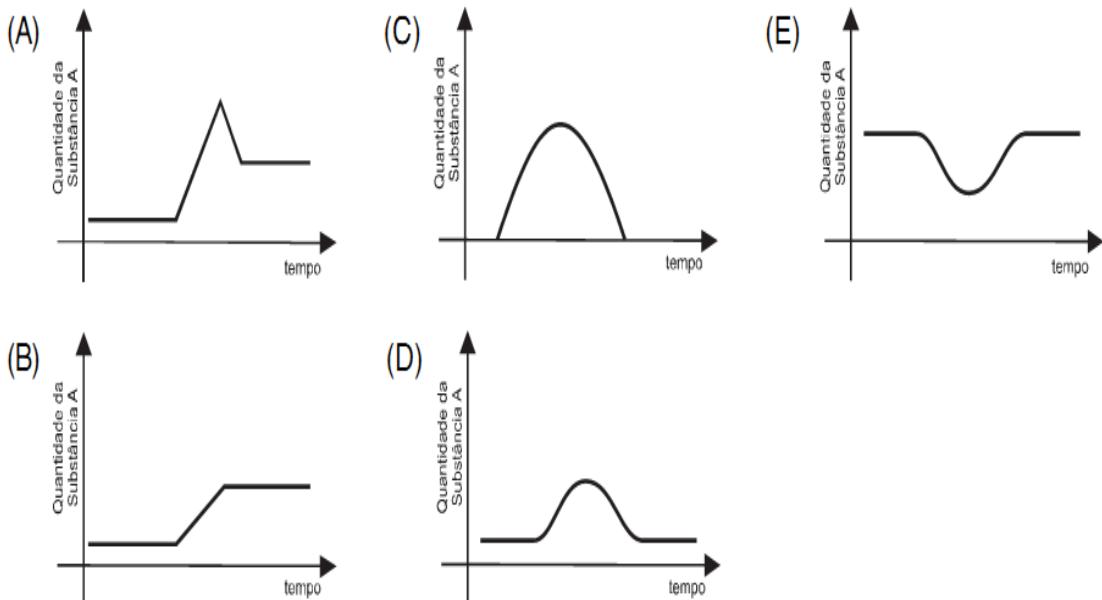
Data: ____ / ____ / 2012

Nome:

Tarefa 3A - MM

Muitas vezes o objetivo de um remédio é aumentar a quantidade de uma ou mais substâncias já existentes no corpo do indivíduo para melhorar as defesas do organismo. Depois de alcançar o objetivo, essa quantidade deve voltar ao normal.

Se uma determinada pessoa ingere um medicamento para aumentar a concentração da substância A em seu organismo, a quantidade dessa substância no organismo da pessoa, em relação ao tempo, pode ser melhor representada pelo gráfico



Fonte: Questão 51 (Adaptada) – ENEM 2009 – Prova Azul (cancelada)

- Analise os gráficos apresentados e identifique qual deles responde à solicitação do problema. Para o gráfico correto, utilizando o cartão de estudo, interprete-o escrevendo o máximo de informações que puderem ser obtidas e justifique cada etapa da solução da tarefa.
- Para os outros quatro gráficos justifique porque não estão de acordo com o solicitado pelo problema.

Figura 11 – Tarefa 3A – MM: Etapa Materializada
Fonte: Sistema Didático

Para elaborar a situação-problema da Tarefa 3A – MM, utilizou-se como referência a questão 51 da prova amarela da edição cancelada do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) em 2009. Foram mantidas as alternativas da questão, pois estas são o objeto da

interpretação. Esta tarefa trás uma situação diferente das anteriores, pois solicita que a partir de uma situação-problema proposta seja identificado o gráfico que melhor representa essa situação e que de forma discursiva faça a sua interpretação global.

A tarefa também exige um nível de consciência dos licenciandos ao resolvê-la, pois não basta dizer qual é o gráfico correto e interpretá-lo, eles devem justificar porque cada um dos outros gráficos não atende aos requisitos da demanda da tarefa.

Para resolução, os licenciandos continuam utilizando o apoio externo na forma materializada do cartão de estudo, no qual se encontra o Modelo da Atividade, procedimento que, segundo a teoria de Galperin, colabora para a internalização da habilidade.

A terceira tarefa para o segundo estudante da dupla assemelha-se às características e exigências da Tarefa 3A – MM, demandando que o licenciando analise a situação apresentada e a partir da interpretação dos atributos de cada um dos quatro gráficos propostos indique aquele que melhor representa o fenômeno descrito. A base para esta tarefa que, segundo nossos objetivos para o Sistema de Tarefa deveria ter exigências cognitivas semelhantes às aplicadas ao outro licenciando da dupla, foi a questão 11 proposta no vestibular 2001 da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Na Figura 12, apresenta-se a Tarefa 3B – MM.

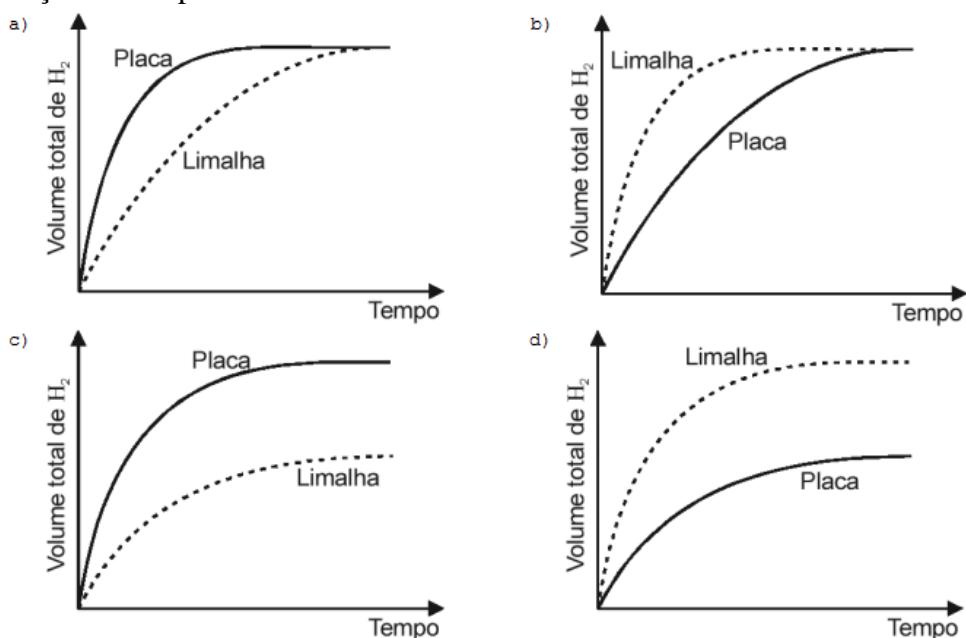
ETAPA MATERIALIZADA

Data: ____ / ____ / 2012

Nome:

Tarefa 3B - MM

Em dois experimentos, massas iguais de ferro reagiram com volumes iguais da mesma solução aquosa de ácido clorídrico, à mesma temperatura. Num dos experimentos, usou-se uma placa de ferro; no outro, a mesma massa de ferro, na forma de limalha. Nos dois casos, o volume total de gás hidrogênio produzido foi medido, periodicamente, até que toda a massa de ferro fosse consumida. Assinale a alternativa cujo gráfico melhor representa as curvas do volume total do gás hidrogênio produzido em função do tempo.



Fonte: Questão 11 do vestibular UFMG (2001)

- Analise os gráficos apresentados e identifique qual deles responde à solicitação do problema. Para o gráfico correto, utilizando o cartão de estudo, interprete-o escrevendo o máximo de informações que puderem ser obtidas e justifique cada etapa da solução da tarefa.
- Para os outros três gráficos justifique porque não estão de acordo com o solicitado pelo problema.

Figura 12 – Tarefa 3B – MM: Etapa Materializada

Fonte: Sistema Didático

A tarefa retratada na Figura 12 relaciona as grandezas volume e tempo, identificadas na análise dos livros didáticos do PNLD como a sétima relação que mais aparece nas coleções, com 15 (quinze) gráficos. Além dessa relação, a tarefa apresenta o tipo de gráfico de linha com múltiplas curvas (duas), sendo uma para a placa e outra para a limalha.

Pelas mesmas justificativas da tarefa anterior, a Tarefa 3B – MM está de acordo com os indicadores qualitativos da forma da ação e para a formação do grau de consciência.

O fato de a referida tarefa trazer em cada gráfico duas curvas, enquanto que a proposta para o outro licenciando (Tarefa 3A – MM) trazia apenas uma, não compromete sua resolução e nem dispensa um tratamento diferenciado entre os estudantes, uma vez que ao tempo em que um deles estará resolvendo esta tarefa o outro estará acompanhando a resolução com seu *cartão de estudo*.

Para a quarta tarefa do primeiro estudante de cada dupla de licenciandos, foi proposta a situação da Tarefa 4A – MM, apresentada a seguir na Figura 13.

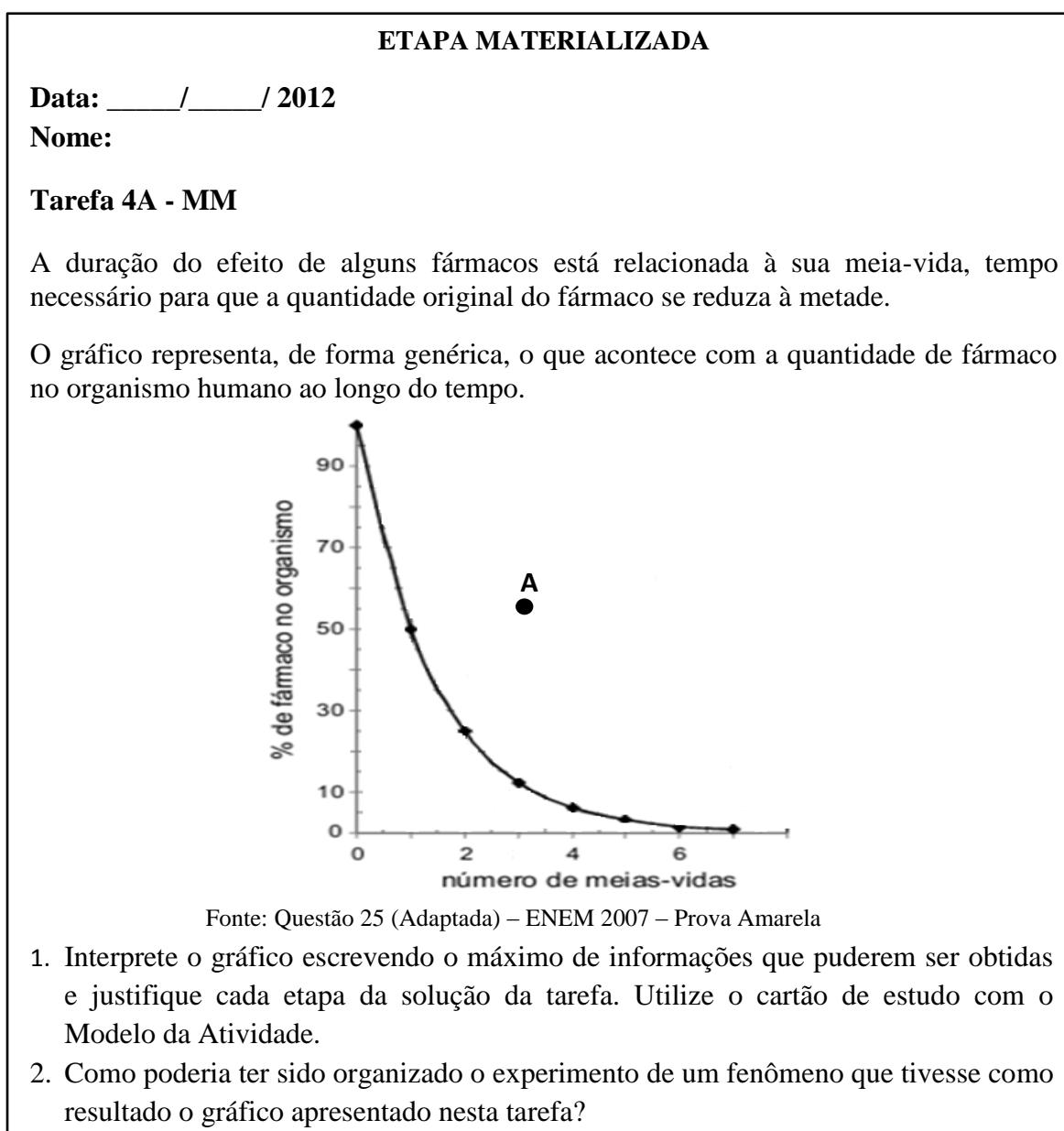


Figura 13 – Tarefa 4A – MM: Etapa Materializada

Fonte: Sistema Didático

A Tarefa 4A – MM trás como diferença das anteriores duas características: a apresentação do ponto A, indeterminado e supérfluo ao contexto do gráfico, para que o licenciando possa fazer ponderações sobre seu significado e a exigência de que o licenciando parta do gráfico e faça um julgamento quanto ao experimento que pode ter sido realizado para gerá-lo. A resposta a esses dois elementos da interpretação contribui para a mensuração do grau de consciência do licenciando ao resolver a tarefa.

A última tarefa desta etapa para o segundo licenciando da dupla foi a situação representada pela Tarefa 4B – MM, da Figura 14.

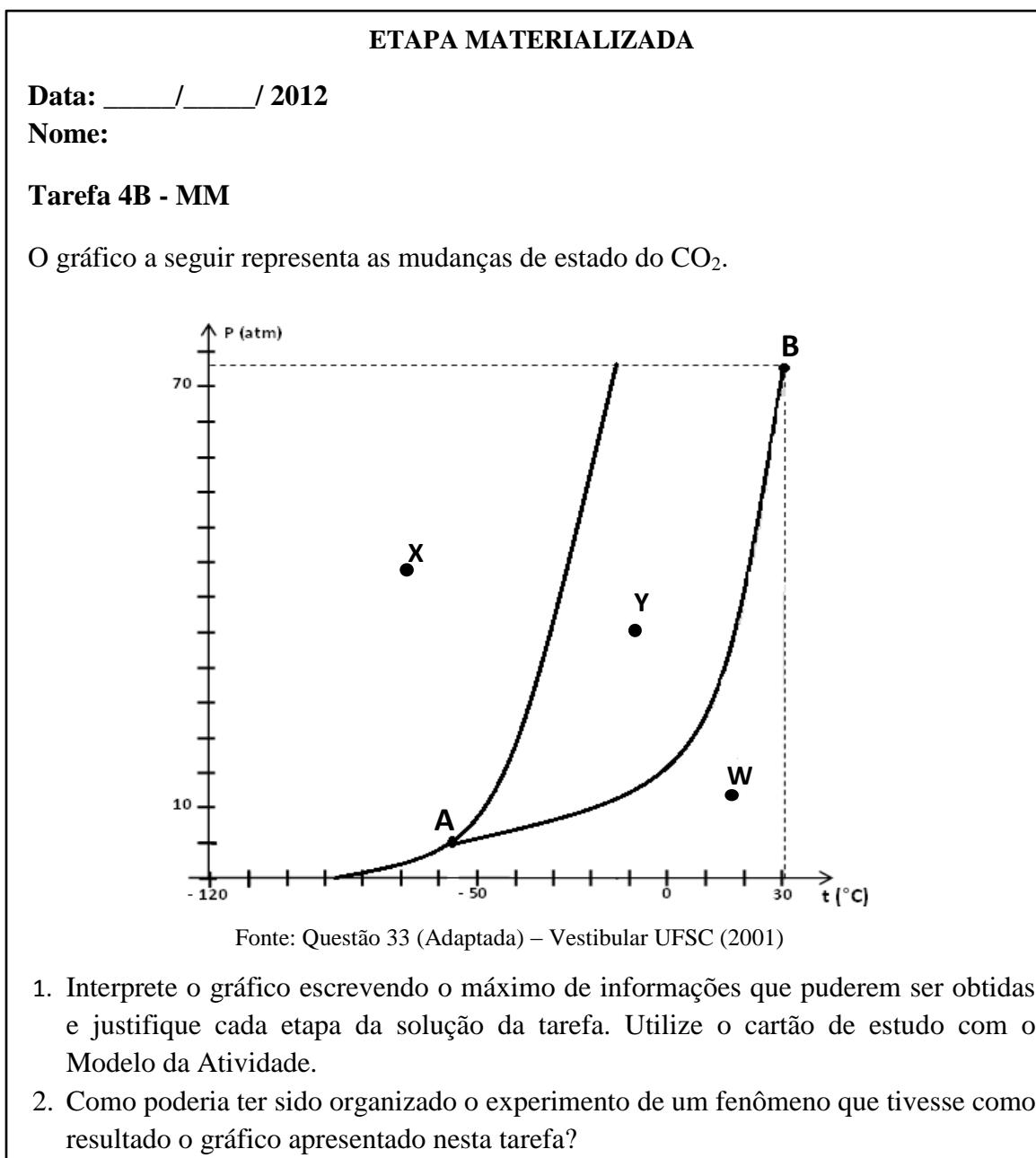


Figura 14 – Tarefa 4B – MM: Etapa Materializada

Fonte: Sistema Didático

Esta é uma tarefa típica relacionada à essência do conteúdo e que deixa indeterminado o significado de cinco pontos (A, B, X, Y e W). Da mesma forma que a Tarefa 4A – MM, ela solicita que o licenciando raciocine tentando identificar o experimento realizado para gerar este gráfico.

A tarefa permanece exigindo o uso do apoio externo para a interpretação do gráfico cartesiano, mas, por essa experiência formativa tratar-se de uma atualização da habilidade dos licenciados e estes já terem resolvidos três tarefas utilizando o cartão de estudo com a B.O.A. completa, planejou-se de modo que essas duas últimas tarefas aplicadas (a quarta para cada estudante) possibilitessem a redução do grau de detalhamento da ação e, no final, o trabalho fosse realizado sem apoio.

6.5.5 Tarefas para o desenvolvimento da etapa da Linguagem Externa

Na etapa da Linguagem Externa, os licenciandos permanecem trabalhando em dupla, porém as tarefas propostas devem ser resolvidas sem o apoio externo, usando as linguagens oral e escrita.

Os licenciandos participantes do estudo já resolveram situações-problemas de interpretação de gráficos cartesianos anteriormente em sua vida escolar; desse modo, esse processo trata-se de uma atualização desta habilidade. Sendo assim, planejamos a fim de que, a princípio, para o desenvolvimento da etapa da “Linguagem Externa”, fossem aplicadas duas tarefas, sendo uma para cada licenciando integrante de cada dupla. As duas tarefas foram identificadas como: Tarefa 1A – LE e Tarefa 1B – LE.

A Figura 15 exibe a Tarefa IA – LE, aplicada a um dos licenciandos de cada dupla.

ETAPA DA LINGUAGEM EXTERNA

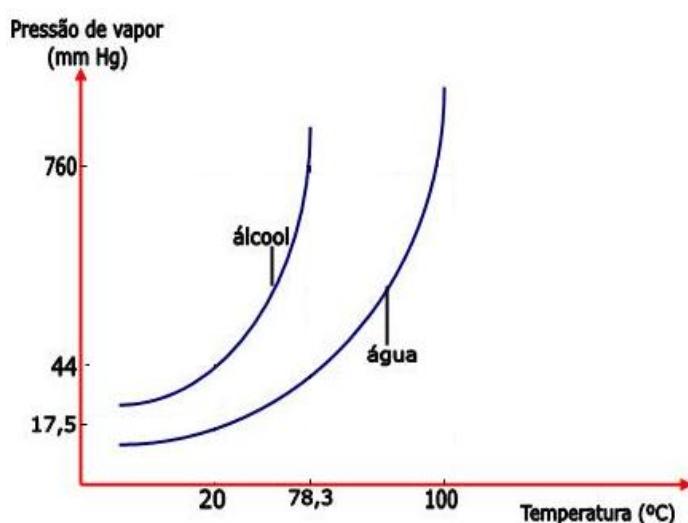
Data: ____ / ____ / 2012

Nome:

Tarefa IA – LE

Um líquido entra em ebulação quando a pressão de vapor do líquido torna-se igual a pressão existente sobre a superfície do líquido. Quanto maior for a pressão de vapor nas condições ambientes, o líquido ferverá mais facilmente, isto significa que, quanto menor for o ponto de ebulação, mais volátil será o líquido.

O gráfico a seguir apresenta a pressão máxima de vapor da água e a pressão máxima de vapor do álcool.



Fonte: <http://www.colegioweb.com.br/quimica/pressao-de-vapor-e-ponto-de-ebulicao.html> (Adaptado)

Interprete o gráfico.

A cada característica que for determinar FALE EM VOZ ALTA o que está realizando durante o processo de solução da tarefa. Escreva o máximo de informações que puderem ser obtidas, explicitando todo o procedimento de interpretação.

Figura 15 – Tarefa 1A – LE: Etapa da Linguagem Externa

Fonte: Sistema Didático

A Tarefa 1A – LE apresenta um gráfico que relaciona as grandezas pressão e temperatura, sendo esta relação a segunda que mais aparece nos livros analisados (97 vezes). Estando de acordo com o que demanda a etapa da Linguagem Externa, essa tarefa responde à forma da ação uma vez que exige dos licenciando o uso da linguagem, pronunciando em voz alta as operações realizadas e os dados interpretados.

Na Figura 16, temos a Tarefa IB – LE proposta para o segundo licenciando de cada dupla durante a etapa da Linguagem Externa.

ETAPA DA LINGUAGEM EXTERNA

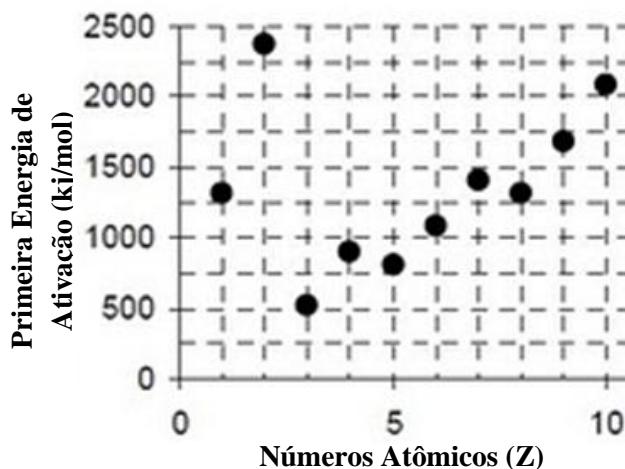
Data: ____ / ____ / 2012

Nome:

Tarefa IB - LE

Propriedades periódicas ⇒ Elas crescem e decrescem periodicamente com o aumento do número atômico. O raio atômico, eletronegatividade e energia de ionização são exemplos dessas propriedades.

Energia de Ionização é a energia necessária para retirar um ou mais elétrons de um átomo gasoso no estado fundamental. Esta propriedade relaciona-se com a carga do núcleo e o raio atômico de forma semelhante à eletronegatividade. Para retirar o primeiro elétron fala-se primeira energia de ionização, para retirar o segundo elétron fala-se segunda energia de ionização e assim por diante.



Fonte: Fonte: http://tomdaquimica.zip.net/arch2010-12-26_2011-01-01.html (Adaptado)

Interprete o gráfico.

A cada característica que for determinar FALE EM VOZ ALTA o que está realizando durante o processo de solução da tarefa. Escreva o máximo de informações que puderem ser obtidas, explicitando todo o procedimento de interpretação.

Figura 16 – Tarefa 1B – LE: Etapa da Linguagem Externa

Fonte: Sistema Didático

No gráfico da tarefa, as grandezas envolvidas (energia de ativação e número atômico) e o seu tipo (gráfico de pontos) não estão entre os que mais são explorados nos livros didáticos analisados, uma vez que foram identificados, respectivamente, seis e cinco vezes, aparecendo apenas nas coleções LD1, LD3 e LD5.

A utilização dessa tarefa justifica-se porque, como foi exposto anteriormente, esse tipo de gráfico foi representado por alguns autores do PNLD de Química de uma forma adaptada a indicar a tendência do fenômeno, onde seus pontos estavam unidos por uma linha. Sendo

assim, é importante abordar durante a formação situações atípicas em que os licenciandos se depararão nos livros didáticos, mas que, simultaneamente, servirão para chamar a atenção de detalhes que lhes serão úteis na sua atuação como docente. O diferencial dessa tarefa é exatamente apresentar um gráfico que correlaciona as grandezas de uma forma diferente das resolvidas até este momento, já que uma delas (número atômico) é uma variável discreta.

É importante salientar que, apesar de apenas um dos licenciandos da dupla interpretar diretamente este gráfico com variável discreta, o outro estudante também participa, uma vez que controla todo o processo e tem a liberdade intervir sempre que for preciso. Segundo Núñez (2009), os alunos aprendem, paulatinamente, a controlar a si mesmos e tornam-se mais atentos quando controlam uns aos outros. Nesse processo, o controle vai passando de externo para interno. Para Galperin (1989), a realização da função de controlador, na dupla de estudantes, transforma-se em um momento de formação da atenção, como um controle interno.

6.5.6 Tarefa para o desenvolvimento da etapa do Plano Mental

Por se tratar de um processo de atualização da habilidade, que não exige o mesmo número de tarefas que a formação de uma habilidade completamente nova, dentre as tarefas elaboradas, propomos inicialmente para esta etapa no Plano Mental apenas a Tarefa IA – PM, apresentada a seguir na Figura 17.

ETAPA DO PLANO MENTAL

Data: ____ / ____ / 2012

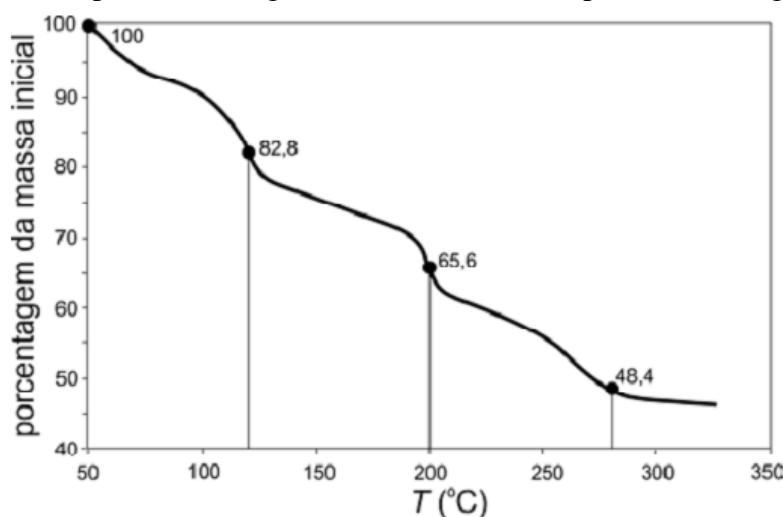
Nome:

Tarefa 1A - PM

O sólido $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{NH}_3$ pode decompor-se, reversivelmente, em cloreto de magnésio e amônia. A equação química que representa esse processo é:



Ao ser submetido a um aquecimento lento, e sob uma corrente de nitrogênio gasoso, o sólido $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{NH}_3$ perde massa, gradativamente, como representado no gráfico:



Fonte: Vestibular Fuvest 2010 (adaptado)

Interprete o gráfico, escrevendo o máximo de informações que puderem ser obtidas.

Figura 17 – Tarefa 1A – PM: Etapa do Plano Mental

Fonte: Sistema Didático

A Tarefa 1A – PM pertence aos casos típicos dentro dos limites de aplicação da disciplina de Química no ensino médio. A tarefa em questão não contempla o grau de consciência porque nesta etapa o licenciando não deve mais argumentar as operações que irá realizar, a solução se dá no plano mental. Supõe-se que se trabalhe nesse plano, pois o Sistema de Operações que estrutura a habilidade é um ato do pensamento.

6.5.7 Tarefas para o desenvolvimento do Controle Final

As tarefas para o Controle Final tiveram como objetivo avaliar, ao final do processo de formação, o grau de desenvolvimento da habilidade segundo os indicadores qualitativos previstos. Para execução desse momento de controle, foram elaboradas duas tarefas denominadas de Tarefa 1A – CF e Tarefa 2A – CF.

Para avaliar o grau de desenvolvimento dos licenciandos para interpretar gráficos cartesianos a partir de sua invariante, propôs-se a Tarefa 1A – CF dentro do limite de aplicação e, elaborou-se a Tarefa 2A – CF buscando identificar se o licenciando assimilou o procedimento de modo a poder transferi-lo para outro contexto.

A Tarefa 1A – CF está representada, a seguir, na Figura 18.

CONTROLE FINAL DO PROCESSO																							
Data:	____ / ____ / 2012																						
Nome:																							
Tarefa 1A - CF																							
<p>Após a ingestão de bebidas alcoólicas, o metabolismo do álcool e sua presença no sangue dependem de fatores como peso corporal, condições e tempo após a ingestão. O gráfico mostra a variação da concentração de álcool no sangue de um indivíduo que bebeu três latas de cerveja após o jantar.</p> <table border="1"> <caption>Dados estimados do gráfico</caption> <thead> <tr> <th>Tempo (horas)</th> <th>Álcool no sangue (g/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>0,5</td><td>0,6</td></tr> <tr><td>1,0</td><td>0,7</td></tr> <tr><td>1,5</td><td>0,72</td></tr> <tr><td>2,0</td><td>0,71</td></tr> <tr><td>2,5</td><td>0,68</td></tr> <tr><td>3,0</td><td>0,65</td></tr> <tr><td>4,0</td><td>0,45</td></tr> <tr><td>5,0</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>6,0</td><td>0,15</td></tr> </tbody> </table>		Tempo (horas)	Álcool no sangue (g/L)	0	0,0	0,5	0,6	1,0	0,7	1,5	0,72	2,0	0,71	2,5	0,68	3,0	0,65	4,0	0,45	5,0	0,25	6,0	0,15
Tempo (horas)	Álcool no sangue (g/L)																						
0	0,0																						
0,5	0,6																						
1,0	0,7																						
1,5	0,72																						
2,0	0,71																						
2,5	0,68																						
3,0	0,65																						
4,0	0,45																						
5,0	0,25																						
6,0	0,15																						
<p>(Revista Pesquisa FAPESP nº 57, setembro 2000) Fonte: ENEM 2003 (adaptado)</p>																							
<p>Interprete o gráfico. Escreva o máximo de informações que puderem ser obtidas.</p>																							

Figura 18 – Tarefa 1A – CF: Controle Final do Processo
Fonte: Sistema Didático

A tarefa apresentada na Figura 18 está de acordo com a forma da ação, pois exige do licenciando sua resolução no plano mental. Quanto ao grau de independência, será analisado se os licenciandos conseguiram resolver a tarefa com ou sem os níveis de ajuda (dois) elaborados para esse momento.

A segunda tarefa aplicada aos licenciandos para o controle final do processo está representada na Figura 19.

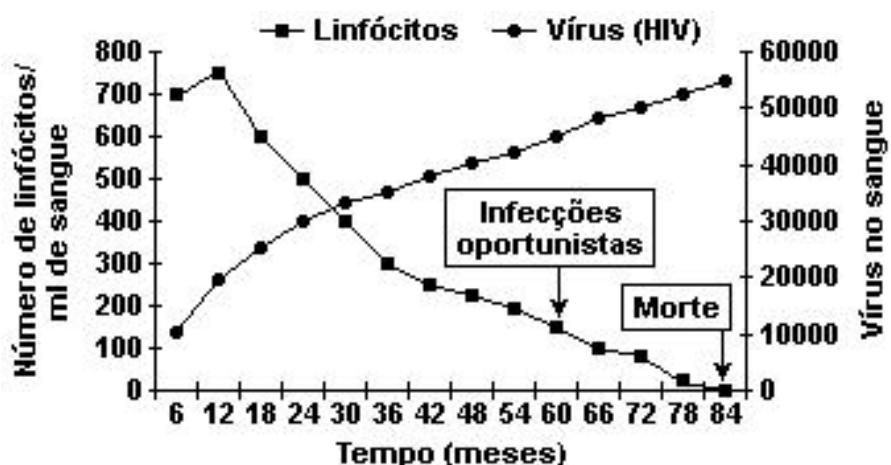
CONTROLE FINAL DO PROCESSO

Data: ____ / ____ / 2012

Nome:

Tarefa 2A - CF

O gráfico a seguir mostra a variação do número de um tipo de leucócitos, os linfócitos T CD4, e da quantidade de **vírus HIV** no sangue de um indivíduo ao longo do tempo. Esse indivíduo, portador da síndrome de imunodeficiência causada pelo **vírus HIV** (AIDS/ SIDA), não teve acesso a tratamento algum durante o período mostrado.



Fonte: Vestibular UFRJ - 2007 (Adaptada)

Interprete o gráfico. Escreva o máximo de informações que puderem ser obtidas.

Figura 19 – Tarefa 2A – CF: Controle Final do Processo

Fonte: Sistema Didático

A segunda tarefa de controle foi proposta para avaliar a capacidade dos licenciandos para transferir a interpretação de gráficos cartesianos para outros contextos. Considerou-se essa tarefa como outro contexto porque envolve prioritariamente um conteúdo de Biologia e não de Química e também porque trás um gráfico cartesiano com duas curvas, aspecto trabalhado na formação, mas, em condições distintas das utilizadas nas demais tarefas. No referido gráfico, as curvas que devem ser interpretadas não tratam de fenômenos independentes, porquanto o que ocorre em uma delas (número de linfócitos) determina diretamente o que ocorre na outra (vírus no sangue). Dessa forma, o gráfico não trás apenas a relação de dependência das grandezas envolvidas duas a duas, mas também a relação de dependência dos fenômenos, caso que não foi tratado nos exercícios de formação e que exige um nível de raciocínio mais aprofundado dos licenciandos.

6.5.8 Tarefa para a avaliação do Grau de Solidez

Esse momento de avaliação do grau de solidez é considerado como uma segunda parte do controle do processo de formação. A avaliação do grau de solidez compreende avaliar a possibilidade de o licenciando executar com sucesso a habilidade de interpretar gráficos cartesianos de uma forma global (usando mentalmente o modelo da atividade assimilado) algum tempo após sua formação e/ou a sua capacidade para aplicar esses conhecimentos em novas habilidades de maiores exigências cognitivas e mais complexas. Esse é um importante indicador da qualidade da ação (habilidade formada).

Para avaliar o grau de solidez foi organizada uma tarefa identificada como Tarefa 1A – GS, apresentada na Figura 20.

GRAU DE SOLIDEZ

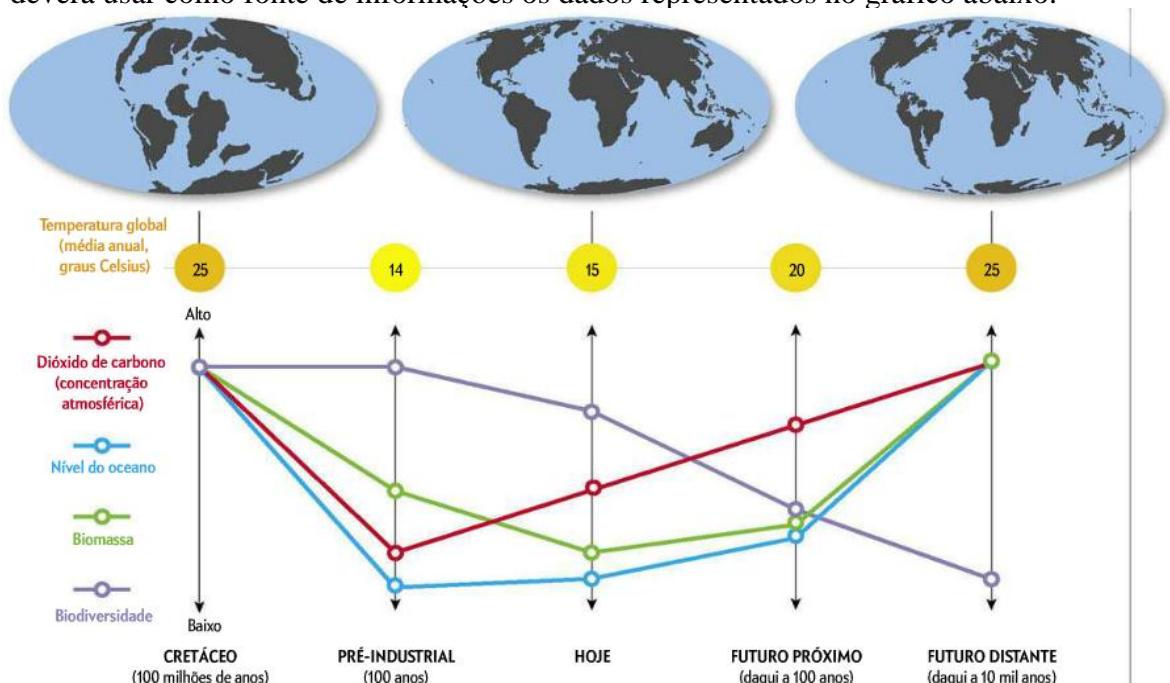
Data: ____ / ____ / 2012

Nome:

Tarefa IA – GS

“Admitindo que continuaremos a queimar combustíveis fósseis à vontade, liberando gases de efeito estufa como o dióxido de carbono na atmosfera, o planeta será transformado” (CALDEIRA, 2012, p. 71).

Suponha que você foi convidado a ministrar uma palestra a um grupo de estudantes do ensino médio no contexto de um seminário sobre o clima da Terra, na qual deverá argumentar sobre a importância de serem tomadas medidas radicais para proteger nosso planeta. A palestra é intitulada “Clima: Passado igual ao Futuro”. Para esse propósito, deverá usar como fonte de informações os dados representados no gráfico abaixo.



Fonte: CALDEIRA (2012, p. 71).

Redija agora um texto utilizando o máximo de informações que o gráfico fornece, a fim de subsidiar a construção dos argumentos para a sua palestra.

CALDEIRA, KEN. O grande experimento do clima. Quanto o planeta poderá aguentar? **Scientific American – Brasil**, Edição Especial, ano 11, n. 125, out. 2012, p. 68-73.

Figura 20 – Tarefa 1A – GS: Controle do Grau de Solidez
Fonte: Sistema Didático

A tarefa apresentou exigências mais complexas do que as utilizadas no processo de formação. Trouxe uma proposta contextualizada na forma de uma situação-problema que demandava dos licenciandos interpretar as cinco variáveis envolvidas (temperatura global, dióxido de carbono, nível do oceano, biomassa e biodiversidade) em função do tempo e como

cada uma delas influenciou nas demais, de modo a criar argumentos suficientes para sua palestra. Além dessas relações, os estudantes também puderam referenciar-se nas figuras do globo terrestre na parte superior do gráfico, as quais mostram as mudanças ocorridas na superfície do planeta no decorrer do tempo.

Um diferencial dessa tarefa é que os licenciandos são orientados a escrever as informações na forma de texto. O que não foi exigido de forma direta durante a formação, onde eles puderam, por exemplo, escrever os dados interpretados na forma de tópicos. Essa forma de escrita em texto permitiu ter uma melhor referência de como o licenciando interpretou o fenômeno e fez as ligações entre as diversas variáveis envolvidas.

7 O DESENVOLVIMENTO DA EXPERIÊNCIA FORMATIVA

Neste capítulo, apresentaremos os resultados encontrados no processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos a partir da teoria de Galperin. Primeiramente, abordaremos o desdobramento do Diagnóstico Inicial da referida habilidade em meio aos licenciandos em Química da UFRN selecionados para este estudo de caso. Em seguida, exporemos como se desenvolveu a experiência formativa com os referidos licenciandos, culminando na análise dos resultados da etapa de Controle Final e com o resultado da avaliação do processo de formação da habilidade na concepção dos licenciandos participantes do estudo.

7.1 Processo de diagnóstico inicial da habilidade de interpretar gráficos cartesianos

O diagnóstico inicial buscou responder ao primeiro objetivo específico desta investigação: “diagnosticar o nível de desenvolvimento da habilidade de interpretar gráficos cartesianos, em licenciandos da área de Química”.

No início do processo, este pesquisador informou aos licenciandos que seu trabalho possuía como objeto a formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos. Nesse momento, os estudantes manifestaram-se e quatro, especificamente, alegaram ter muitas dificuldades para trabalhar com esses tipos de gráficos.

Aos estudantes, foi dito que o trabalho embasava-se na Teoria Histórico-Cultural, mais especificamente na *Teoria da Assimilação por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos* de Galperin. Perguntados se conheciam essa teoria, todos os licenciandos afirmaram que nunca haviam tido contato com o mencionado referencial teórico.

Explicou-se também que, por essa habilidade fazer parte de seu vindouro contexto profissional como futuros professores, a participação neste trabalho, além de poder contribuir com a produção de conhecimento sobre a habilidade de interpretar gráficos cartesianos e a teoria de Galperin, seria também um contributo à formação de seus saberes profissionais. Adicionalmente, foi explanado que a formação a partir da referida teoria possibilita a organização do conteúdo de uma forma diferente em que se trabalha do geral ao particular, em que o sistema de operações é aprendido de forma consciente, independente e com possibilidades de transferência a outros contextos, possibilitando aos licenciandos familiarizar-se com outra forma de ensinar.

Para identificar o grau de desenvolvimento da habilidade nos licenciandos, foi aplicada uma tarefa para a qual se requeria que interpretassem um gráfico cartesiano da área de Química. Para tanto, a tarefa trazia a seguinte solicitação: “Interprete o gráfico. Para isso escreva o máximo de informações que podem ser obtidas do mesmo”. A tarefa utilizada no diagnóstico inicial é identificada no Sistema Didático como Tarefa I – DI. Essa forma de interpretar um gráfico corresponde com a qualidade da atividade que se deseja formar, cuja diferença com o ensino tradicional reside no aspecto de que neste são fornecidos aos estudantes os detalhes do que devem responder enquanto, na atividade objeto do diagnóstico, a interpretação do gráfico é demandada de modo global, orientada à busca e interpretação de toda a informação possível nesse tipo de representação.

Os licenciandos deveriam observar os dados da situação apresentada e escrever na folha em branco todas as informações que conseguissem extrair do gráfico, conforme solicitado no enunciado. Enquanto eles resolviam a tarefa, este pesquisador acompanhou-os realizando anotações sobre o que cada um fazia.

Durante a aplicação, apenas o licenciando L4 fez comentários sobre a resolução da tarefa, informando que nunca havia resolvido um gráfico de maneira tão “aberta”, sem haver-lhe sido disponibilizado o que deveria ser encontrado.

Na resolução da tarefa, esperava-se que os estudantes conseguissem identificar, explicar e fazer predições de todos os aspectos principais que se encontram no gráfico: as variáveis envolvidas e suas diversas características, o fenômeno envolvido e seu comportamento e as características dos pontos assinalados (origem, A e B), conforme as 14 (quatorze) operações previstas no *modelo da atividade* estruturado por meio do Método Teórico e que constitui a B.O.A. tipo III, no Anexo I desta Tese.

Tomado como referência o modelo da atividade, analisamos o percentual de informações que os licenciandos conseguiram interpretar do gráfico nessa tarefa inicial. Para o cálculo do percentual de informações corretas (IC_{DI}), utilizou-se a fórmula:

$$IC_{DI} = \frac{\text{número de informações interpretadas corretamente}}{\text{total de informações possíveis de se interpretar}} \times 100$$

Aonde: IC_{DI} = Informações Corretas no Diagnóstico Inicial (%) e,
Total de informações possíveis de se interpretar = 14

Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 2 – Informações interpretadas corretamente na tarefa de Diagnóstico Inicial

Licenciando	Acertos (%)
L1	71,0
L2	57,0
L3	64,0
L4	71,0
L5	57,0
L6	64,0

Fonte: Próprio autor

Analizando os dados da Tabela 2, observa-se que todos os licenciandos interpretaram corretamente mais de 50% das informações previstas. Porém, quatro deles interpretaram menos de 65% das informações (L2, L3, L5, L6). Destacaram-se dos demais os licenciandos L1 e L4, que obtiveram mais de 70% das informações esperadas. Esses dados demandaram a necessidade de analisar de modo mais aprofundado o diagnóstico aplicado a fim de identificar quais informações os licenciandos tiveram mais dificuldades para interpretar. Essa informação é primordial para o desenvolvimento do processo formativo, uma vez que é necessário considerar as dificuldades existentes para que se atinja o objetivo de formar a habilidade de interpretar gráficos cartesianos.

Para permitir uma visão global do desenvolvimento dos licenciandos ao resolverem a tarefa, foi organizado um resumo no Quadro 17, no qual estão marcados com um “X” as operações realizadas corretamente por cada um deles, considerando o modelo da atividade que se pretende formar.

		Operações realizadas pelos licenciandos													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Licenciandos	L1	X	X	X	X	-	X	X	-	X	-	-	-	X	-
	L2	X	X	X	-	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-
	L3	X	X	X	X	-	X	X	-	X	-	-	X	-	-
	L4	X	X	X	X	-	X	X	X	X	-	-	-	X	-
	L5	X	X	X	-	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-
	L6	X	X	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	X

Quadro 17 – Operações realizadas corretamente durante a resolução do Diagnóstico Inicial

Observa-se neste quadro que, das quatorze operações do *modelo da atividade*, apenas cinco (1, 2, 3, 6 e 7) foram interpretadas corretamente por todos os licenciandos. Analisando essas cinco operações, a primeira referia-se à identificação da existência de um plano cartesiano. A segunda demandava a interpretação das variáveis ou grandezas existentes no gráfico. Na operação três, esperava-se que o estudante representasse as grandezas utilizando

as unidades de medida corretas. A operação seis estava associada à identificação dos valores relacionados às variáveis e, na sétima operação, o estudante deveria representar corretamente os pontos existentes, indicando os valores de abscissa e ordenada. Observe-se que, apesar de não estar explícito o que se deve interpretar do gráfico – como ocorre normalmente nas questões escolares – as operações realizadas corretamente por todos os licenciandos são aquelas que aparecem com mais frequência em atividades envolvendo gráficos cartesianos. Tais resultados remetem-nos a vários estudos que consideraram em suas pesquisas que os estudantes conseguem interpretar gráficos cartesianos apenas em um nível elementar, ou seja, interpretar apenas suas características mais básicas (MARKOVITS, BAT-SHEVA, BRUCKHEIMER, 1986; LEINHARDT, ZALAVSKY, STEIN 1990; ROTH, MCGUINN, 1997; ROTH, BOWEN, 1999; CUESTA, 2007).

Merece destaque nesta análise as seis operações que, no máximo, um licenciando conseguiu resolver, a saber: 5 – classificar o tipo das variáveis como discretas ou contínuas; 8 – discriminar as variáveis independente e dependente; 10 – determinar a(s) relação(ões) entre as variáveis; 11 – identificar características atípicas no gráfico; 12 – identificar a possibilidade de interpolações e 14 – atribuir um título ao gráfico, se necessário. Se comparados com a literatura sobre dificuldades de estudantes e docentes na interpretação de gráficos, observamos que resultados semelhantes, quanto às operações 5, 10 e 11 são relatados, entre outros, por Cuesta (2007), García e Palacios (2007a), Dolores (2004), Pró (2003), Bell e Janvier (1981).

Concernente às operações 8 e 11, outros estudos, como os de Leinhardt, Zalavsky e Stein (1990), Deulofeu (1993, 1995), Astudillo e Hernández (2004) e Pereira, Uehara e Núñez (2009) identificaram em suas pesquisas resultados semelhantes.

Quanto à primeira operação, “identificar se existe um plano cartesiano”, resolvida corretamente por todos os estudantes, a análise não se restringiu a verificar se o licenciando relatou explicitamente a existência deste plano. Entendeu-se que, se o licenciando trabalhava com o plano de alguma forma, estava identificando-o. Nesse caso, se todos foram capazes de identificar pontos informando suas coordenadas – abscissa e ordenada – entende-se que os licenciandos consideraram a existência do plano cartesiano.

O participante L5 interpretou o gráfico de modo muito simples, sem detalhamentos e sem explorar as várias possibilidades de informação, não deixando totalmente claras as informações interpretadas. Porém, durante a análise das respostas dos licenciandos, buscou-se encontrar nas resoluções tudo o que fosse entendido como pertinente às operações previstas

no modelo da atividade. Segue um exemplo dessa situação na Figura 21, referente à interpretação do licenciando L5.

A águia originada com concentração inicial de 0,8 mol/L no início do processo com $t=0$. Com o passar do tempo com $t=30\text{ min}$ ocorre a formação da fase A e sua diminuição de concentração passando para 0,5 mol/L. Sua concentração tende a diminuir e o tempo a aumentar, quando chega a 0,2 mol/L e $t=30\text{ min}$ ocorre o final do processo chegando ao produto B.

Figura 21 – Exemplo de resolução do Diagnóstico Inicial – Licenciando L5

Fonte: Caderno de registro de atividades

Observou-se, na resolução, que o licenciando que executou corretamente o menor número de operações foi muito sucinto em sua interpretação, não explicitando as demais operações que se esperava que fossem realizadas. Utiliza-se o verbo “esperar” porque os licenciandos não tiveram acesso ao modelo da atividade elaborado pelo pesquisador previamente.

Considerando esse panorama, a natureza qualitativa desta pesquisa leva-nos a identificar e caracterizar os erros ou dificuldades dos licenciandos na solução da tarefa. Para referenciar essa discussão, verificamos no Quadro 18 os erros cometidos pelos licenciandos durante o diagnóstico.

Erros cometidos	Licenciandos					
	L1	L2	L3	L4	L5	L6
Considerou que as variáveis tinham uma relação inversamente proporcional e que o gráfico era uma reta decrescente		X				
Identificou a relação entre as variáveis como se fosse linear			X			
Considerou o ponto B do gráfico como o final do processo					X	
Associou ao gráfico o conceito de coeficiente angular						X

Quadro 18 – Erros mais frequentes durante a resolução do Diagnóstico

Foi possível observar no Quadro 18 os erros cometidos pelos licenciandos em relação à quantidade de informações que foram interpretadas. A quantidade de erros restringiu-se a quatro licenciandos, cada um dos quais cometeu um erro. No entanto, o tratamento desses

erros junto com as operações que os licenciandos não resolveram apontaram as dificuldades que eles possuíam ao interpretar o gráfico da tarefa. Perceba-se ainda que os erros cometidos pelos licenciandos L2, L3 e L6 são relacionados à dificuldade de realizar a mesma operação de identificar a relação das variáveis, posto que considerar a relação das variáveis como inversamente proporcional e o gráfico como uma reta decrescente referem-se a conceitos relacionados às funções lineares. Da maneira análoga, associar ao gráfico o conceito de coeficiente angular é característico das funções de 1º grau (linear). Esses licenciandos não identificaram o gráfico como a representação de uma relação exponencial entre as variáveis, o que pode ser definido pela curva que o gráfico descreve. A dificuldade de estudantes para se trabalhar com a relação de variáveis na representação gráfica igualmente foi encontrada nos estudos de Cuesta (2007), García e Palacios (2007a), Dolores (2004), Pró (2003) e Bell e Janvier (1981).

Outro erro identificado entre os licenciandos foi cometido pelo licenciando L5, o qual considerou que o fenômeno representado pelo gráfico finalizava no ponto B, ou seja, o licenciando não considerou a possibilidade de se poder extrapolar a curva do gráfico após esse ponto, podendo chegar à total decomposição da água oxigenada. Essa situação alude à própria compreensão do fenômeno de decomposição do H_2O_2 representado. Buscando outros referenciais teóricos que pudessem corroborar com nossa análise, erros cometidos por estudantes relacionados à extração e interpolação de dados em gráficos cartesianos foram identificados nos estudos de Leinhardt, Zalavsky e Stein (1990) e Deulofeu (1993, 1995).

Identificados os erros e as operações que os licenciandos não realizaram, optou-se por trabalhá-los durante o processo formativo, já iniciado durante o estabelecimento da Base Orientadora da Ação.

No encontro seguinte, organizado para a continuidade do processo de formação da habilidade, foram entregues aos licenciandos suas respostas produzidas no Diagnóstico Inicial e foi aplicado o Questionário 1 (Apêndice A).

No Questionário 1, foram apresentadas duas perguntas abertas por meio das quais se pretendeu saber dos licenciandos as dificuldades que tiveram para resolver a tarefa de diagnóstico da forma como foi solicitado e a quê atribuíam essas dificuldades. Especificamente, essas perguntas indagavam “que dificuldades sentiu para interpretação global do gráfico (determinar o máximo de informações do gráfico)?” e “a que atribui essas dificuldades na interpretação global do gráfico?”. Suas respostas refletem o que está demonstrado na Tabela 2 e no Quadro17. Nesse momento, os licenciandos puderam permanecer com a resposta que haviam concedido à tarefa do diagnóstico enquanto

respondiam ao Questionário 1. Embora essas respostas já houvessem sido digitalizadas por este pesquisador, foi solicitado, reiteradamente, que eles não alterassem aquele material, pois ele seria recolhido juntamente com o questionário.

Para analisar os resultados das respostas do questionário quanto às dificuldades e seus motivos foi feito a categorização das respostas, segundo se mostra no Quadro 19.

Dificuldades	A que atribui
- mostrar todas as informações - visualizar todos os dados - extrair o máximo de informações	- questão muito aberta - estar habituado a ser orientado no que interpretar
- fui superficial - não detalhei	
- não utilizei os termos - usar os termos técnicos - dificuldade com as variáveis	- não ter uma boa base sobre gráficos - deficiências de aprendizagem

Quadro 19 – Dificuldades na realização do Diagnóstico Inicial

Algumas respostas dadas pelos licenciados podem ser observadas na Figura 22.

Licenciando L1

Nº 10. Dificuldade encontrada em mostrar todas informações possíveis, acho que fui muito superficial, nem detalhar muito, nem utilizar o termo variável, dimensão.

Licenciando L2

A descrição do gráfico proposto fiquei surpreso pelo fato de interpretar o gráfico, devido que desde o ensino fundamental, médio e também no superior fomos acostumados à nos deparar com situações onde as questões que possuí interpretação de algum gráfico, nos informa o que se pede e nunca os conhecimentos que temos sobre todo o assunto.

Licenciando L6

Essa primeira tarefa, em um primeiro momento, sem nenhuma ajuda, me fez "quebrar" um pouco a minha cabeça, pois como era uma questão muito aberta, fazia com que eu ficasse sem nenhuma orientação, de onde iniciar a minha resposta.

Figura 22 – Exemplos de respostas dos licenciandos à pergunta: “Que dificuldades sentiu para interpretação global do gráfico?”

Fonte: Respostas dos licenciandos ao Questionário 1

Ao se observar as respostas dos estudantes, pode-se perceber que eles atribuem a dificuldade ao fato de não terem recebido nenhuma orientação do que deveriam interpretar no

gráfico, como habitualmente ocorre no contexto escolar e acadêmico. Nessa perspectiva, de fato é comum que, durante as aulas, avaliações ou em processos seletivos, as questões que trazem gráficos cartesianos direcionem os pontos que devem ser determinados. Quando os estudantes deparam-se com uma tarefa que solicita uma interpretação global do gráfico, demonstram dificuldade e, como disse o licenciando L6, não se sabe “por onde iniciar a interpretação”. Outra possibilidade foi o que ocorreu com o licenciando L1, que acabou por desempenhar uma análise “superficial” do gráfico deixando de realizar operações essenciais para o entendimento amplo do fenômeno representado.

Desse modo, as respostas dos estudantes apontaram alguns indícios do porquê a metade deles teve um número de acertos abaixo da metade das operações previstas e os demais não tiveram também um rendimento satisfatório quanto aos seus acertos. Os resultados evidenciados pelo diagnóstico inicial permitiu-nos conhecer, assim, as dificuldades que os licenciados tinham em resolver a tarefa de forma global sem alguma orientação detalhada, como se faz no ensino tradicional, servindo de referências para o aprofundamento de alguns conceitos e operações relacionados à interpretação de gráficos cartesianos e para o planejamento do processo de formação aqui proposto.

7.2 Desenvolvimento do processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos fundamentado na teoria de P. Ya. Galperin

Posteriormente ao diagnóstico inicial, dedicou-se ao desenvolvimento do Sistema Didático, momento em que se dá o processo de formação da habilidade. A partir das etapas da assimilação previstas por Galperin, o licenciando assimila a invariante da habilidade como sistema de orientação, num processo de internalização da atividade, que supõe o trânsito da etapa materializada com apoio externo, no plano interpsicológico, à etapa mental, de trabalho independente, em que a orientação passa a ser realizada como um ato do pensamento.

A assimilação do sistema invariante de operações que configura a habilidade é um processo de internalização da forma externa, materializada, detalhada à forma mental, o qual passa por cinco etapas. Inicia-se com a motivação baseada na discussão de situações-problema. Na etapa seguinte, ocorre o estabelecimento da B.O.A. tipo III, obtida da negociação de significados entre o pesquisador-formador e os licenciandos. Na terceira etapa, ocorre a formação da ação materializada, em que os licenciandos executam as operações da B.O.A. com o apoio do cartão de estudo. Na próxima etapa, o licenciando deve expressar a solução das tarefas de forma oral, sem o apoio externo da B.O.A., mas ainda com o colega de

dupla. Na última etapa, o estudante resolve as tarefas essencialmente na forma mental e de forma independente.

Esse conjunto de etapas organizadas e acompanhadas adequadamente segundo os indicadores qualitativos previstos por Galperin possibilita a formação da habilidade segundo esses indicadores e será a via para construir argumentos para a defesa de nossa Tese.

7.2.1 Etapa Motivacional

Minuciando as etapas do processo formativo, a etapa zero, conforme classifica Talízina (2009), é o momento em que os estudantes devem ser motivados para que tenham o desejo por aprender algo. Entendemos que, por tratar-se de futuros professores, esse momento deveria contemplar situações que despertasse entre eles o interesse por aprender para ensinar uma habilidade de sua esfera profissional. Esse momento ocorreu em um dia distinto ao da aplicação do diagnóstico inicial e, como estabelecido anteriormente, serão considerados nesta etapa apenas os seis licenciandos que concluíram a formação.

A etapa da motivação iniciou-se com um diálogo sobre o desempenho dos licenciandos na tarefa do Diagnóstico Inicial. O licenciando L2 afirmou que o fato de ter que interpretar o gráfico sem nenhuma pergunta dificultou saber o que deveria escrever sobre a interpretação. Os licenciandos L3 e L5 alegaram que os gráficos cartesianos eram muito importantes em sua formação e que aumentar o seu conhecimento nesse assunto facilitaria a aprendizagem em disciplinas da licenciatura e também quando fossem atuar como professores.

A fim de envolver os estudantes na discussão, projetou-se para os licenciandos um quadro com dados de quinze pesquisas obtidas do levantamento sobre dificuldades para a interpretação de gráficos cartesianos, realizado durante a problematização de nosso estudo. O objetivo foi de comparar os resultados dessas pesquisas com o que os licenciandos entendem possuir como dificuldades relativas ao conteúdo. Para isso, foi apresentado o Quadro 20, já trazido no capítulo acerca do desenvolvimento do Sistema Didático, com os autores e seus resultados de estudo.

DIFÍCULDADES PARA INTERRPETAR GRÁFICOS CARTESIANOS	
AUTOR(ES)	DIFÍCULDADES IDENTIFICADAS
Markovits; Bat-Sheva; Bruckheimer (1986); Schnotz (1993); Roth, McGuinn (1997); Roth, Bowen (1999)	Segundo esses autores, os estudantes do ensino médio e superior, assim como, os indivíduos graduados em Ciências têm dificuldades para a compreensão de gráficos, além de um nível elementar.
Leinhardt, Zalavsky, Stein (1990)	- o conflito entre a inclinação e a altura; - a confusão entre um intervalo e um ponto; - a consideração de um gráfico como um desenho e a concepção de um gráfico como construído por um conjunto discreto de pontos.
Pró (2003)	- não reconhecimento por parte dos alunos de que uma variável pode ter diferentes valores; - a dificuldade para interpretar, extrapolar valores e construir gráficos e para compreender as equações descritas nos gráficos; - erros ao associarem as expressões algébricas das funções com seus respectivos gráficos.
Dolores (2004, 2008)	Grande parte dos estudantes aceita que somente as funções cujos gráficos possuem abscissas positivas têm imagens positivas; associam uma relação de concomitância entre função positiva e função crescente, ou entre função negativa e função decrescente; consideram que os pontos de corte de um gráfico com o eixo x seriam pontos fixos ou de que, se um gráfico passasse pela origem, então em tal ponto o gráfico nem cresceria e nem decresceria e associam intervalos com pontos do gráfico.
Azcárate (1990)	- dificuldades de estudantes em interpretar gráficos que representam situações concretas, destacando os casos em que os gráficos são interpretados como uma imagem literal da situação representada;
Deulofeu (1993, 1995)	- tendência que os estudantes possuem em discretizar uma situação, considerando, em um problema, apenas os pontos mais relevantes de um gráfico e em associar o gráfico cartesiano que se assemelha com a trajetória de corpos e a representação da própria trajetória do corpo.
Dolores, Alarcón, Albarrán (2002)	Pesquisa realizada com 70 licenciandos de Química da UFRN, apontou que:
Cuesta (2007)	- 58,6% não apresentaram a representação gráfica com uma relação correta entre as variáveis; - 22,8% não conseguiram esboçar nenhum tipo de gráfico para uma situação apresentada.
Pereira; Uehara; Núñez (2009)	A maior dificuldade para a elaboração de gráficos está associada à escala dos eixos cartesianos. Também descobriram que os estudantes confundem o maior aumento (ou diminuição) com o maior valor ou dão o valor de um ponto quando deveriam referir-se a um intervalo.
Núñez; Hernández; Aranda (2009)	

Quadro 20 – Motivação: dificuldades na interpretação de gráficos cartesianos

Este pesquisador, atuando naquela etapa do estudo como formador, comentou para os licenciandos que a primeira limitação apresentada no quadro – “têm dificuldades para a compreensão de gráficos, além de um nível elementar” – pressupunha uma interpretação superficial do gráfico, muitas vezes induzida pela forma como essas representações são

trabalhadas na escola, ou seja, demandando a interpretação de informações pontuais dos gráficos.

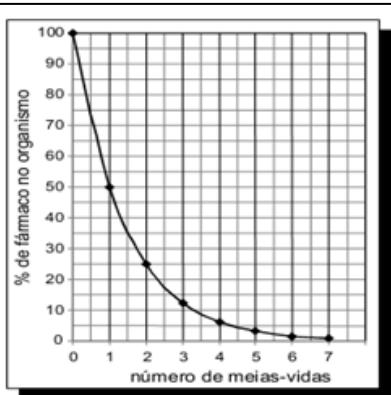
O licenciando L1 concordou com essa constatação, alegando que uma das dificuldades que ele possuía referia-se à relação das variáveis, apresentada no estudo de Pereira, Uehara e Núñez (2009). O futuro professor afirmou ainda que apresentava problemas quando a partir do gráfico precisava determinar se a relação entre as variáveis era proporcional ou outra, por exemplo. Complementarmente, o estudante L5 afirmou que também não considerava fácil determinar essa relação e “mais difícil ainda” era “descobrir a fórmula do gráfico”.

Como parte de uma formação e assumindo o papel de professor, este pesquisador valorizou, diante dos licenciandos, a relevância das dúvidas no processo de ensino-aprendizagem e a capacidade de reconhecê-las, apontando que a busca por formas de elucidá-las constitui-se como um componente de motivação. Quanto aos elementos que julgavam ser necessários à interpretação de um gráfico cartesiano e que ainda apresentavam dúvidas, este formador informou-lhes que seriam discutidos e esclarecidos no momento seguinte, a elaboração da orientação para a resolução das tarefas.

Prosseguindo com o processo de motivação, foram preparadas duas tarefas com situações-problema ligadas à futura atividade profissional dos licenciandos em Química, denominadas Tarefa I – MO e Tarefa II – MO. Ambas trouxeram situações-problema elaboradas pelo pesquisador a partir de gráficos cartesianos do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). As Figuras 23 e 24 trazem as tarefas utilizadas com os licenciandos nessa etapa.

ETAPA MOTIVACIONAL – Tarefa I - MO

A duração do efeito de alguns fármacos está relacionada à sua meia-vida, tempo necessário para que a quantidade original do fármaco no organismo se reduza à metade. A cada intervalo de tempo correspondente a uma meia-vida, a quantidade de fármaco existente no organismo no final do intervalo é igual a 50% da quantidade no início desse intervalo.



O gráfico acima representa, de forma genérica, o que acontece com a quantidade de fármaco no organismo humano ao longo do tempo.

F. D. Fuchs e Cher I. Wannma. **Farmacologia Clínica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992, p. 40.

Fonte: ENEM 2007 – Questão 25 (Adaptada)

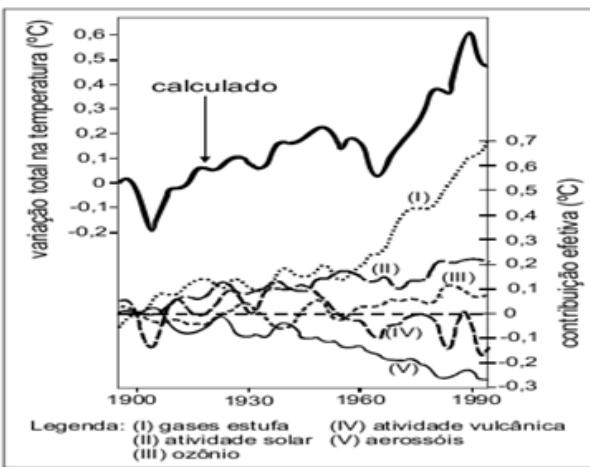
Com base nas informações do gráfico, considere a seguinte situação: Uma pessoa só pode tomar uma nova dose desse fármaco quando tem em seu organismo menos que 5% da dose prescrita. Supondo que a dose prescrita pelo médico foi de 50 mg e que essa pessoa tomou uma dose às 8h da manhã. Por esquecimento às 11h da manhã a pessoa toma mais uma dose de 50g do fármaco. Nessas condições a que horas a pessoa poderá tomar uma nova dose de modo que respeite a prescrição médica?

Figura 23 – Tarefa I – MO utilizada durante a Etapa Motivacional

Fonte: Sistema Didático

ETAPA MOTIVACIONAL – Tarefa II - MO

O gráfico abaixo ilustra o resultado de um estudo sobre o aquecimento global. A curva mais escura e contínua representa o resultado de um cálculo em que se considerou a soma de cinco fatores que influenciaram a temperatura média global de 1900 a 1990, conforme mostrado na legenda do gráfico. A contribuição efetiva de cada um desses cinco fatores isoladamente é mostrada na parte inferior do gráfico.



Fonte: ENEM 2007 – Questão 42 (Adaptada)

Para as condições dadas no gráfico da Figura 15 foi proposta a seguinte situação-problema: “Considerando que os cinco fatores foram avaliados na curva que representa o valor calculado e analisando com ocorreu a variação desses fatores no período de 1900 a 1990, interprete o gráfico e determine para cada período de 30 anos apresentados no gráfico os três fatores que mais influenciaram no valor calculado para a variação da temperatura média global”.

Figura 24 – Tarefa II – MO utilizada durante a Etapa Motivacional

Fonte: Sistema Didático

A partir de então, foi salientado para os futuros professores que os gráficos cartesianos estão frequentemente inseridos nos contextos escolares na proposta de educação para o século XXI e que, além de ser importante saber interpretar gráficos cartesianos, eles deveriam dominar esse conhecimento de modo a auxiliar no desenvolvimento dessa habilidade em seus alunos.

A finalidade em trazer essas duas tarefas não foi resolver cada uma delas, mas motivar os futuros professores quanto à interpretação de gráficos na solução de situações-problema e na busca por um procedimento geral para a interpretação de gráficos cartesianos, isto é, procurar o geral, na diversidade do particular, como um tipo de orientação teórica.

Sequencialmente, este investigador entregou aos licenciandos a Tarefa I - MO e pediu-lhes que lessem e tentassem entender o que estava sendo solicitado. Nessa tarefa, foi solicitado aos professores em formação que interpretassem um gráfico, sem níveis de ajuda, alinhando-se com a habilidade que se desejava formar. Após alguns minutos da entrega da tarefa, este pesquisador projetou a atividade no quadro, fez sua leitura em voz alta e questionou aos alunos: de que forma a interpretação do gráfico ajudaria a resolver essa situação-problema?

Inicialmente, houve um período de silêncio entre os estudantes, até que o licenciando L2 afirmou que o gráfico serviria para verificar a quantidade de fármaco no organismo. O licenciando L4 interviu e salientou que a representação ora referenciada não servia apenas para conferir o quantitativo de fármaco, mas também o tempo que este demora a reduzir no organismo, o que “não é a mesma coisa”, pontuou L4. Aproveitando a discussão, o pesquisador questionou se eles teriam facilidade para resolver a tarefa ora debatida. A maioria dos futuros professores de Química (L1, L2, L5, L6) alegou que acreditavam que não teriam facilidade nessa resolução. Como exemplo, o estudante L1 expressou-se: “É! Parece um gráfico fácil, mas vai ter que usar ele (o gráfico) mais de uma vez”.

No momento seguinte, o pesquisador entregou aos licenciandos a Tarefa II – MO e, como na tarefa anterior, concedeu alguns minutos para que lessem a situação-problema. Ambas as tarefas colocam os estudantes diante de um desafio ou problema, que articula o conhecido (formas como eles interpretam gráficos) com o desconhecido (uma nova forma de se interpretar um gráfico). Quando os estudantes viram a tarefa, manifestaram-se assegurando que esta era muito mais difícil que a primeira. Nesse sentido, L3 disse que “essa tem muito mais informações para interpretar”. Como pode ser visto na Figura 24, ao contrário do gráfico da tarefa anterior, que possuía apenas uma curva, ou seja, modelava apenas um fenômeno (a decomposição de um fármaco), a nova tarefa apresenta um gráfico no qual aparecem seis

curvas. Nesta última atividade, há, portanto, a modelização de seis processos, sendo uma delas, segundo o enunciado, o resultado da soma das demais.

Apresentada a tarefa, o pesquisador fez como na tarefa anterior e lançou uma pergunta de como poderiam proceder para utilizar o gráfico na resolução da situação proposta. O licenciando L6 disse que, para conseguir o que estava sendo pedido, ele precisaria observar o gráfico em três partes, de trinta em trinta anos, mas não conseguia enxergar como fazer. O estudante L1 sugeriu que se deveria olhar a curva mais parecida com a da soma. Em resposta, L3 indagou: “Como é que faz?”.

A apresentação das situações-problema teve como função estimular a discussão acerca da importância de se aprender a interpretar gráficos cartesianos na disciplina de Química de uma forma global, sem necessidade de níveis de ajuda. Reforçou-se a ideia de que, sendo o professor um dos alicerces para o processo de aprendizagem e desenvolvimento de habilidades dos conteúdos escolares pelos alunos, é fundamental que este tenha conhecimentos avançados de determinados conceitos e conteúdos e de como ensiná-los.

Dando continuidade ao processo dialógico, o pesquisador, então, indagou aos futuros docentes se, após verem o quadro com as dificuldades e os exemplos de tarefas, ainda estavam interessados em participar da formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos. Os seis licenciandos confirmaram sua participação. O licenciando L2 disse que aprender a interpretar gráficos cartesianos iria ajudá-lo em várias situações de outras disciplinas que estava estudando e nas aulas que iria ministrar a partir do semestre seguinte por meio da disciplina de Estágio Supervisionado IV. De modo geral, pelos questionamentos e interesse demonstrado pelos estudantes, percebeu-se que o grupo estava interessado em participar do estudo, pois acreditava que estava diante de um conhecimento profissional importante, assim como de uma perspectiva de aprender uma nova forma de ensinar, o que poderia ajudar na inovação pedagógica.

Finalizado esse momento inicial de motivação, passou-se, por conseguinte, para a etapa da construção da orientação para a atividade ou da habilidade objeto de formação. Por fim, há de se destacar que a motivação deve ser mantida durante todo o processo formativo.

7.2.2 Estabelecimento do esquema da Base Orientadora da Ação (B.O.A.)

A construção da base orientadora da ação para a interpretação de gráficos cartesianos de uma forma global ocorreu em conjunto com licenciandos por meio de um processo de negociação dos sentidos que eles atribuíam ao que é e a como se faz a interpretação de um gráfico, relacionando-os sempre com o significado desse procedimento estabelecido pelo pesquisador no modelo da invariante do sistema de operações definido no Sistema Didático. Este é um processo de reconstrução do que eles sabem fazer e do que se propõem a aprender sobre interpretar gráficos, conforme orientações estabelecidas na B.O.A. tipo III.

A partir das informações do Diagnóstico Inicial sobre o que os licenciandos conseguiram interpretar (observar se existe um plano cartesiano; identificar as grandezas; identificar as unidades de medida; identificar os valores das variáveis; localizar pontos no plano cartesiano e descrever a tendência do gráfico) e daí que eles não conseguiram resolver, mas que precisam saber para interpretar um gráfico cartesiano (descrever escalas; determinar se as variáveis são: discretas, contínuas, dependente ou independente; determinar a relação existente entre as variáveis; identificar a possibilidade de interpolar e extrapolar dados e, atribuir um título a um gráfico), iniciou-se o processo de reconstrução da forma como eles fazem a interpretação.

É imprescindível que, nesse processo, os licenciandos compreendam que os procedimentos realizados para interpretação de um gráfico em Química são os mesmos para qualquer outra disciplina. A ideia é construir uma orientação geral que possibilite interpretar qualquer gráfico de um mesmo tipo.

Com esse intuito, este pesquisador iniciou um processo de discussão sobre como, passo a passo, cada um resolveu a tarefa, interpretando o gráfico no diagnóstico inicial, para estabelecer em conjunto o sistema de operações invariante, relacionando-o com a invariante definida no Sistema Didático, de forma tal a se construir uma metodologia geral que possibilite a interpretação de qualquer gráfico cartesiano. Dessa forma, enfatiza-se que o ensino não é um processo de transmissão de conhecimento e sim de negociação de sentidos e significados.

O processo de negociação entre o pesquisador e os licenciandos para a elaboração da base orientadora da ação foi registrado por meio de fotografias e áudio. O quadro foi fotografado em alguns momentos e as imagens dos esboços de gráficos que o pesquisador construiu durante a elaboração da B.O.A. foram utilizadas para dar sentido aos diálogos na transcrição do percurso de construção da orientação. A citada transcrição foi realizada a partir

do registro do processo de negociação gravado em áudio. Para identificar na transcrição quem está no turno de fala, foram utilizados códigos, que, para o pesquisador, foram as letras “PQ” e, para os licenciandos, a mesma identificação utilizada durante o Diagnóstico Inicial (L1, L2, L3, L4, L5 e L6). A professora da disciplina Estágio Supervisionado III estava presente na sala durante o processo de elaboração da B.O.A. e, em dois momentos, manifestou-se. Para identificá-la, foi utilizado o código “PFD”. Durante a transcrição, o símbolo de reticências (...) foi utilizado para os momentos em que se teve alguma pausa mais longa na fala.

A transcrição do processo de negociação da base orientadora da ação para a construção da invariante do sistema de operações pode ser observado no Anexo II. São apresentados a seguir trechos da transcrição a fim de que se possa acompanhar alguns momentos da negociação de sentidos.

Depois de anotar no quadro os dados recolhidos na resolução dos licenciandos no Diagnóstico Inicial e da explicação conferida pelo pesquisador sobre a importância de que todos registrem o processo em seus cadernos, a negociação deu-se da seguinte forma:

(PQ) – Agora vocês irão construir junto comigo a sequência de operações e procurar uma orientação que revele de forma consciente o sistema de operações invariante que possibilite interpretar gráficos cartesianos como parte da solução de situações-problema. Vocês vão falar as operações que acharem necessárias para interpretar um gráfico. Vamos utilizar como referência o gráfico que vocês interpretaram no Diagnóstico Inicial e as operações que vocês executaram. Algumas operações ninguém realizou na interpretação da tarefa e nós vamos buscar através do diálogo o que estrutura esse sistema de operações. Está certo?

(Vários) – Certo!

(PQ) – Vou orientar o processo desde o início. Iremos organizar uma orientação de forma coletiva e que vocês utilizarão para as tarefas seguintes. Peço para que anotem no caderno todo o processo que iremos fazer. Vão organizando de modo que entendam os elementos que compõem os gráficos e as operações que demandam esses elementos.

O pesquisador, subsequentemente, projetou no quadro o gráfico da Figura 25, utilizado na tarefa do Diagnóstico Inicial.

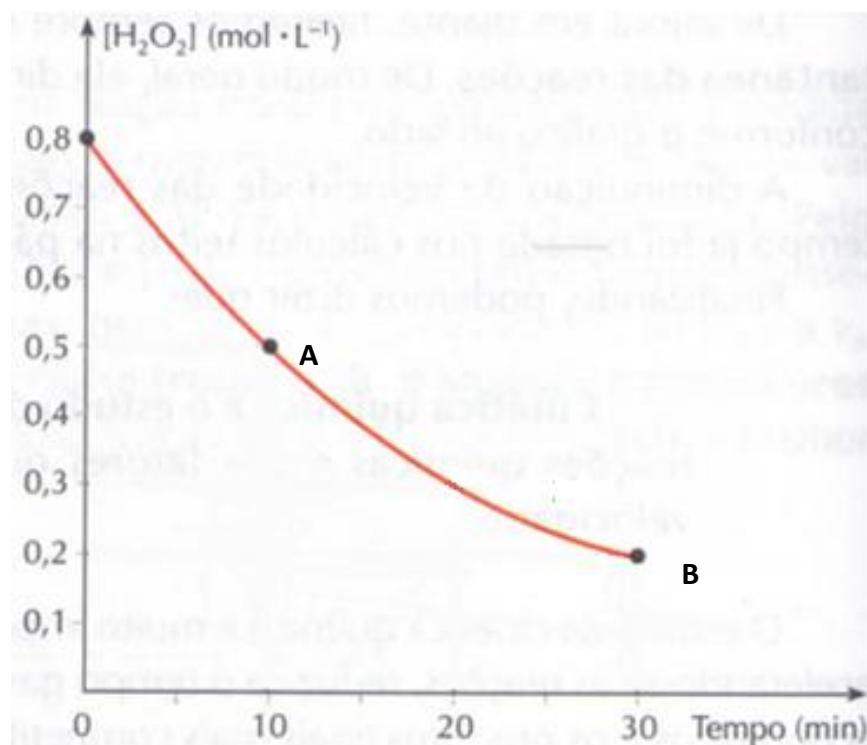


Figura 25 – Gráfico utilizado durante o estabelecimento da Base Orientadora da Ação

(PQ) – Como procurar uma metodologia que possibilite interpretar qualquer gráfico cartesiano que representa processos e fenômenos químicos? É importante se ter um procedimento geral para sair da forma fragmentada que se ensina?

(PQ) – Agora, a partir do que conhecem sobre gráficos cartesianos e das informações anotadas no quadro sobre a tarefa que resolveram, vocês irão me falando o que acreditam ser essencial na interpretação de qualquer gráfico. Na Química ... O que tem em qualquer gráfico de Química?

(L3) – A curva ... a forma do gráfico.

(L6) – O gráfico.

(L3) – Essa linha cheia.

(PQ) – Tudo bem, essa linha cheia! Mas essa linha vem de onde? Ela vem de algum lugar...

(L3) – Essa linha vermelha.

(PQ) – Tudo bem, essa linha vermelha! Mas a linha vermelha vem de onde? Ela vem de algum lugar...

(L6) – Da relação da ordenada com a abscissa. É a função, não é?

(PQ) – Não vamos entrar no âmbito das funções, porque nem todas as relações são funções. Mas, todas tem algum tipo de ...

(L4) – Relação.

(PQ) – ... relação. Não é isso?

(PQ) – Então, uma coisa que tem em todo gráfico é uma relação entre variáveis.

Certo?

Nesse instante, o pesquisador anotou no quadro e os licenciandos em seus cadernos a expressão “relação de variáveis”, ao lado das operações realizadas no diagnóstico, no qual a identificação da relação das variáveis foi uma das operações em que todos os licenciandos não fizeram corretamente. Nesse processo de negociação, surgiram e foram retomados outros elementos que pertencem a um gráfico cartesiano: pontos, abscissa e ordenada, plano cartesiano, sem se preocupar neste momento em ordenar o que se estava determinando.

Retomando a transcrição, tem-se:

(PQ) – E o que tem nesse plano?

(L3) – As unidades!

(PQ) – Tem unidades. Ok! (anota no quadro) E tem o que mais?

(L5) – Os valores!

(PQ) – Seriam as escalas com que os valores variam?

(L6) – São!

(L2) – Isso!

Os licenciandos manifestaram-se durante o processo interpretando o gráfico cartesiano e comparando com o que tinham feito no diagnóstico:

(L4) – A relação ... o comportamento do gráfico ... é uma característica? Se ele cresce ou decresce?

(PQ) – Se ele cresce ou decresce é uma característica, mas esse comportamento é diferente da relação entre as variáveis. Podemos dizer que a relação gera esse comportamento, essa tendência do gráfico. Ele pode tender a ser crescente, decrescente, ... ou ainda tem gráfico que pode ter mais de uma característica dessas. Tem parte que é crescente, tem parte constante e parte decrescente. Certo?

(Vários) – Certo!

(PQ) – Vamos colocar aqui na B.O.A. que todo o gráfico tem uma, ou mais, tendências (anota no quadro). Vocês estão anotando no caderno? E o que mais?

(PQ) – Vocês podem ir falando aleatoriamente o que faz parte de um gráfico cartesiano. Depois a gente organiza em uma ordem de operações.

(L3) – E aqueles pontos de máximo e mínimo?

(PQ) – Isso! Então vamos colocar aqui ... máximo, mínimo, ... Mas, colocar só máximo e mínimo restringe um pouco, não acham?

(PQ) – Observem este gráfico.

O pesquisador desenha no quadro o esboço do gráfico apresentado na Figura 26:

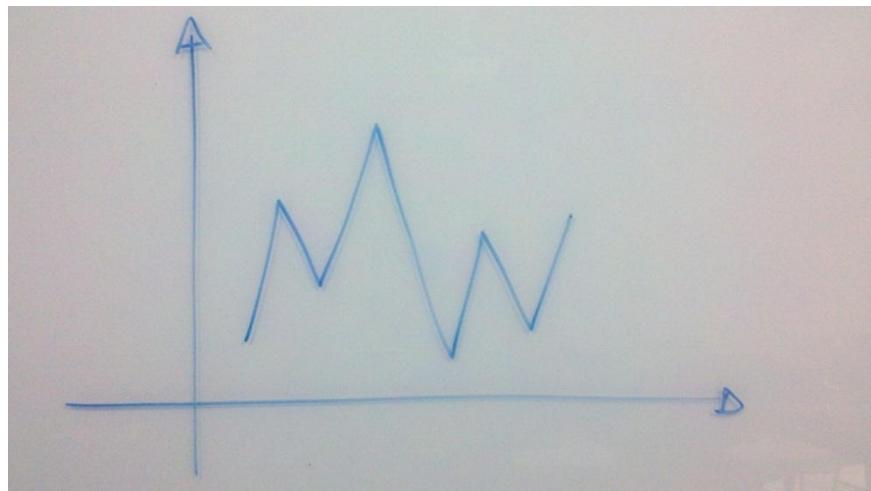


Figura 26 – Exemplo 1 de gráfico cartesiano durante elaboração da B.O.A.

Fonte: Foto do quadro – autor o pesquisador

(PQ) Existem gráficos com essa aparência?

(L9) – Tem sim!

(L1) – Existem!

(PQ) – Então, em uma situação como essa nós não temos somente máximo e mínimo.

Não é?

(PQ) – Tem outras características importantes. Como poderíamos chamar?

(L2) – Se for fazer uma relação com a Física, “é as cristas e os vales, né”? A crista é considerado o ponto máximo da onda e o vale é considerado o ponto mínimo.

(PQ) – Isso seria máximo e mínimo ainda. O que podemos acrescentar?

(PQ) – Vocês podem citar exemplos pra gente analisar também.

Em continuidade, o processo de negociação de significados vai identificando novos elementos para se escrever no quadro e organizar a Base Orientadora da Ação: amplitude, se o gráfico é constante ou crescente ou se tem variações, relação das variáveis. A partir do surgimento da relação das variáveis, suscitou que o professor fizesse outro desenho.

(PQ) – Tem gráfico que tem mais de uma relação. Por exemplo, tem gráfico que faz isso... (desenha no quadro o gráfico da Figura 27)

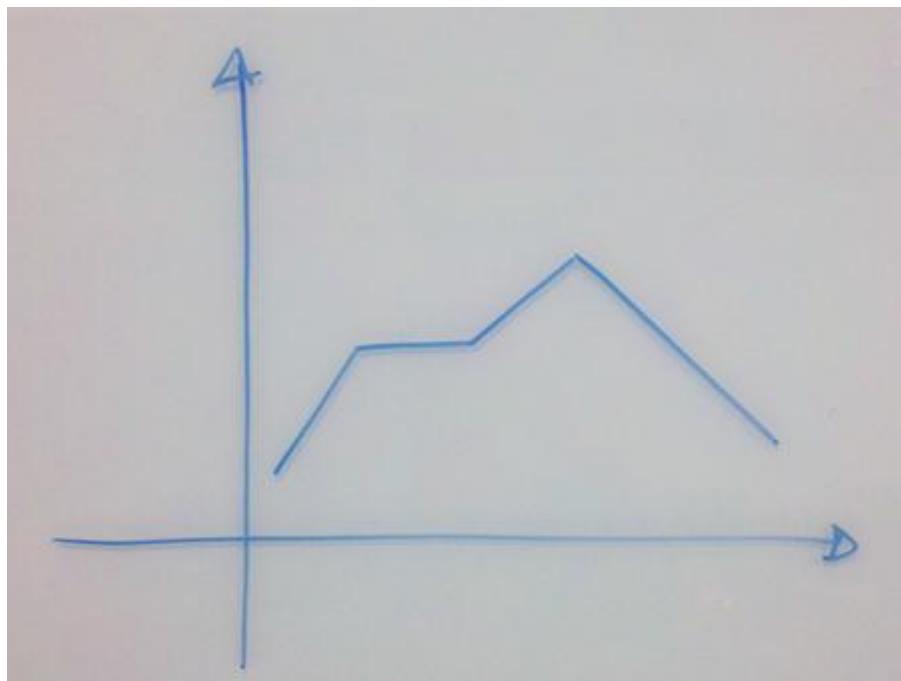


Figura 27 – Exemplo 2 de gráfico cartesiano durante elaboração da B.O.A.

Fonte: Foto do quadro – autor o pesquisador

(PFD) – É isso que eu queria falar! (Essa foi uma fala da professora da disciplina).

(L4) – É isso!

(PQ) – Pronto! É um gráfico que você não define com uma única relação. Você tem uma relação nesse trecho (aponta para o intervalo crescente) e outra nesse (aponta para o intervalo constante).

Os licenciandos continuam participando ativamente da elaboração da B.O.A.. A cada termo que eles sugerem, o pesquisador anota no quadro para que posteriormente seja negociada a ordem com que serão dispostos no sistema de operações e solicita que escrevam em seus cadernos. Para estabelecer uma maior interação com o grupo, o pesquisador caminha entre os licenciandos para verificar se eles estão anotando as informações negociadas e para verificar se estão compreendendo o que está sendo desenvolvido. Outras propostas que surgiram foram: a equação, a fórmula, “tem que ver se é exponencial”. Nesse momento, houve novamente a necessidade de uma figura.

(PQ) – É nesse ponto que eu queria chegar. Tem gráfico que você define essa fórmula mais facilmente, em outros nem tanto, são mais difíceis. Não é isso?

(PQ) – Mas, se existir uma fórmula você tem que saber determinar e saber diferenciar essa relação. Por exemplo, esse tipo de relação aqui ...

O professor desenha no quadro o gráfico representado na Figura 28:

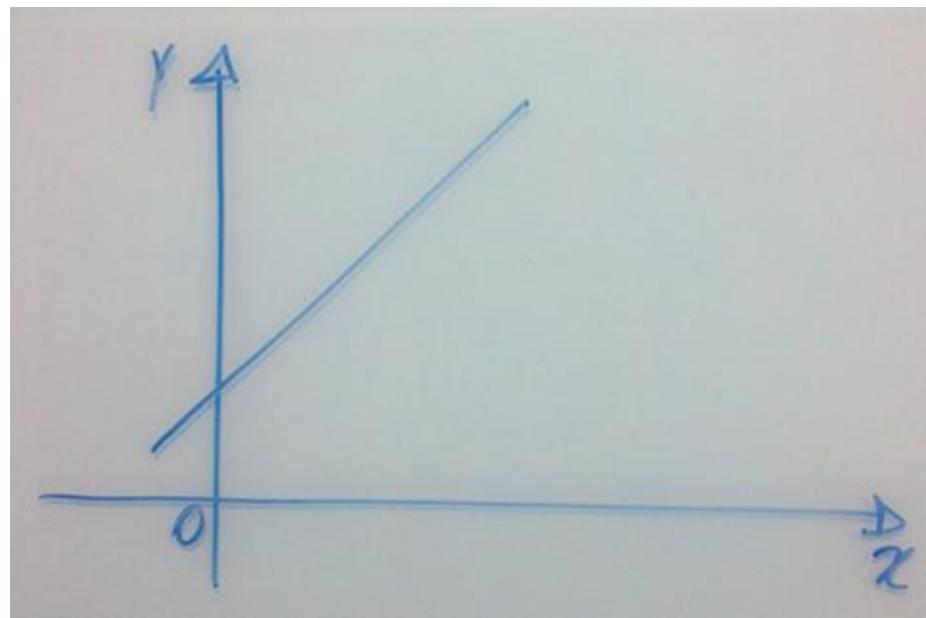


Figura 28 – Exemplo 3 de gráfico cartesiano durante elaboração da B.O.A.
Fonte: Foto do quadro – autor o pesquisador

(L1) – É linear!

(PQ) – Isso! É linear. Que é uma relação proporcional.

Este pesquisador continuou com o debate sobre os tipos de relações que poderiam gerar um gráfico cartesiano e foram surgindo novas propostas para agregar à B.O.A. Depois de anotadas várias sugestões vindas dos estudantes e do próprio pesquisador, iniciou-se o processo de organização dessas operações a serem realizadas.

(PQ) – Vamos lá, pessoal, não se esqueçam de anotar tudo!

(PQ) – Então, até agora vimos que tem que ter variáveis, unidades, ... , e tudo mais que está no quadro. Vamos organizar esses pontos!

(PQ) – Primeira coisa a identificar são as ...

(L2) – Variáveis!

(PQ) – Ok, variáveis! Pode ser pessoal?

(Vários) – Sim!

(PQ) – Desses variáveis vocês veriam o que?

(L2) – A unidade.

Nesse processo de organização, foram surgindo outros elementos que ainda não haviam sido discutidos: as grandezas e suas relações como forma de modelizar os fenômenos

químicos. Os estudantes conversam entre si para poder fazer sugestões do que faz parte de um gráfico e ainda não está no quadro.

(PQ) – Mas como é essa relação dentro de um gráfico cartesiano? Para qualquer gráfico cartesiano.

(L6) – Tem a dependência entre as grandezas.

(PQ) – Pronto! Uma coisa primordial em um gráfico cartesiano é você saber quem é a variável independente e quem é a variável dependente. Concordam?

(Vários) – Sim!

Em alguns momentos, este investigador induziu o surgimento da discussão:

(PQ) – Por exemplo, como se chama a situação... A gente viu o seguinte (apontando para o gráfico), o ponto B tem tempo 30 e concentração 0,2 e o A tem tempo 10 e concentração 0,5. Certo?

(Vários) – Isso! Certo!

(PQ) – Como se chama se eu precisar saber a concentração no tempo 20 minutos? Tem um nome para isso.

(L1) – Média?

(PQ) – Não somente a média. Isso seria se buscássemos exatamente o ponto central, como é o caso do que pedi. Mas vamos mudar.

(PQ) – Se for o tempo 15 minutos? Se for o 12 ou 23 ou 27?

Depois de algumas contribuições, chegava-se a uma conclusão:

(PQ) – Isso é chamado de interpolação de dados.

(L4) – É isso! Não lembrava o nome.

E da determinação de um componente, surgia a proposta de outros pelos licenciandos:

(L4) – Bem! Tem extração e interpolação.

Em determinados momentos da negociação, o pesquisador teve que trazer várias considerações e argumentações para se chegar onde desejava:

(PQ) – Não vamos nos apegar a detalhes do conceito, vamos falar um pouco sobre cada uma delas. Mas, é importante saber se aquela variável envolvida é discreta ou contínua? Qual a diferença principal entre uma variável discreta e uma variável contínua?

(PQ) – Basicamente! As variáveis discretas estão mais relacionadas com contagem.

(PQ) – Por exemplo, número de filhos. Você tem 1, tem 2, tem 3, tem 4 e tem 5 filhos.

Isso é uma variável discreta. Você não tem 1,3 filhos, não tem 4,5 filhos. Entenderam?

(PQ) – Já as variáveis contínuas, você tem inúmeras possibilidades entre um valor e outro. Por exemplo, olhem aqui (apontando para o eixo das ordenadas do gráfico projetado)! Entre as concentrações 0,2 e 0,3, quantas possibilidades eu tenho?

(L3) – Muitas!

(PQ) – Essa é uma variável contínua. Você consegue fazer várias interpolações?

(PQ) – O tempo. Quantas frações de tempo eu consigo ter nesse intervalo (aponta para o gráfico)?

(L4) – Inúmeras!

(PQ) – Então nós temos aqui um gráfico com duas variáveis contínuas.

(PQ) – Isso influencia na interpolação do gráfico, ou não?

(L1) – Influencia!

(L6) – Lógico!

(PQ) – Por exemplo, em gráficos assim ... (desenha no quadro o gráfico representado na Figura 29).

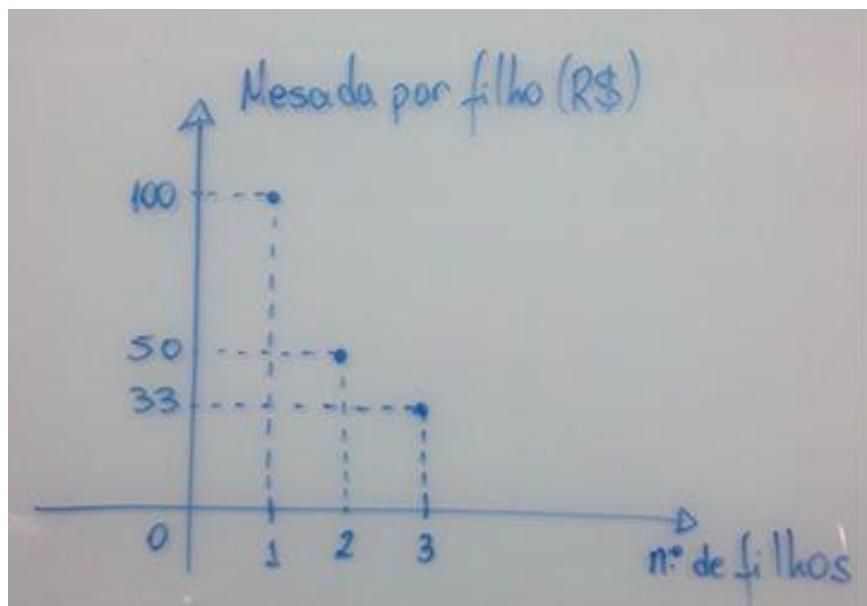


Figura 29 – Exemplo 4 de gráfico durante elaboração da B.O.A.

Fonte: Foto do quadro – autor o pesquisador

(PQ) – Onde temos número de filhos e uma mesada por número de filhos.

(PQ) – Se você tem um filho ele vai receber R\$ 100,00. Se tem dois filhos, cada um vai receber R\$ 50,00 e, se tem 3 filhos, cada um recebe R\$ 33,00. Esse é um gráfico de variáveis discretas.

(PQ) – Vamos fazer o seguinte ... (o pesquisador une os pontos).

O gráfico do quadro fica com a representação da Figura 30:

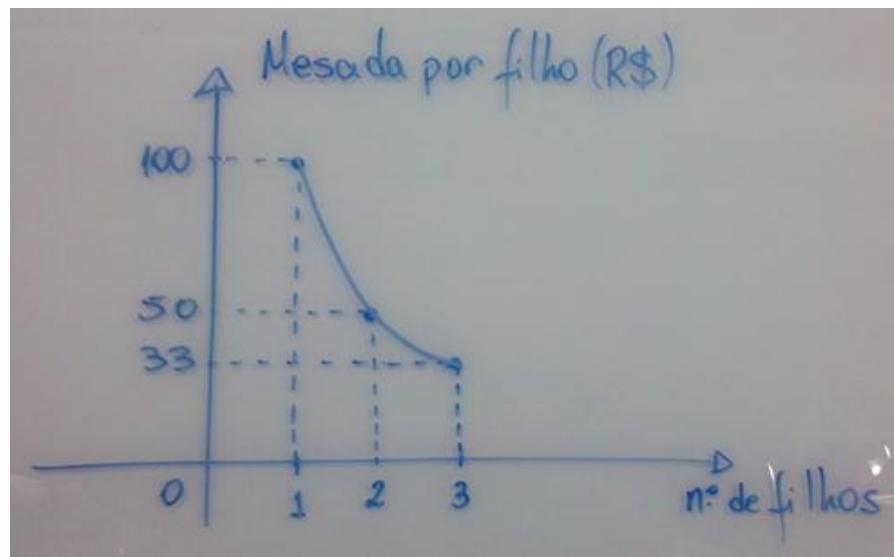


Figura 30 – Exemplo 5 de gráfico durante elaboração da B.O.A.

Fonte: Foto do quadro – autor o pesquisador

(PQ) – Está certo esse gráfico?

(L4) – Não!

(L3) – Não!

(PQ) – Pois é um erro que acontece com frequência nas representações gráficas, principalmente, nos discretos.

(PQ) – Quando se une os pontos admite-se que existe a possibilidade de haver outros dados entre os apresentados.

(PQ) – Então, é importante se observar se é uma variável contínua, ou não?

Depois de vários momentos de discussão e serem determinados mais componentes do gráfico, houve a necessidade deste pesquisador fazer mais um esboço no quadro.

(PQ) – Além do que já determinamos, é importante também, por exemplo, ... não sei se vocês já viram ... mas tem gráficos que apresentam situações assim ... (desenha no quadro os gráficos da Figura 31)

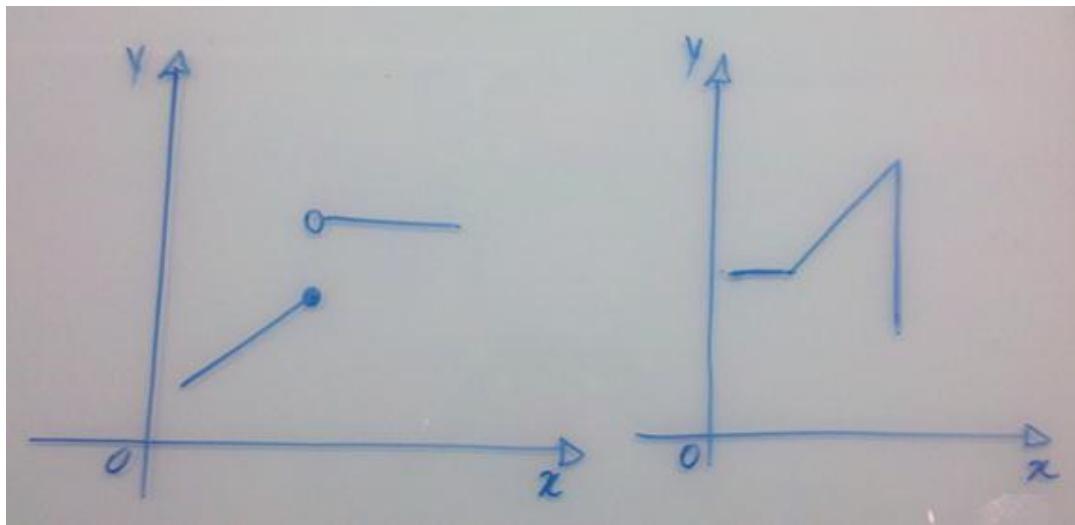


Figura 31– Exemplo 6 de gráfico durante elaboração da B.O.A.

Fonte: Foto do quadro – autor o pesquisador

(PQ) – Esses exemplos são gráficos que têm uma ruptura, uma quebra na sequência de dados. Essa característica, essa ruptura é importante que seja analisada.

(PQ) Estão anotando e compreendendo o que estamos organizando?

(PQ) – Nós podemos classificar esse comportamento e alguns outros, como características atípicas. O gráfico vem em uma situação e de repente acontece algo que muda bruscamente.

(PQ) – Temos que colocar um termo que quando vocês estiverem interpretando seja lembrado. Colocar, por exemplo, característica atípica seria uma situação que se diferencia em dado momento. Pode ser um ponto extremo, uma quebra, uma constância, uma oscilação diferente, ou seja, é importante que seja analisada em separado.

A partir de então, foi retomado o processo de organização das informações anotadas no quadro:

(PQ) – Retornando à discussão da orientação, qual a primeira coisa a se enxergar no gráfico?

(L2) – O plano?

(PQ) – Isso! O plano cartesiano é quem o classifica como gráfico cartesiano.

(PQ) – Depois, seria o que?

(L4) – Os pontos?

(PQ) – Vocês concordam com os pontos?

Este foi um momento em que houve divergência entre os alunos e foi necessária a intervenção do pesquisador na negociação:

(L4) – Eu acho que a unidade é uma das primeiras coisas que a gente vê. A gente bate o olho e identifica logo as unidades.

(PQ) – E vocês que não estão falando nada! (Aponta para alguns estudantes) Vamos participar! Contribuir!

(L4) – Eu acho impossível uma pessoa olhar um gráfico sem observar os eixos e as unidades.

(PQ) – Então você colocaria agora as unidades?

(L4) – Eu acho que sim. Ao olhar o plano cartesiano já observamos as unidades.

(L6) – Ao olhar o plano você já observa a tendência.

(L4) – Você não olha a unidade não?

(L6) – Você não tem como saber a tendência sem saber o que é independente e dependente.

(PQ) – Bem, vamos lá! Esses três primeiros dados vocês concordam? Qual seria o próximo?

Seguido de mais algum tempo de negociação entre os próprios alunos e entre o professor, foi possível concluir a organização da Base Orientadora da Ação.

(PQ) – Essa sequência que determinamos dá uma ideia geral da interpretação, da essência de um gráfico e define uma orientação para fazê-la. Esse é o sistema de operações da base orientadora da ação, a B.O.A. que será usada, como apoio, para, inicialmente, interpretar gráficos.

(PQ) – Agora eu gostaria que vocês anotassem essa B.O.A. para criar o cartão de estudo que será usado nas tarefas.

Ao final dessa discussão, foi elaborado um conjunto de operações para a interpretação global de um gráfico cartesiano. As operações, na sequência determinada pela negociação entre professor e licenciandos, ficaram organizadas em um *cartão de estudo*. O pesquisador orientou que, a partir dos dados que cada estudante anotou em seu caderno e do que se tinha discutido e concluído no quadro, cada licenciando anotasse em uma folha a sua base orientadora da ação, para utilizar na resolução das tarefas que seriam propostas.

A Figura 32 apresenta a base orientadora da ação anotada na forma de *cartão de estudo* pelo licenciando L2 e que foi utilizada para a resolução das suas tarefas nos momentos seguintes da formação da habilidade. A B.O.A. anotada pelos demais licenciandos podem ser encontradas no Anexo III.

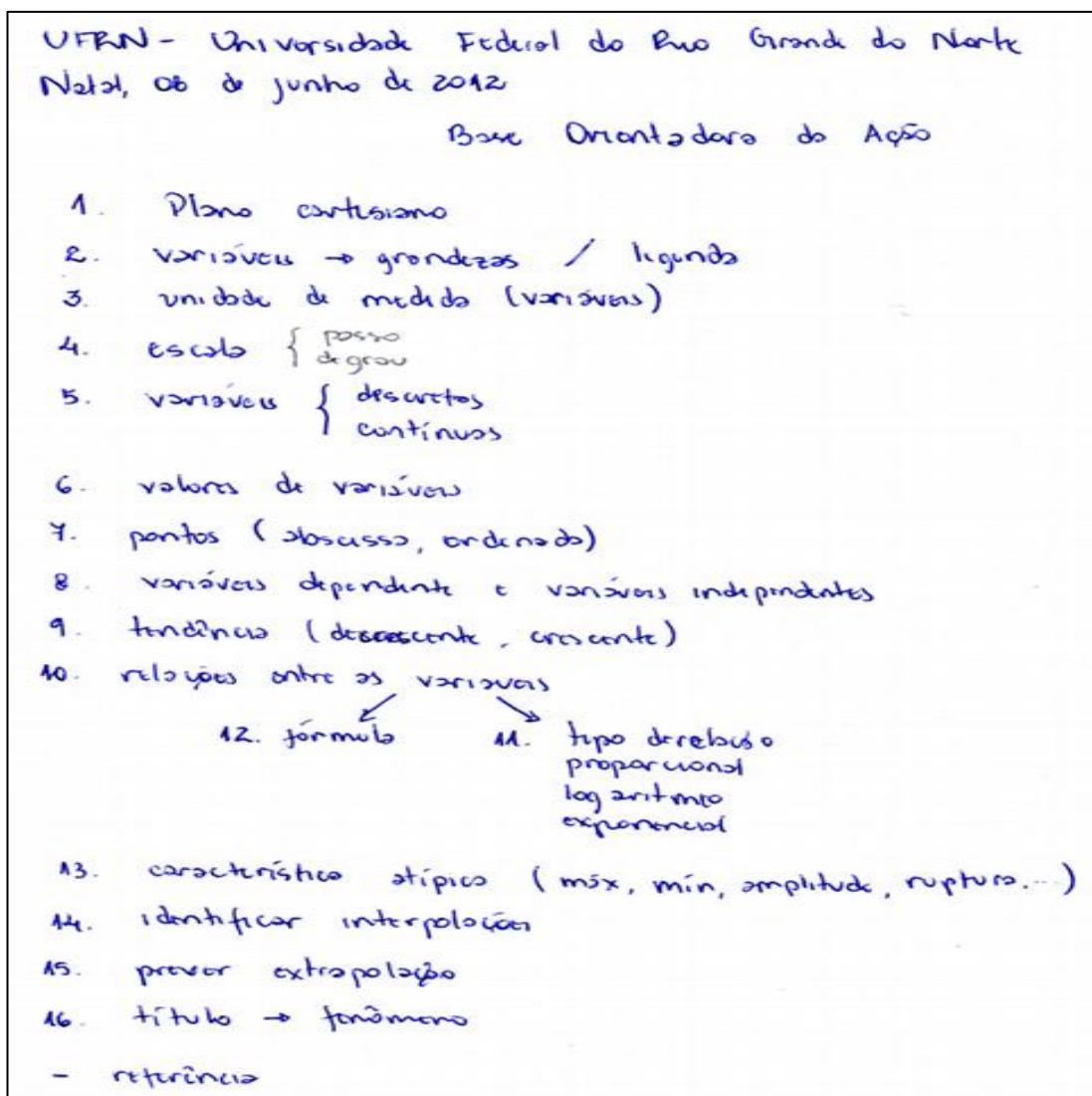


Figura 32 – Base Orientadora da Ação (B.O.A.) da interpretação de gráficos cartesianos anotada por L2
Fonte: Caderno de registro de atividades do licenciando L2

No Quadro 21, apresenta-se a versão final da B.O.A. elaborada em conjunto com os licenciandos e anotada no quadro pelo pesquisador:

**BASE ORIENTADORA DA AÇÃO: INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS
CARTESIANOS**

15. Observar se existe um plano cartesiano.
16. Identificar as variáveis envolvidas (grandezas) e se existe uma legenda
17. Identificar as unidades de medidas das variáveis.
18. Descrever a escala dos eixos.
19. Determinar o tipo das variáveis: discreta ou contínua.
20. Identificar valores das variáveis.
21. Localizar pontos do gráfico: abscissa e ordenada.
22. Identificar a variável independente e a dependente.
23. Descrever a(s) tendência(s) da curva do gráfico: crescente, decrescente, ...
24. Verificar a(s) relação(ões) existente(s) entre as variáveis:
 - c) Tipo de relação: proporcional, exponencial, logarítmica, ...
 - d) Fórmula da relação, se possível.
25. Identificar características atípicas: máximo, mínimo, amplitude, ruptura, ...
26. Identificar interpolações, se possível.
27. Prever extrapolação, se possível.
28. Atribuir um título ao gráfico que represente o fenômeno, quando necessário.

Quadro 21 – Cartão de Estudo: Base Orientadora da Ação (B.O.A.) da interpretação de gráficos cartesianos
 Fonte: Elaborada pelos licenciandos em colaboração com o pesquisador

Este pesquisador conferiu, por conseguinte, se todos escreveram em seus cadernos a estrutura da B.O.A., resultado do processo de negociação. Nesse momento, a intenção foi saber se eles compreenderam o que é aquela orientação. Um ponto interessante salientado pelo licenciando L4 pode ser sintetizado na seguinte fala: “se essa sequência aparece em qualquer gráfico, então poderemos aplicar em outras disciplinas”.

Constitui-se como parte do processo, antes de continuar para a próxima etapa, perceber se os licenciandos compreenderam que aquele sistema de operações construído e anotado na forma de *cartão de estudo* era a materialização da estrutura operacional da habilidade a ser usada como apoio externo na próxima etapa. Com esse apoio, eles não precisariam memorizar o conteúdo, visto que é no processo de aprendizagem que o mesmo é assimilado.

Finalizada a etapa de orientação e garantida a compreensão por todos de como se interpreta um gráfico cartesiano, a próxima etapa orienta à interpretação de gráficos usando a orientação da B.O.A. III construída.

7.2.3 O desenvolvimento da Etapa Materializada

Nesta etapa da aprendizagem, os futuros professores foram organizados em duplas para a resolução das tarefas. Cada licenciando resolveu sua tarefa com o auxílio de seu *cartão de estudo* (apoio externo) onde estava anotada a B.O.A. III. Durante a resolução, o outro licenciando foi acompanhado pelo seu colega de dupla, de modo a observar se todas as operações previstas no *cartão de estudo* estavam sendo desenvolvidas, assim como o pesquisador observava a resolução das tarefas pelas duplas e, se necessário, intervivia para ajudá-los. Essa forma, como tem explicado Talízina (1988), contribui para a conscientização da atividade, para o desenvolvimento do autocontrole posterior.

Foram propostas para esta etapa oito tarefas, das quais cada licenciando da dupla resolveu quatro distintas. As tarefas usadas foram: 1A – MM, 1B – MM, 2A – MM, 2B – MM, 3A – MM, 3B – MM, 4A – MM e 4B – MM. Esses pares de tarefas foram organizados de modo que cada licenciando da dupla interpretasse gráficos diferentes, mas que tivessem exigências semelhantes. Para efeito de análise, em alguns momentos não serão referenciadas as tarefas pelos códigos descritos, apenas por T1, T2, T3 e T4, sendo T1 referente à primeira tarefa resolvida por cada licenciando, ou seja, Tarefa 1A – MM ou Tarefa 1B – MM e assim por diante. Todas as tarefas estavam de acordo com os indicadores qualitativos da forma da ação, pois foram resolvidas com auxílio da materialização da B.O.A (cartão de estudo); do grau de generalização, uma vez que todas estão dentro dos limites de aplicação e do grau de consciência, já que os licenciandos tiveram que justificar o processo de solução das tarefas.

Para organizarmos os dados referentes às respostas das tarefas desta etapa, foi estabelecido o Quadro 22. Neste quadro, organizamos a resolução das tarefas nos seguintes critérios:

- a) **Trabalhou segundo a B.O.A materializada:** utilizou o cartão de estudo e seguiu corretamente todo o sistema de operações previsto.
- b) **Trabalhou de forma compartilhada com o colega:** o licenciando trabalhou em dupla, ajudando o colega quando necessário.
- c) **Recebeu ajuda do colega:** durante a resolução, o colega de dupla precisou intervir para corrigi-lo ou o próprio licenciando solicitou ajuda do colega.
- d) **Recebeu ajuda do pesquisador:** durante a resolução, o pesquisador precisou intervir para corrigi-lo ou o próprio licenciando solicitou ajuda do pesquisador.

Para esses critérios atribuiu-se a classificação sim ou não.

Categoria		Trabalhou segundo a B.O.A. materializada	Trabalhou de forma compartilhada com o colega	Recebeu ajuda do colega	Recebeu ajuda do pesquisador
Licenciandos	L1	T1	sim	sim	sim
		T2	sim	sim	não
		T3	sim	sim	não
		T4	sim	sim	não
	L2	T1	sim	sim	sim
		T2	sim	sim	não
		T3	sim	sim	não
		T4	sim	sim	não
	L3	T1	sim	sim	sim
		T2	sim	sim	sim
		T3	sim	sim	não
		T4	sim	sim	não
	L4	T1	sim	sim	não
		T2	sim	sim	não
		T3	sim	sim	não
		T4	sim	sim	não
	L5	T1	sim	sim	sim
		T2	sim	sim	não
		T3	sim	sim	sim
		T4	sim	sim	não
	L6	T1	sim	sim	não
		T2	sim	sim	não
		T3	sim	sim	não
		T4	sim	sim	não

Quadro 22 – Evolução dos licenciandos na resolução das tarefas na Etapa Materializada

Observa-se pelo quadro que todos os licenciandos utilizaram a B.O.A. (cartão de estudo) na resolução das tarefas como uma exigência da aprendizagem. Este foi um cuidado orientado pelo pesquisador antes de iniciar o processo de formação e acompanhado durante todo o tempo para que os estudantes não deixassem de resolver a tarefa de forma detalhada, o que contribui com a conscientização da atividade. Da mesma forma, no trabalho em dupla, todos os licenciandos trabalharam de forma compartilhada, no plano interpsicológico.

Quanto à necessidade de ajuda durante a resolução da tarefa, percebe-se no Quadro 22 que o licenciando L1 precisou de ajuda tanto do colega quanto do pesquisador durante a resolução da Tarefa 1A – MM. A necessidade de auxílio deste pesquisador ocorreu em função de ambos participantes da dupla terem apresentado dúvidas quanto à classificação da escala que se apresenta com a origem do gráfico, em - 600 anos. Na segunda tarefa, ele precisou da

ajuda apenas do colega quanto à tendência do gráfico, uma vez que a solubilidade é crescente e exponencial até aproximadamente 33 °C. Neste ponto (inflexão), o gráfico passa a ser decrescente e linear, em função da desidratação das moléculas de água. Nas outras duas Tarefas (3B - MM e 4A - MM), os estudantes resolveram somente com o auxílio do *cartão de estudo*. Esse ponto merece um destaque, pois a Tarefa 3B – MM diferenciava-se das anteriores porque, ao invés de apresentar um único gráfico para interpretação, propunha uma situação-problema em que dois experimentos com massas iguais de ferro reagiram com volumes iguais da mesma solução aquosa de ácido clorídrico, à mesma temperatura. De tal modo, o licenciando deveria escolher, entre quatro opções de gráficos, o que melhor representava essa situação e justificar o porquê os outros três gráficos não eram a resposta correta. Nessa altura, a escolha da resposta exigia a interpretação de quatro formas diferentes de representar a decomposição da massa de ferro no tempo. A interpretação do referido gráfico exige o conhecimento de Cinética Química quando trata do aumento da velocidade de reação com o aumento da superfície de contato. Dessa forma, o licenciando deveria interpretar que o ferro na forma de limalha tem uma maior superfície de contato, logo reage mais rápido e produz o gás H₂ mais rápido (aumento de volume). Sendo assim, dos gráficos apresentados ficaria entre as alternativas b e d, porém como o enunciado diz que a placa e a limalha possuem massas iguais de ferro e toda essa massa será consumida, então os dois devem ter volume final de H₂ iguais. Logo, a alternativa correta era a opção b. O licenciando L1 fez a identificação e as justificativas corretamente e, então, interpretou o gráfico certo segundo o sistema de operações. Esta primeira parte da tarefa o licenciando utilizou a B.O.A. reduzida e executou corretamente as operações ao interpretar o gráfico, considerando todas as operações previstas no sistema. Na Tarefa 4A – MM, além da interpretação do gráfico, no item 2 da tarefa, o licenciando deveria responder à questão “Como poderia ter sido organizado o experimento de um fenômeno que tivesse como resultado o gráfico apresentado nesta tarefa?” Nessa situação, demandava-se uma compreensão do gráfico em relação às formas pelas quais se podem obter os dados num dado experimento, o qual relaciona resultado com representação. A resposta do licenciando L1 pode ser observada na Figura 33.

2) No laboratório, utilizaria um complexo de algum metal que (para fatores de velocidade de decomposição) aderiu aos bactérios, teste em ratos, relacionado a doenças e faria análises para saber se a quantidade de fármacos se reduzindo a metade com o tempo de meia-vida, faria um recolhimento e perceberia se está reduzindo a metade.

Figura 33 – Resposta do licenciando L1 à questão 2 da Tarefa 4A – MM

A resposta do licenciando, apesar de não ter muitos detalhes, apresenta uma proposta plausível para o que era exigido pela tarefa. Essa segunda questão busca revelar a compreensão do processo pelo licenciando. É uma tarefa inversa do gráfico enquanto representação à forma de se obter os dados.

Percebe-se pelos dados do Quadro 22 que o licenciando, ao avançar na resolução das tarefas, recebeu menos ajuda do colega e do pesquisador, ficou menos dependente da ajuda externa, o que caracteriza um maior domínio do sistema de operações. As operações que o estudante ainda tinha dificuldades ao final da etapa foram abordadas individualmente pelo pesquisador, com o intuito de resolver esses problemas antes de seguir pra a próxima etapa.

Na Tarefa 1B - MM, o licenciando L2 precisou da ajuda do colega quanto aos tipos de variáveis e do pesquisador, em relação à interpolação de dados. Na Tarefa 2A – MM, L2 necessitou apenas do auxílio do colega quando teve dúvidas sobre a tendência do gráfico. É possível que a necessidade de ajuda quanto à tendência deste gráfico tenha justificativa semelhante à discutida na análise das tarefas do licenciando L1. Na tarefa Tarefa 3B – MM, já descrita quando discutidas as resoluções do licenciando L1, o estudante L2 não solicitou ajuda ou teve interferência em sua solução, mas não executou corretamente três operações: identificar as unidades de medidas, determinar a relação entre as variáveis e identificar a possibilidade de interpolação. Ao saber dessas dificuldades, o pesquisador foi até a carteira do licenciando e discutiu com ele os conceitos que estava com dúvidas. Na resolução da tarefa Tarefa 4B – MM, o licenciando L2 iniciou um processo de redução das operações em relação ao *cartão de estudo*. Para interpretação deste gráfico era importante que o licenciando dominasse os conceitos e procedimentos da Química relacionados com o conteúdo de mudança de estado físico. Ao observar o gráfico, o licenciando deveria ser capaz de identificar e classificar os pontos (A, B, X, Y e W), associando-os com os estados físicos. O

licenciando L2 não solicitou ajuda durante o desenvolvimento da tarefa T4, porém não executou corretamente a operação referente à interpolação de dados. Esse conceito está relacionado, no gráfico, à continuidade das variáveis temperatura e pressão; logo, o entendimento de interpolação é influenciado pelo domínio do conceito de variáveis contínuas e discretas e pela compreensão do fenômeno físico. Tal conceito está relacionado à operação 5 do sistema de operações, que, conforme poderá ser visto mais adiante na análise, o licenciando não interpretou. No segundo item da tarefa, o licenciando deveria explicar como poderia ser organizado o experimento de um fenômeno que tivesse como resultado o gráfico apresentado. Como resposta a esse item, o estudante licenciando L2 apresentou o descrito na Figura 34.

O gráfico pode ser representado através de um experimento, para identificação da mudança de estado físico do gás CO₂. Nós podemos fazer a observação do aquecimento, resfriamento e na temperatura ambiente, sendo assim encontraremos os estados físicos: no estado sólido, líquido e gasoso. também devendo a observação de pressão exercida sobre estes. logo podemos representar graficamente os pontos de estado sólido, líquido e gaseoso e os pontos de temperatura crítica e ponto crítico e o comportamento das mesmas.

Figura 34 – Resposta do licenciando L2 à questão 2 da Tarefa 4B – MM

O licenciando propôs este experimento, mas não deixou claro como deveriam acontecer os procedimentos para gerarem as mudanças de estado do CO₂. Sua resposta pouco fundamentada pode ser reflexo de dificuldades de aprendizagem do conteúdo químico específico acerca dessa abordagem gráfica. O licenciando L2 chegou ao final da etapa Materializada resolvendo a tarefa sem ajudas (o que é esperado de todos os licenciandos), porém ainda deixou operações sem resolver e outras que não foram resolvidas corretamente. Por se tratar de um processo de atualização da habilidade e com tempo limitado, o pesquisador decidiu por dar atendimento individualizado aos licenciandos com dificuldades para tentar solucionar esses problemas durante o processo formativo. No caso do licenciando L2, este pesquisador fez o atendimento explicando a definição dos conceitos envolvidos nas operações.

O licenciando L3 também precisou de ajuda do colega e do pesquisador na Tarefa 1A - MM, respectivamente quanto às escalas e a dependência das variáveis. Isso pode ter ocorrido por ainda estarem inseguros com a forma de trabalho utilizando o *cartão de estudo* e/ou em função das justificativas já atribuídas quando analisadas essas mesmas dificuldades no licenciando L1. O pesquisador interviu na resolução da Tarefa 2B - MM, visto que o estudante estava com dificuldades para interpretar a tendência do gráfico de solubilidade do $\text{CaCl}_2\text{6H}_2\text{O}$. Na Tarefa 3A – MM, o licenciando teve problemas para definir a relação entre as variáveis e foi ajudado pelo colega. Nessa tarefa, foi proposta a seguinte situação: “Se uma determinada pessoa ingere um medicamento para aumentar a concentração da substância A em seu organismo, a quantidade dessa substância no organismo da pessoa, em relação ao tempo, pode ser melhor representada pelo gráfico”. Nas alternativas, foram propostos cinco gráficos a fim de que o licenciando identificasse o gráfico correto e interpretasse-o de forma global enquanto que os outros quatro gráficos ele deveria justificar o porquê de não estarem adequados à situação.

O licenciando L3 identificou corretamente o gráfico que respondia a questão, analisou-o segundo o sistema de operações detalhado e justificou corretamente dois dos quatro gráficos que não estavam de acordo com o que a tarefa propunha. Em relação à Tarefa 4A – MM, o licenciando L3, igualmente aos licenciandos L1 e L2, não utilizou o *cartão de estudo* com o sistema completo para interpretar o gráfico, ou seja, reduziu a orientação. Um ponto importante a considerar é que, em sua interpretação da Tarefa 4A – MM, o licenciando L3 chamou atenção para o aspecto de que o ponto A localizado do gráfico não pertencia à representação do fenômeno de meia-vida do fármaco no organismo. Esse ponto foi disposto propositalmente fora da curva do gráfico para avaliar se os licenciandos interpretavam que ele não tinha um significado dentro daquela representação. Quanto à resposta para a questão 2 da tarefa, que solicitava a proposta de um experimento que pudesse ter como resultado o gráfico da tarefa, o licenciando não conseguiu expressar-se claramente de modo a ser considerada sua resposta uma alternativa possível, como pode ser observada na Figura 35.

2) O gráfico pode ter sido obtido através de aguçamento, ou em alguma região testando o tempo de meia-vida do fármaco com alguns reagentes.

Figura 35 – Resposta do licenciando L3 à questão 2 da Tarefa 4A – MM

Observa-se na resposta que o licenciando não deixa claro o procedimento que deve ser realizado, o que evidencia dificuldades para pensar situações experimentais coerentes com a investigação científica. Os resultados mostram que essa é uma dificuldade dos licenciandos participantes do estudo. Assim como fez com os outros estudantes, o pesquisador tratou individualmente com o licenciando L3 as dificuldades que ainda possuía quanto às operações, com o intuito que ele pudesse avançar para a próxima etapa.

Analizando o uso de ajuda para a resolução das tarefas pelo licenciando L4, nota-se que este precisou da intervenção externa duas vezes, sendo, na primeira tarefa, por parte do pesquisador e, na Tarefa 3A – MM, pelo colega de dupla. A ajuda na Tarefa 1B - MM referiu-se a análise da escala que não iniciava em zero (como a maioria dos gráficos), mas em -600 anos. Na Tarefa 3A – MM, o motivo de solicitação de ajuda pode ter sido, como comentado antes, pela diferença de características da questão em relação às demais, o que pode ser considerado um maior grau de dificuldade da tarefa. Na tarefa em questão, a dúvida do licenciando esteve relacionada à possibilidade de interpolação de dados, a qual pode ter sido gerada em função de que os gráficos apresentados na tarefa não traziam valores. Na Tarefa 4A – MM, o licenciando L4 reduziu o sistema de orientação para interpretá-la e o realizou corretamente todas as operações previstas inicialmente. Como proposta de experimento à questão 2 da tarefa, escreveu:

O teste poderia ser feito com análise do sangue da pessoa com o tempo, a cada coleta marca o tempo para construção do gráfico.

Figura 36 – Resposta do licenciando L4 à questão 2 da Tarefa 4A – MM

Apesar de ter realizado uma boa interpretação do gráfico, o licenciando não conseguiu, como resposta à questão 2, apresentar um experimento que pode tê-lo gerado. Isso pode representar uma dificuldade do licenciando em trabalhar com o que Duval (1999, 2003)

classifica como conversão, isto é, a transformação de uma representação semiótica em outro registro (de um sistema semiótico diferente). É a transformação na qual se muda de sistema semiótico atrelado ao pensamento científico, em que se vai do abstrato ao concreto (NÚÑEZ, 2009).

Na Tarefa 1B – MM e na Tarefa 3A – MM, o licenciando L5 precisou da ajuda do colega e do pesquisador, já as outras duas resolveu sozinho. Na tarefa T1, assim como outros licenciandos, ele teve dificuldade quanto à escala. Novamente, temos a Tarefa 3A – MM exigindo que um licenciando seja ajudado para resolvê-la. Nessa tarefa, o licenciando L5 fez corretamente as justificativas e a interpretação que a tarefa exigia. Na Tarefa 4B – MM, o estudante não resolveu corretamente apenas a operação 13 – prever a possibilidade de extração dos dados. O gráfico desta tarefa representa as mudanças de estado do CO₂, onde, na extremidade da curva do gráfico que representa a mudança do estado líquido para o gasoso, está representado o ponto B. Uma das justificativas para o estudante ter dificuldades quanto à extração neste ponto pode estar relacionada ao entendimento do conteúdo químico pelo licenciando de que não é possível mudar o estado físico do CO₂ para temperaturas maiores que 30°C e pressão de 77 atm. Sob uma ótica análoga, pode ser um indicativo de dificuldades de entendimento de como ocorre a relação das grandezas pressão e temperatura nas mudanças de estado. Para a resolução desta tarefa, o estudante utilizou a orientação na forma reduzida. Essa forma reduzida, como nos outros casos, constitui-se numa nova forma de representar a B.O.A. com menos detalhes, coerente com o processo de internalização. Na sua proposta de experimento em resposta à questão 2, manuscreveu:

J. Experimentalmente para se obter as mudanças de estado do CO₂, temos ele em seu estado sólido, onde os moléculas estão muito juntas e qual deve preciso aumentar a sua temperatura, para que com isso atinja o estado líquido, onde é possível uma maior movimentação dos átomos. Com uma temperatura maior será possível chegar ao estado gasoso, onde os átomos estão mais dispersos e se obtém o CO_{2(g)}.

Figura 37 – Resposta do licenciando L5 à questão 2 da Tarefa 4B – MM

Nesse caso, o licenciando interpretou o experimento de mudança de estado do CO₂ quanto à temperatura, porém não fez considerações sobre a influência da pressão. Essa explicação sem considerar a pressão como parte integrante do sistema envolvido na mudança de estado pode ser um indicativo de deficiência do estudante em relação a esse conteúdo da Química. Desse modo, sua proposta de experimento não está adequada ao gráfico da tarefa.

Observa-se por meio dos resultados que apesar desta dificuldade em propor a resposta no item 2 da tarefa T4 o licenciando conseguiu atingir um bom desempenho ao final da etapa, nas condições em que resolveu as tarefas, ou seja, com a orientação materializada. As dificuldades apresentadas pelo licenciando nas operações também foram abordadas pelo pesquisador discutindo os conceitos envolvidos nas operações, de maneira individual com o estudante.

O licenciando L6 não solicitou nenhuma vez ajuda deste investigador durante a etapa. Apenas na Tarefa 1A - MM e Tarefa 3B - MM foi ajudado pelo colega de dupla. Na Tarefa 3B – MM, já comentada na análise dos demais licenciandos, o estudante L6 não executou corretamente apenas a operação de identificar interpolações. Isso, como já dito em momento anterior, pode ter ocorrido em função de que os gráficos utilizados na tarefa não possuem valores de escala nos eixos. Na Tarefa 4B – MM, o licenciando fez a redução da B.O.A. e resolveu a tarefa executando corretamente todas as operações. Quanto à questão 2 da tarefa que solicitava a proposta de um experimento de um fenômeno que tivesse como resultado o gráfico apresentado nesta tarefa, o licenciando L6 propôs o seguinte procedimento:

Este experimento pode ser utilizado a partir de um determinado composto e fazendo as alterações nas variáveis pressão e temperatura, e, com isso, observar qual estado físico esse composto se encontrava na respectiva condição.

Figura 38 – Resposta do licenciando L6 à questão 2 da Tarefa 4B – MM

Observa-se na resposta, como nos casos anteriores, que o licenciando não detalha os procedimentos necessários para a realização do experimento.

Tem-se que, em todas as tarefas, os futuros professores utilizaram o sistema de orientações materializado no *cartão de estudo* (completo ou reduzido) e trabalharam de forma compartilhada (em dupla). Quanto a receber ajuda do colega ou do pesquisador para resolver as tarefas, observa-se em ambos que cinco estudantes o fizeram na primeira tarefa, o que é reduzido consideravelmente na segunda tarefa em relação aos colegas (dois estudantes) e ainda mais quanto à ajuda do pesquisador (apenas um licenciando). Isso pode ter ocorrido na primeira tarefa em função dos licenciandos ainda estarem se familiarizando em como utilizar o *cartão de estudo*. Logo, precisaram solicitar ajuda ou mesmo serem corrigidos durante a resolução. Para a segunda questão, vemos que houve redução nas duas possibilidades de ajuda, apontando para uma facilidade maior dos licenciandos para trabalhar com a tarefa. No caso da tarefa T3, já foram discutidos os motivos que devem ter gerado a necessidade de ajuda dos estudantes. Entretanto, vimos pelos resultados na tarefa que isso não implicou em uma dificuldade específica de interpretar o gráfico.

A última tarefa da etapa foi resolvida por todos os licenciandos sem a necessidade de ajuda do outro (vão avançando com maior independência) e, conforme descrito anteriormente, todos o fizeram com a orientação da forma reduzida. Porém, o licenciando L3 demonstrou que não tinha assimilado adequadamente o sistema de operações, motivo pelo qual ainda executou algumas operações de forma incorreta. Em se tratando de adultos e de que o processo é a atualização de uma habilidade já conhecida dos licenciandos, para tentar resolver esse problema, este pesquisador perguntou ao mencionado licenciando se ele achava prudente resolver mais tarefas utilizando o cartão de estudos ou se preferia seguir para a próxima etapa e, em conjunto com o pesquisador, iriam trabalhando para solucionar suas dificuldades. O licenciando L3 preferiu seguir para a etapa da Linguagem Externa com os demais.

Quanto à redução da B.O.A. para a resolução das tarefas da etapa Materializada, pode ser observado no Quadro 23 a indicação do momento em que cada licenciando reduziu a orientação.

Licenciando	Tipo de orientação (detalhada ou reduzida)			
	T1	T2	T3	T4
L1	detalhada	detalhada	detalhada	reduzida
L2	detalhada	detalhada	detalhada	reduzida
L3	detalhada	detalhada	detalhada	reduzida
L4	detalhada	detalhada	detalhada	reduzida
L5	detalhada	detalhada	detalhada	reduzida
L6	detalhada	detalhada	detalhada	reduzida

Quadro 23 – Tarefa em que os licenciandos reduziram a B.O.A.

Sendo assim, é possível visualizar no quadro anterior que todos os estudantes reduziram a orientação na quarta tarefa da etapa. Para redução da orientação, o pesquisador observou os licenciandos enquanto resolviam as tarefas e a partir da rapidez com que eles às resolviam e das operações que já executavam corretamente sem olhar para o *cartão de estudo* ele perguntava individualmente se poderiam resolver as tarefas com uma orientação com uma quantidade menor de operações. Os licenciandos gastaram tempos diferentes na resolução das tarefas, mas na tarefa T3 o pesquisador percebeu que todos teriam condições de reduzir a B.O.A., pois cada um deles resolia mais rápido a cada tarefa, o que está relacionado com o fato de não ser uma habilidade completamente nova e sim de ser um processo de atualização da habilidade.

Em função do desempenho na resolução das tarefas, o pesquisador perguntou ao licenciando L1, após a tarefa T2, se ele poderia reduzir a orientação. Este disse, entretanto, que ainda não estava dominando suficientemente as operações representadas no *cartão de estudo* que estava usando. Porém, após resolver a tarefa T3, ele chamou o pesquisador e optou por interpretar a próxima tarefa com a orientação reduzida.

O processo foi semelhante com os demais licenciandos e todos acharam que poderiam fazer a redução quando questionados após a terceira tarefa. Pelos resultados encontrados na resolução da tarefa T4, conforme já discutido, percebe-se que eles já haviam assimilado parcialmente a B.O.A. de modo a operar com ela reduzida.

Para utilização na tarefa T4 cada licenciando elaborou sua orientação reduzida e anotou em uma folha, de modo que pudesse utilizá-la individualmente e o colega de dupla pudesse controlar.

Para entender melhor como cada licenciando transitou pela etapa Materializada, foi feita uma análise dos erros em cada uma das tarefas, apresentada no Quadro 24.

		Tarefas	Erros cometidos
L1	T1	<ul style="list-style-type: none"> Classificou as variáveis como “dependentes”. 	
	T2	<ul style="list-style-type: none"> Classificou as variáveis como “dependentes” (confundiu a relação das variáveis com a sua classificação quanto a dependência); 	
	T3	<ul style="list-style-type: none"> Identificou a relação entre as variáveis de forma errada (considerou a relação de grandezas de forma logarítmica como exponencial); 	
	T4	<p style="text-align: center;">----- Não cometeu erros -----</p>	
L2	T1	<ul style="list-style-type: none"> Não localizou pontos do gráfico corretamente (associou a concentração de O₂ do início do gráfico – 15% – com os dias de hoje); Classificou as variáveis como “dependentes” (considerou que o tempo também depende da concentração). Talvez estivesse associando a uma situação em que o tempo de diluição de uma substância depende da concentração que ela possui. Uma quantidade de substância mais concentrada demora mais tempo para ser diluída que outra com mesma quantidade e da mesma substância com menor concentração). Previu extrapolação de forma errada (supôs uma redução futura da concentração sem elementos suficientes que sustentem essa afirmação); Atribuiu um título errado ao gráfico. 	
	T2	<ul style="list-style-type: none"> Classificou as variáveis como “dependentes” (entende que o tempo depende da solubilidade); Identificou a relação entre as variáveis de forma errada; Identificou a interpolação de forma incorreta. 	
	T3⁴	<ul style="list-style-type: none"> Confundiu a unidade de medida com a própria variável; Identificou a relação entre as variáveis de forma errada (considerou a relação de grandezas de forma logarítmica como proporcionais); Identificou a interpolação de forma incorreta. <p>Estes erros podem ter sido motivados por deficiências de aprendizagem quanto ao conteúdo cinética química.</p>	
	T4	<ul style="list-style-type: none"> Identificou a interpolação de forma incorreta; Previu extrapolação de forma errada. 	
L3	T1	<ul style="list-style-type: none"> Classificou as variáveis como “dependentes”; Previu extrapolação de forma errada. 	
	T2	<ul style="list-style-type: none"> Classificou as variáveis como “independentes”; Identificou a relação entre as variáveis de forma errada (considerou a relação das grandezas como sendo proporcional) Identificou a interpolação de forma incorreta (considerou que o ponto S₁ é uma interpolação entre os pontos S₂ e S₃). 	
	T3	<p style="text-align: center;">----- Não cometeu erros -----</p>	
	T4	<p style="text-align: center;">----- Não cometeu erros -----</p>	
L4	T1	<ul style="list-style-type: none"> Previu extrapolação de forma errada (considerou que a concentração de CO₂ do planeta tende a zero); 	
	T2	<p style="text-align: center;">----- Não cometeu erros -----</p>	
	T3	<ul style="list-style-type: none"> Identificou a interpolação de forma incorreta. 	
	T4	<p style="text-align: center;">----- Não cometeu erros -----</p>	
L5	T1	<ul style="list-style-type: none"> Não localizou pontos do gráfico corretamente; Classificou as variáveis como “dependentes”; Identificou a interpolação de forma incorreta. 	
	T2	<ul style="list-style-type: none"> Classificou as variáveis como discretas; Classificou as variáveis como “dependentes”; Identificou a relação entre as variáveis de forma errada; Identificou a interpolação de forma incorreta. 	

⁴ Nesta tarefa, o licenciando L2 fez a interpretação do gráfico erroneamente. Mesmo assim, analisamos sua interpretação com base no sistema de operações da B.O.A., pois entendemos que o problema na questão pode ter sido causado por deficiência no conceito químico envolvido na tarefa e não na interpretação de gráficos cartesianos.

		Tarefas	Erros cometidos
L6			<ul style="list-style-type: none"> • Previu extrapolação de forma errada O quantitativo de erros pode estar relacionado à problemas de aprendizagem do conceito de solubilidade
		T3	- - - - - Não cometeu erros - - - - -
		T4	<ul style="list-style-type: none"> • Previu extrapolação de forma errada.
		T1	- - - - - Não cometeu erros - - - - -
	T2		<ul style="list-style-type: none"> • Identificou a relação entre as variáveis de forma errada (interpretou a relação exponencial como sendo logarítmica)
		T3	<ul style="list-style-type: none"> • Identificou a interpolação de forma incorreta (dificuldade de entendimento quanto a continuidade do volume em função do tempo)
	T4		- - - - - Não cometeu erros - - - - -

Quadro 24 – Erros cometidos durante a etapa Materializada

A análise dos erros na interpretação das tarefas mostra que quatro dos seis licenciandos (L1, L3, L4 e L6) concluíram a etapa resolvendo a tarefa T4 sem cometer erros e o licenciando L5, apesar de ter começado com um número alto de erros na tarefa T1 e tendo aumentado esse número na tarefa T2, conseguiu concluir esse momento do estudo sem erros na tarefa T3 e com apenas um erro na tarefa T4.

O licenciando L2 apresentou o maior número de erros no processo. O pesquisador entreviu revisando com o licenciando as operações que havia realizado com erros e gradativamente esse número foi se reduzindo, chegando a cometer apenas dois erros na tarefa T4.

Percebe-se que a resolução das tarefas com o apoio do sistema de operações por escrito e ajuda do outro, possibilita um aumento na qualidade de interpretação de gráficos pelos licenciandos. Todos os licenciandos chegaram ao final desta etapa cometendo menos erros do que apresentaram na tarefa T1. A possibilidade de acompanhar cada estudante e oferecer a ajuda no momento certo contribui com uma melhor qualidade da aprendizagem.

Do total de erros apresentados no Quadro 8, calcularam-se os que ocorreram com maior frequência entre os licenciandos, conforme pode ser observado no Quadro 25:

Erros cometidos	Frequência (%)
Classificou as variáveis como “dependentes”	24
Identificou a interpolação de forma incorreta.	24
Identificou a relação entre as variáveis de forma errada	18
Previu extrapolação de forma errada	18
Não localizou pontos do gráfico corretamente	6
Atribuiu um título errado ao gráfico	3
Confundiu a unidade de medida com a própria variável;	3
Classificou as variáveis contínuas como discretas;	3

Quadro 25 – Principais erros cometidos durante a etapa Materializada

Os dados do Quadro 25 mostram que os erros mais frequentes nesta etapa Materializada foram os relacionados às variáveis: dificuldades para classificá-las como dependente e independente (24%) e para identificar a relação existente entre elas (18%), problemas que são corroborados pelas pesquisas de Pró (2003), García e Palacios (2007a) e Pereira, Uehara e Núñez (2009). Além desses erros, estão também entre os mais cometidos pelos licenciandos: a aplicação do conceito de interpolação de forma incorreta (24%) e a previsão errada da extração dos dados (18%), resultados que coincidem com o levantamento realizado por Pró (2003), onde este autor encontrou dificuldades dos estudantes para identificar a possibilidade de interpolar e/ou extrapolar dados de um gráfico.

Além dos erros cometidos pelos licenciandos, foi importante saber se existiam operações que eles não conseguiram realizar e que consequentemente comprometeram sua análise dos gráficos, para que pudessem ser corrigidas a tempo. No Quadro 26, estão marcadas com um “N” as operações que os licenciandos não executaram na interpretação das tarefas da etapa Materializada.

		Tarefas	Operações não realizadas pelos licenciandos													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Licenciandos	L1	T1														
		T2			N											
		T3														
		T4														
Licenciandos	L2	T1			N											
		T2													N	
		T3														
		T4		N	N						N					
Licenciandos	L3	T1					N	N								
		T2														
		T3											N	N		
		T4									N			N		
Licenciandos	L4	T1														
		T2			N								N			
		T3														
		T4														N
Licenciandos	L5	T1														
		T2											N			
		T3											N			
		T4			N											
Licenciandos	L6	T1														N
		T2											N		N	
		T3														
		T4									N					N

Quadro 26 – Operações que os licenciandos não realizaram durante a etapa Materializada

Os dados do Quadro 26 nos permite fazer mais algumas considerações sobre o desenvolvimento dos licenciandos na resolução das tarefas desta etapa. Além dos erros

mencionados no Quadro 24, os licenciandos também deixaram de realizar algumas operações da B.O.A. o que implica diretamente na qualidade da atividade durante o processo.

Quanto ao Quadro 26 é importante chamarmos a atenção para o fato de que na última tarefa da etapa (T4) cinco licenciandos não executaram operações que até então vinham realizando nas outras três tarefas. De fato, elas não aparecem nesse quadro em momento anterior, mas se compararmos com os tipos de erros apresentados no Quadro 8 observamos que os licenciandos já tiveram problemas com essas operações antes e que, como já dito, a correção desses problemas foi ocorrendo durante a transição entre as tarefas e de uma etapa para a outra.

Vemos pelo Quadro 26 que uma das operações que mais tiveram dificuldades nas resoluções foi a de número 4 – “Descrever a escala dos eixos”, o que percebemos nas resoluções das tarefas é que os licenciandos não detalham os eixos do gráfico descrevendo como está distribuída a escala em cada um deles e não às associam ao conteúdo químico abordado no gráfico. Isso, necessariamente, não diz que eles desconhecem a escala, pois todos utilizaram valores descritos nelas em algum momento da interpretação, mas não se explicitam esse elemento do gráfico. Núñez, Hernández e Aranda (2009) identificaram em uma pesquisa com estudantes sobre gráficos das Ciências da Natureza que estes têm dificuldade para organizar e interpretar as escalas durante a construção e a interpretação dessas representações semióticas.

Analizando a etapa Materializada, percebe-se que iniciou com os licenciandos cometendo muitos erros, o que é normal em um processo de formação. Porém, esse número de operações realizadas de forma errada ou não realizadas foi reduzindo-se com o número de tarefas aplicadas. A fim de sanar as dificuldades apresentadas pelos licenciandos durante o processo de formação, este pesquisador discutia individualmente com os mesmos sobre o que se tratava aquele conceito ou habilidade e revia as respostas das tarefas, de modo que as dúvidas não continuassem nas tarefas seguintes. No entanto, percebe-se por esses dados que alguns problemas permaneceram recorrentes.

7.2.4 O desenvolvimento da Etapa da Linguagem Externa

A etapa da Linguagem Externa é decisiva no processo de internalização do modelo da atividade (invariante do sistema de operações). A linguagem, como ferramenta chave da internalização, ajuda no processo de codificação da ação externa em interna, como reconhece Vygotsky (1989).

Para o desenvolvimento desta etapa, os licenciandos permaneceram resolvendo as tarefas em dupla, porém não precisavam mais do *cartão de estudo* com o sistema de operações materializado assimilado já dessa forma. Existiam ainda algumas limitações após a tarefa T4 da etapa Materializada conforme se observou nos Quadros 8 e 10, porém, como dito anteriormente, de comum acordo entre os licenciandos com dificuldades e o pesquisador, decidiu-se por fazer as correções durante o processo. Para resolução na etapa, foram propostas duas tarefas (Tarefa 1A – LE e Tarefa 1B – LE), em que cada licenciando resolveu uma e controlou o colega na resolução da outra. As tarefas propostas foram de mesmo tipo das aplicadas na etapa Materializada, mas agora se exigiu a solução em voz alta e estão de acordo com os indicadores qualitativos quanto à forma da ação (verbal), o grau de generalização e o grau de consciência.

A orientação para a resolução das tarefas desta etapa foi de que os licenciandos deveriam realizar a interpretação utilizando a linguagem oral durante o processo. As duas tarefas elaboradas traziam a seguinte orientação: “FALE EM VOZ ALTA o que está realizando durante o processo de solução da tarefa. Escreva o máximo de informações que puderem ser obtidas, explicitando todo o procedimento de interpretação”. As operações a serem realizadas deveriam estar de acordo com o que havia sido trabalhado na etapa anterior no *cartão de estudo*.

Da mesma forma que na etapa Materializada, enquanto um dos licenciandos realizava a tarefa nessas condições, o outro acompanhava o processo para verificar se a interpretação estava seguindo o que previa a B.O.A..

Apesar de, num primeiro momento, dois licenciandos (L5 e L3) estarem com vergonha de falar ao resolver a questão, o pesquisador os convenceu de que era necessário o procedimento desta forma, em função do que a teoria previa e que havia sido comprovada sua importância pela via experimental. Isso é uma boa experiência para eles saberem a importância da fala na aprendizagem, falar em voz alta ajuda na tomada de consciência do processo.

Para analisar como transcorreu o processo da etapa da Linguagem Externa quanto à forma de resolver a tarefa utilizada pelos licenciandos foram utilizados os critérios descritos no Quadro 27.

Forma de resolver a tarefa	Critérios
Resolveu em dupla	Sim / não
Argumentou as operações utilizando a linguagem oral ou escrita	Totalmente/ parcialmente /não
Recebeu ajuda do colega	Sim / não
Recebeu ajuda do professor	Sim / não

Quadro 27 – Critérios para a forma de resolver a tarefa na etapa da linguagem Externa

Com os critérios do Quadro 27, foi possível organizar e caracterizar a resolução dos licenciandos, conforme é apresentado no Quadro 28.

Forma de resolver a tarefa	Licenciandos					
	L1	L2	L3	L4	L5	L6
Resolveu em dupla	sim	sim	sim	sim	sim	sim
Argumentou as operações utilizando a linguagem	Oral	sim	parcialmente	sim	sim	sim
	Escrita	sim	sim	sim	sim	sim
Recebeu ajuda do colega	não	não	sim	não	não	não
Recebeu ajuda do professor	não	sim	não	não	não	não

Quadro 28 – A forma como os licenciandos resolveram a tarefa na etapa da Linguagem Externa

Observa-se pelo quadro que todos os licenciandos resolveram as tarefas em dupla e argumentaram sua resolução na forma escrita. Quanto ao pronunciamento em voz alta, apesar das recomendações da tarefa e do controle do colega de dupla e do pesquisador, os licenciandos L2 e L6 o fizeram apenas parcialmente.

Dentre os seis licenciandos, os licenciandos L2, L3 e L6 precisaram de auxílio na solução das tarefas. Essa necessidade está relacionada ao tipo de tarefa que esses três licenciandos resolveram (Tarefa 1B – LE), posto que a atividade diferenciava-se das demais por trazer um gráfico de variáveis discretas, ou seja, um gráfico de pontos onde estes não são unidos por linhas. O licenciando L3 recorreu a seu colega de dupla para discutir a questão e o estudante L2 perguntou ao pesquisador se o fato daquele gráfico apresentar apenas pontos tinha relação com o tipo de suas variáveis. Ele relembrhou a discussão ocorrida sobre variáveis contínuas e discretas durante a elaboração da B.O.A..

Essa dificuldade de trabalho com as variáveis contínuas e discretas é recorrente nos alunos conforme mostram as pesquisas de Ascárate (1990), Deulofeu (1993, 1995) e Dolores,

Alarcón e Albarrán (2002). Não somente a questão da continuidade e discretização, mas o tratamento das variáveis envolvidas em gráficos cartesianos de forma geral tem dificultado a interpretação pelos estudantes (CUESTA, 2007; GARCIA, PALÁCIOS, 2007a, 2007b; PEREIRA, UEHARA, NÚÑEZ, 2009).

Para análise do processo de formação na etapa da Linguagem Externa, é importante saber quais operações esses licenciandos não executaram corretamente e quais eles não conseguiram resolver. A discriminação dos erros cometidos pode ser observada no Quadro 29.

Licenciandos	Erros cometidos
L2	Definiu variáveis contínuas como discretas
L3	Interpolou variáveis discretas consecutivas
L4	Classificou a relação exponencial como logarítmica.

Quadro 29 – Erros cometidos durante a etapa Material e Materializada

Ao final da etapa Materializada, como parte do processo formativo, o pesquisador procurou resolver as dúvidas sobre as operações do sistema que os licenciandos estivessem com dificuldades.

De acordo com o Quadro 29, apenas três licenciandos cometeram erros ao resolverem a tarefa. Destes, apenas o licenciando L3 repetiu um dos erros que havia cometido na etapa anterior. O que caracteriza que ele ainda não domina o conceito de interpolação de dados.

Se comparados os erros dos licenciandos L3 e L4 com aqueles identificados na etapa Materializada, é observado que estes estão entre os três com maior incidência. Os três erros identificados aparecem, como dito anteriormente, nos estudos de Pró (2003), García e Palacios (2007a) e Pereira, Uehara e Núñez (2009) sobre dificuldades na interpretação de gráficos cartesianos. Esse fato reforçou a necessidade do pesquisador fazer intervenções individuais no processo e explicar para os licenciandos do que se tratava cada operação que gerou tais erros.

As operações que não foram resolvidas pelos licenciandos nesta etapa, estão identificadas, no Quadro 30, com a letra “N”.

Licenciando	Operações não realizadas pelos licenciandos													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
L1					N									
L2				N										
L3							N	N						
L4														
L5														
L6				N										N

Quadro 30– Operações que os licenciandos não realizaram durante a etapa da Linguagem Externa

Observando o Quadro 30 e comparando com os resultados encontrados na etapa anterior verifica-se que os licenciandos L2, L3 e L6 já haviam deixado de resolver, respectivamente, as operações 4, 7 e 14 e o pesquisador havia rediscutido as tarefas com esses estudantes a fim de sanar essas dificuldades.

Avaliando a etapa de modo global, pôde-se identificar que a quantidade de erros foi baixa se for considerado que, nesta etapa, os estudantes não contavam mais com o *cartão de estudo*.

Percebe-se que após a etapa da Linguagem Externa os licenciandos, em sua maioria, estão assimilando o sistema de operações para interpretar gráficos cartesianos. Essa constatação é um indicativo de que a formação de habilidades utilizando uma base orientadora materializada e, posteriormente, a linguagem contribuem para qualidade do processo formativo. As deficiências de aprendizagem encontradas nesta etapa foram discutidas e trabalhadas pelo pesquisador com os licenciandos em questão para tentar minimizá-las e buscar um melhor desempenho na etapa final da formação.

De forma geral, no final dessa etapa, constatou-se que os licenciandos L1, L4 e L5 conseguem resolver a tarefa no plano da Linguagem Externa, ou seja, sem o apoio externo, e argumentando todas as operações com consciência do sistema de operações da habilidade, evidenciando-se um processo de redução maior do sistema de ações, agora com menos detalhes e de forma verbalizada. Entre os outros três licenciandos, L2 argumentou apenas parcialmente a resolução das tarefas e precisou de ajuda do pesquisador; L3 argumentou sua execução das operações, mas só resolveu as tarefas após a ajuda do pesquisador e do colega; e o licenciando L6 resolveu a tarefa de forma independente, mas não justificou completamente a execução das operações.

Por se tratar de um processo de atualização da habilidade, ou seja, de reconfigurar o saber fazer anterior, não foi necessário um número grande de tarefas no processo de aprendizagem. Afirmamos isso, sob a ótica de que no caso dos licenciandos L2, L3, ainda que

com determinadas dificuldades, foi negociado que o pesquisador faria as correções nas próximas etapas. Nessas condições, foi possível passar à próxima etapa da assimilação.

7.2.5 O desenvolvimento da Etapa do Plano Mental

A etapa do Plano Mental foi o momento em que o licenciando não contou mais com os tipos de ajudas: *cartão de estudo*, colega da dupla, assim como não é realizada com a verbalização externa. Os licenciandos conduziram o processo de forma individual e resolveram as tarefa no plano da ação mental.

Tendo em vista o avanço do nível de desenvolvimento da habilidade dos licenciandos na passagem pelas duas etapas anteriores e o tempo disponível, optamos por estudar essa etapa usando uma tarefa (Tarefa 1A – PM). Essa situação permitiu revelar o grau de desenvolvimento no processo de formação da habilidade nas condições do Sistema Didático.

Considerando que a qualidade na interpretação está relacionada às operações que os licenciandos realizam, serão listados no Quadro 31 os erros que os licenciandos cometem ao interpretarem o gráfico presente na Tarefa 1A – PM.

Licenciandos	Erros cometidos
L2	Definiu a relação das variáveis como exponencial
L3	Definiu a relação das variáveis como de 2º grau

Quadro 31 – Operações realizadas incorretamente na etapa do Plano Mental

Os dados apresentados no quadro indicam que, mesmo os licenciados não contando mais com os tipos de ajudas, a quantidade de erros cometidos reduziu se comparada às etapas Materializada e da Linguagem Externa. O mesmo erro foi cometido pelos licenciandos L2 e L3, referente à relação existente entre as variáveis. Essas dificuldades podem estar relacionadas com os conteúdos da Química que necessários para interpretar o gráfico (perda da massa ocorrendo devido à liberação do gás amônia em função da elevação da temperatura) ou pela própria aparência da curva do gráfico que indica uma repetição de um ciclo em determinados intervalos de temperatura (a cada 75°C) e que não permite essa identificação de forma simples. Especificamente, esse erro também pode ser associado a deficiências de aprendizagem de conteúdo diferente da interpretação de gráficos cartesianos, pois é recorrente, nas etapas, os licenciandos associarem a relação das variáveis com tipos de funções linear, quadrática, exponencial, logarítmica, ou seja, eles podem estar errando por não dominarem este conteúdo ensinado inicialmente no primeiro ano do ensino médio na

disciplina de Matemática e desenvolvido nas disciplinas de Cálculo na licenciatura em Química. Tais dificuldades estão dentro dos problemas identificados por Dreyfus e Eisenberg (1982) e Pozo e Goméz Crespo (2009) em seus estudos sobre representações gráficas de funções.

Ao se investigar as operações que os licenciandos não executaram na resolução da Tarefa IA – PM, foram identificadas três dificuldades dos estudantes, sendo as operações 8 e 11 pelo licenciando L2 e a operação 5 pelo licenciando L3.

Num diferencial entre os demais licenciandos, ao final de sua interpretação, o licenciando L3 fez considerações gerais sobre o fenômeno representado pelo gráfico, como mostra a Figura 39.

Visualizando o gráfico percebe-se que antes da Temperatura inicial existe outras temperaturas onde pode-se obter outras porcentagem de massa para o aquecimento do Nigel-6Mg. Isso também pode ser visto depois da temperatura 300°C sendo que com um valor da porcentagem de massa ainda menor, extrapolando assim como uma extrapolação

Figura 39 – Análise da tarefa da etapa do Plano Mental

Fonte: Caderno de registro de atividades do Licenciando L3

Este trecho da resolução do licenciando mostra que mesmo ele não tendo executado corretamente todas as operações do sistema de orientação, possui uma visão geral do gráfico que o permite fazer ponderações sobre possibilidades de extrapolação dos dados. Interpretar um gráfico é poder enxergar como seus elementos se relacionam para representar o fenômeno tratado.

Em um parecer geral desta etapa, se forem consideradas as operações realizadas corretamente pelos licenciandos L1 a L6, teremos, respectivamente, 100%, 79%, 86%, 100%, 100% e 100%. Ou seja, a maioria dos licenciandos concluiu esta etapa com uma frequência de acertos das operações superior ao que apresentaram no diagnóstico inicial ou no início da etapa Materializada. O desempenho alcançado pela maioria dos licenciandos é um indicativo de que os licenciandos passaram o sistema de orientações que determina a Base Orientadora da Ação do plano externo (material) para o plano interno (mental).

Um detalhe importante está relacionado ao licenciando L4. Esse estudante vinha resolvendo as tarefas com poucos erros nas etapas anteriores, ou seja, resolveu as tarefas

obtendo um bom desempenho na interpretação dos gráficos. Ocorre que na folha onde o licenciando realizou a tarefa da etapa do Plano Mental, este licenciando tinha as seguintes anotações, conforme a Figura 40.

- plano cart.
- paro
- degrau
- vari
- tipov
- ponto
- c. A
- forma, formula
- inter
- extrap
- depend x ind
- cont x duck
- nome do graf.
- ponto incomum

Figura 40 – Anotação do licenciando L4 durante o desenvolvimento da etapa do Plano Mental

Observa-se que essa sequência anotada é um sistema de operações na forma reduzida. Sendo assim, apesar de o licenciando ter mostrado um bom desempenho na etapa do Plano Mental nas condições propostas pelo pesquisador, esta anotação permite-nos ponderar que ele ainda não tem o sistema de operações assimilado neste plano, pois ainda necessita da parte materializada do sistema. Isso foi observado para que tanto L4 quanto L2 e L3 tivessem um acompanhamento do pesquisador para resolver essas dificuldades e, ao final, que pudesse ser comparado com os resultados do Controle Final.

7.3 O desenvolvimento do Controle Final

As tarefas propostas para este momento buscaram avaliar o nível de desenvolvimento da habilidade de interpretar gráficos cartesianos segundo os indicadores qualitativos da ação no final do processo.

Para desenvolvimento do Controle Final foram propostas duas tarefas denominadas de Tarefa 1A – CF e Tarefa 2A – CF. Cada licenciando resolveu as duas tarefas, sendo a primeira dentro do limite de aplicação da invariante construída e a segunda buscando identificar nos estudantes seu poder de transferência da aprendizagem a outro contexto. As tarefas elaboradas prestam-se a avaliar os indicadores qualitativos da ação quanto a forma da ação (mental), grau de generalização e grau de independência.

Para avaliar o nível de desenvolvimento da habilidade, propomos, como parte do processo de desenvolvimento do Controle Final, dois cartões com níveis de ajuda que os licenciandos poderiam solicitar caso sentissem essa necessidade durante a interpretação dos gráficos das tarefas. Tais níveis estão representados nas Figuras 41 e 42.

NÍVEL DE AJUDA I:

1. Observar se existe um plano cartesiano
2. Caracterizar as variáveis.
3. Explicitar a informação que fornece o gráfico em relação aos pontos assinalados.
4. Identificar e explicitar o comportamento do fenômeno representado no gráfico.

Figura 41 – Cartão com o Nível de Ajuda I para o Controle Final do processo de formação

Fonte: Elaborado pelo pesquisador

NÍVEL DE AJUDA II:

1. Observar se existe um plano cartesiano.
2. Caracterizar as variáveis:
 - Identificar as variáveis envolvidas (grandezas);
 - Identificar as unidades de medidas variáveis;
 - Descrever as escalas dos eixos;
 - Determinar os tipos de variáveis;
 - Identificar valores das variáveis.
3. Explicitar a informação que fornece o gráfico em relação aos pontos assinalados:
 - Localizar pontos do gráfico;
 - explicitar o significado de cada ponto em relação ao gráfico.
4. Identificar e explicitar o comportamento do fenômeno representado no gráfico:
 - Descrever a(s) tendência(s) da curva do gráfico;
 - Verificar a(s) relação(ões) existente(s) entre as variáveis;
 - Identificar características atípicas;
 - Identificar interpolações;
 - Prever extrapolações;
 - Dar um título ao gráfico que represente o fenômeno, quando necessário.

Figura 42 – Cartão com o Nível de Ajuda II para o Controle Final do processo de formação

Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Para auxiliar na determinação do nível de desenvolvimento da habilidade, organizou-se dois quadros, o Quadro 32, no qual são descritos os erros cometidos pelos licenciandos em cada tarefa desta etapa, e o Quadro 33, no qual são tratadas as operações que os licenciandos deixaram de executar e que são denominadas com a letra “N”.

Licenciando	Tarefas	Erros cometidos
L1	T1	-----
	T2	-----
L2	T1	Classificou a relação das variáveis como exponencial
	T2	Classificou a relação das variáveis como exponencial
L3	T1	-----
	T2	-----
L4	T1	Classificou a relação das variáveis como do 2º grau
	T2	-----
L5	T1	-----
	T2	-----
L6	T1	-----
	T2	Classificou as variáveis como discretas

Quadro 32 – Erros cometidos pelos licenciandos no Controle Final

Licenciando	Tarefas	Operações não realizadas pelos licenciandos												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
L1	T1													
	T2													
L2	T1									N				
	T2													
L3	T1													
	T2					N					N			
L4	T1													
	T2													
L5	T1					N							N	
	T2													
L6	T1												N	
	T2													

Quadro 33 – Controle das operações realizas pelos licenciandos no Controle Final

Observa-se nos Quadro 32 e Quadro 33 que, mesmo após o processo formativo e o trabalho realizado pelo pesquisador em relação às operações que os licenciandos tinham dificuldades a cada etapa, o maior número de operações não realizadas e também os erros que eles mais cometem estão relacionados às operações: 5 - Determinar o tipo das variáveis: discreta ou contínua e a 10 - Verificar o(s) tipo(s) de relação(ões) existente(s) entre as variáveis. Esse resultado nos leva a considerar que a dificuldade dos licenciandos nessas operações está além da relação somente ao sistema de operações da habilidade de interpretar gráficos cartesianos, mas com deficiências de aprendizagens de outros conteúdos disciplinares como a Matemática e a Química, pois o conhecimento procedural não se separa do conhecimento do conteúdo específico abordado nos gráficos.

Considerando o exposto até este momento, foram avaliadas as resoluções dos licenciandos nas duas tarefas do Controle Final e definidos critérios para determinar o nível de desenvolvimento da habilidade em cada uma das tarefas. Os critérios definidos foram:

Nível de Desenvolvimento da Habilidade (NDH_{Tarefa})	Critérios
N1	Resolve corretamente a Tarefa sem apoio externo e de forma independente.
N2	Resolve parcialmente a Tarefa sem apoio externo e de forma independente.
N3	Resolve corretamente a Tarefa com apoio externo e de forma independente.
N4	Resolve parcialmente a Tarefa com apoio externo e de forma independente.
N5	Resolve de forma incorreta.

Quadro 34 – Critérios para a definição do Nível de Desenvolvimento da Habilidade nas tarefas do Controle Final (NDH_{Tarefa})

Consideramos resolver corretamente a tarefa àquela resolução que atende integralmente às operações do *modelo da atividade* e como resolver parcialmente a tarefa, consideramos a resolução que atende a no mínimo 75% das operações do *modelo da atividade*. Nas condições que propomos para a formação, as resoluções com menos de 75% das operações realizadas corretamente foi considerado que o licenciando “Resolve de forma incorreta a Tarefa”. Esses critérios foram considerados igualmente para a Tarefa 1A – CF e a Tarefa 2A – CF.

De antemão, ressaltamos que, apesar de saberem que poderiam optar por receber os Níveis de Ajuda caso achassem necessário, nenhum dos licenciandos solicitou os cartões.

Para a Tarefa 1A – CF foram determinados os níveis de desenvolvimento da habilidade apresentados no Quadro 35.

Licenciando	NDH_{Tarefa 1A - CF}
L1	N1
L2	N2
L3	N1
L4	N3
L5	N2
L6	N1

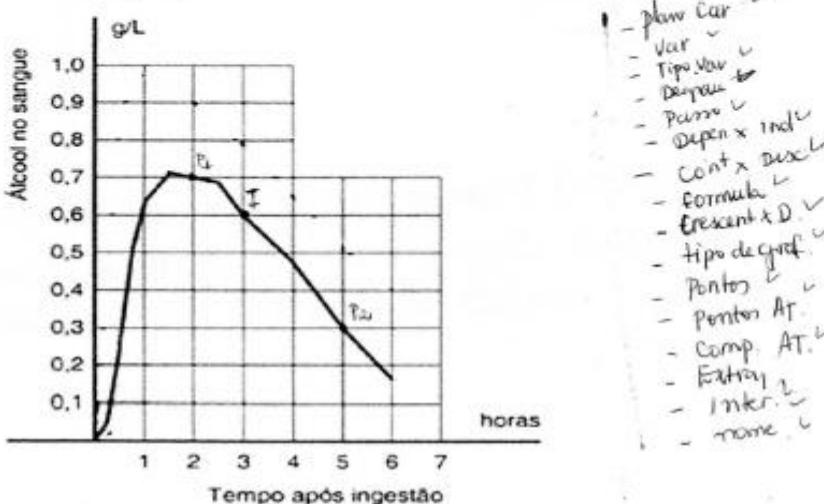
Quadro 35 – Nível de Desenvolvimento da Habilidade na Tarefa 1A – CF do Controle Final

Observa-se no Quadro 35 que tivemos na Tarefa 1A – CF três licenciandos (L1, L3 e L6) que resolveram a tarefa corretamente, independente e sem utilizar apoios externos classificando-se com nível N1. Outros dois licenciandos (L2 e L5) classificaram-se com nível

de desenvolvimento da habilidade N2. No caso desses dois estudantes, o primeiro deles não interpretou corretamente a relação entre as variáveis *álcool x tempo de ingestão*, classificando-a como exponencial e, igualmente, não discutiu a tendência que o gráfico apresentava. Quanto ao licenciando L5, este deixou de resolver duas operações: identificar os tipos de variáveis e identificar a possibilidade de interpolação dos dados. No caso desses dois últimos licenciandos, eles resolveram parcialmente a Tarefa 1A – CF, independentemente e sem ajuda. Vê-se no Quadro 35 que o licenciando L4 foi classificado com nível N3, o que foi desencadeado pelo fato de que, apesar de não ter solicitado os níveis de ajuda, o licenciando materializou o sistema de operações na folha da tarefa antes de resolvê-la, como podemos observar na Figura 43.

Tarefa IA – CF

Após a ingestão de bebidas alcoólicas, o metabolismo do álcool e sua presença no sangue dependem de fatores como peso corporal, condições e tempo após a ingestão. O gráfico mostra a variação da concentração de álcool no sangue de um indivíduo que bebeu três latas de cerveja após o jantar.



(Revista Pesquisa FAPESP nº 57, setembro 2000)

Fonte: ENEM 2003 (Adaptada)

Interprete o gráfico. Escreva o máximo de informações que puderem ser obtidas.

A medida que o indivíduo está bebendo a quantidade de álcool no sangue vai aumentando rapidamente, em menos de uma de 2 horas, a taxa de álcool no sangue alcança seu pico. Após este tempo o sangue vai eliminando o álcool. O gráfico demonstra este comportamento, no plano cartesiano o gráfico encontra-se no segundo quadrante

Figura 43 – Anotação do licenciando L4 durante o desenvolvimento da Tarefa 1A - CF do Controle Final

Fonte: Caderno de registro de atividades do licenciando L4

Realizando uma avaliação das etapas de formação, verifica-se que o licenciando L4 está entre os estudantes que resolveu as tarefas com poucos erros e deixando poucas operações sem executar. Não obstante, essas anotações em sua Tarefa 1A – CF levam-nos a concluir que ele não tem a estrutura da habilidade totalmente assimilada no plano mental, permanecendo no plano materializado. Ao mesmo tempo, questionamos-nos sobre essa afirmação, pois este licenciando foi um dos mais participativos e coerentes em suas colocações quando das discussões em sala, demonstrando que, aparentemente, tinha domínio do que estava falando e fazendo.

Os resultados do Quadro 35 permite-nos concluir que a maioria dos licenciandos (exceto o licenciando L4) resolveram a tarefa, que estava dentro dos limites de generalização, na forma mental da ação e com independência.

Utilizando os mesmos critérios aplicados na primeira tarefa do Controle Final, identificamos os níveis de desenvolvimento da habilidade na Tarefa 2A – CF, como pode ser observado no Quadro 36.

Licenciando	NDH _{Tarefa 2A - CF}
L1	N1
L2	N2
L3	N2
L4	N1
L5	N1
L6	N2

Quadro 36 – Nível de Desenvolvimento da Habilidade na Tarefa 2A – CF do Controle Final

Por intermédio das informações do Quadro 36, verificamos que tivemos três licenciandos classificados no nível N1 (L1, L4 e L5) e os outros três (L2, L3 e L6) classificados segundo o nível de desenvolvimento N2. Para esses três últimos, os motivos por não terem obtido o nível N1 foi, respectivamente, identificar de forma errada a relação entre as variáveis; não realizar as operações de identificar os tipos de variáveis e a relação entre as variáveis e; não identificar os tipos das variáveis.

Os resultados da resolução da Tarefa 2A – CF, proposta para a transferência da aprendizagem a novos contextos, por meio dos níveis de desenvolvimento identificados, conduz-nos à conclusão de que, também nessa tarefa, os licenciandos resolveram segundo a forma mental da ação e independente.

Para identificar o nível de generalização do sistema de operações da habilidade de interpretar gráficos cartesianos (N_G) de acordo com o que nos possibilite comprovar a qualidade da aprendizagem desses licenciandos, propomos o seguinte cálculo:

$$N_G = \frac{N(\text{Tarefa 1A} - \text{CF}) + N(\text{Tarefa 2A} - \text{CF})}{2}$$

Onde:

$$\begin{aligned} N(\text{Tarefa 1A} - \text{CF}) &= \text{Valor numérico do nível de desenvolvimento na Tarefa 1A} - \text{CF} \\ N(\text{Tarefa 2A} - \text{CF}) &= \text{Valor numérico do nível de desenvolvimento na Tarefa 2A} - \text{CF} \end{aligned}$$

Para efeito de classificação do Nível de Generalização dos licenciandos, foram definidos os seguintes critérios:

Nível	Valor do N_G
Excelente	1
Alto	$1 < N_G \leq 1,5$
Médio	$1,5 < N_G \leq 2$
Baixo	$2 < N_G \leq 2,5$
Muito baixo	$N_G > 2,5$

Quadro 37 – Níveis de classificação do Nível de Generalização

Tomando por base os níveis de desenvolvimento descritos nos Quadros 35 e 36, a fórmula para determinação do N_G e os critérios do Quadro 37 determinamos as informações descritas no Quadro 38.

Licenciando	NDH _{Tarefa 1A - CF}	NDH _{Tarefa 2A - CF}	Valor do N_G	N_G
L1	N1	N1	1	Excelente
L2	N2	N2	2	Médio
L3	N1	N2	1,5	Alto
L4	N3	N1	2	Médio
L5	N2	N1	1,5	Alto
L6	N1	N2	1,5	Alto

Quadro 38 – Nível de Generalização após o Controle Final

Percebe-se nesses dados que um licenciando (L1) atingiu ao final da formação um nível excelente de desenvolvimento da habilidade, executando todas as operações das duas tarefas do Controle Final corretamente. Outros três chegaram à avaliação do processo formativo com o sistema de operações na forma mental, com grau de generalização alto e com alto grau de independência, uma vez que não utilizaram os níveis de ajuda para resolver as tarefas. Tal dimensão ocorreu tanto na tarefa dentro dos limites de aplicação, como na tarefa de transferência a outro contexto. O licenciando L2 obteve um nível N2 nas duas tarefas e consequentemente concluiu a formação com um nível médio de desenvolvimento. Já o licenciando L4, em função de ter resolvido a Tarefa 1A - CF na forma materializada comprometeu seu nível de desenvolvimento final, mesmo tendo obtido um nível N1 na Tarefa 2A – CF de transferência a outro contexto.

Neste momento de Controle Final, de modo geral, observa-se pelos resultados do nível de generalização e de independência que a maioria dos licenciandos concluiu a formação da habilidade com a assimilação de sua estrutura invariante. Quando comparado qualitativamente os resultados do Controle Final com os obtidos no Diagnóstico Inicial verifica-se que os erros, apesar de ainda existirem alguns, como foi discutido à pouco, reduziram-se, em alguns licenciandos, totalmente. A resolução das tarefas está sendo realizada mais rapidamente, de forma independente e com maior qualidade em sua interpretação. Os resultados permitem

considerar que os estudantes conseguem fazer a transferência da aprendizagem para outros contextos.

7.3.1 O desenvolvimento da avaliação do Grau de Solidez

A avaliação do grau de solidez permitiu identificar o nível de desenvolvimento da habilidade do licenciando para interpretar gráficos cartesianos de forma global e no plano mental passado um tempo do processo de formação.

A aplicação da tarefa foi realizada quatro meses após o término do processo de formação. O pesquisador entrou em contato com os licenciandos por e-mail e telefone e agendou a aplicação individual da tarefa. Todos os seis participantes disponibilizaram-se a participar deste momento de avaliação da qualidade de sua assimilação da habilidade.

Para a avaliação do grau de solidez, foi elaborada uma tarefa para transferência de aprendizagem a outro contexto, mais complexa e com maiores exigências cognitivas que as tarefas das etapas de formação. Essa tarefa prestou-se a avaliar os indicadores qualitativos da forma da ação (mental) e do grau de independência e foi denominada Tarefa 1A – GS

A tarefa para avaliação do grau de solidez teve um perfil diferente das demais aplicadas durante a formação. A situação-problema proposta solicitou que os licenciandos interpretassem informações do gráfico para subsidiar a construção de argumentos para uma palestra intitulada “Clima – Passado igual ao Futuro”. A forma de avaliar a interpretação dos licenciandos deve estar relacionada às exigências específicas da tarefa. Sendo assim, foi realizada essa avaliação baseada em uma proposta de resposta elaborada pelo pesquisador (chave de resposta) e determinado índices de concordância entre esse modelo de resposta e a proposição dos estudantes. A chave de resposta do pesquisador pode ser vista no Apêndice D.

Os critérios para avaliação do grau de desenvolvimento da habilidade dos licenciandos neste momento foram baseados na quantidade de informação interpretada corretamente em comparação com a chave de resposta proposta. Essa quantidade de informação reflete a qualidade da interpretação dada pelo estudante. Para tanto, definiu-se os critérios descritos no Quadro 39.

Quantidade de informação interpretada corretamente	Nível
Mais de 85% das informações da chave de resposta	N1
Mais de 70% a 85% das informações da chave de resposta	N2
Mais de 55% à 70% das informações da chave de resposta	N3
Mais de 40% a 55% das informações da chave de resposta.	N4
40% ou menos das informações da chave de resposta	N5

Quadro 39 – Critérios para o nível de desenvolvimento da habilidade na resolução da tarefa do grau de solidez

A partir da chave de resposta proposta pelo pesquisador e dos critérios apresentados no Quadro 39, foi possível identificar o nível de desenvolvimento da habilidade dos licenciandos, conforme descrito no Quadro 40.

Licenciando	Semelhança com a chave de respostas (%)	Nível de desenvolvimento da habilidade na tarefa
L1	92	N1
L2	80	N2
L3	82	N2
L4	89	N1
L5	86	N1
L6	80	N2

Quadro 40 – Nível de desenvolvimento da habilidade na resolução da tarefa do grau de solidez

O Quadro 40 mostra que, na busca por semelhanças entre a resolução das tarefas pelos estudantes e a proposta de resposta do pesquisador, os licenciandos elaboraram respostas muito boas, visto que todos conseguiram contemplar no mínimo 80% do que foi proposto como chave de resposta. Essas semelhanças permitiram-nos, com base no Quadro 39, classificar o nível de desenvolvimento da habilidade dos licenciandos após quatro meses da experiência formativa. Observa-se queouve uma distribuição igualitária (três estudantes cada) entre os níveis N1 e N2. Quando comparados os resultados deste momento com os níveis que os licenciandos foram classificados nas tarefas de Controle Final, percebe-se que L1 que havia sido classificado, respectivamente, como N1 nas duas tarefas (dentro do limite de aplicação e em outro contexto), neste momento, após vários meses do final da formação, permaneceu com nível de desenvolvimento N1. Outros dois licenciandos avaliados neste momento como N1 haviam sido classificados no final da formação como N3 e N1 (L4) e N2 e N1 (L5). Note-se que, entre os analisados, o licenciando L5 foi o que mostrou um maior avanço no nível de desenvolvimento da habilidade.

Quanto aos demais licenciandos que obtiveram neste momento do grau de solidez classificação N2, se compararmos os resultados também com o Controle Final, vemos que L2,

L3 e L6 já estavam com nível de desenvolvimento N2 na última tarefa que resolveram no Controle final.

Da análise dos dados da avaliação do grau de solidez, podemos concluir que a formação da qual os seis licenciandos participaram possibilitou que assimilassem de forma sólida, no plano mental, a orientação do sistema de operações da habilidade de interpretar gráficos cartesianos.

É comum no ensino tradicional aplicar-se uma avaliação para um aluno hoje e ele conseguir bons resultados. Porém, se a mesma avaliação for aplicada a esse aluno depois de certo tempo, normalmente, os resultados são piores. Observa-se no caso de nossa pesquisa que mesmo após quatro meses após a formação os licenciando permanecem dominando o conteúdo, o que caracteriza que a aprendizagem foi sólida.

7.4 Avaliação do processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos pelos licenciandos

Após o desenvolvimento do controle final do processo de formação da habilidade, foi aplicado aos licenciandos o Questionário 2 (Apêndice C). Este instrumento teve como objetivo avaliar, na opinião dos licenciandos, o caminho metodológico utilizado para a formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos de uma forma global, por meio da teoria da assimilação de Galperin, especificando em cada um dos momentos o que favoreceu e o que dificultou o processo. Igualmente, buscou-se saber, na opinião dos licenciandos, quais as vantagens de se ensinar e de se aprender por intermédio dessa metodologia e quais as maiores dificuldades para se formar uma habilidade utilizando essa teoria.

Para a análise das respostas dos estudantes à primeira pergunta do Questionário 2 – “Dê sua opinião quanto ao que favoreceu e ao que dificultou o processo de formação da habilidade em cada uma das etapas desenvolvidas” – fez-se a leitura das respostas dos licenciandos e categorizou-as em cada um dos subitens da pergunta (momentos do processo de formação) quanto ao que favoreceu e ao que dificultou o processo em cada momento.

Durante o processo de formação, não foi descrito para os estudantes o nome de cada etapa pela qual estavam passando; eram informados apenas como deveriam proceder, de modo que o processo ocorresse sob as orientações do pesquisador. Sendo assim, os licenciandos não conheciam o nome específico de cada etapa da teoria de Galperin, apenas as executaram. Portanto, para situá-los, foi descrito previamente em cada subitem o momento de que se tratava.

O subitem 1a solicitava dos licenciandos sua opinião quanto à etapa de elaboração da Base Orientadora da Ação. Para deixar claro de qual etapa se tratava foi colocado da seguinte forma: “Etapa de elaboração da Base Orientadora da Ação: momento em que discutimos, elaboramos e organizamos as operações necessárias para interpretar um gráfico cartesiano de forma global”. Para essa etapa, a análise do posicionamento dos licenciandos está descrito no Quadro 41:

Momento do processo de formação da habilidade	Elementos que favoreceram	Elementos que dificultaram
Elaboração da B.O.A.	<ul style="list-style-type: none"> - todos em conjunto decidindo o que era essencial; - interpretação geral de um gráfico - ajudou bastante na identificação, interpretação e observação de um gráfico que não é da base do curso de Química; - aumentou ainda mais meu conhecimento; - enxergar tantos detalhes em um gráfico; - ficou mais fácil delimitar como seria a interpretação. 	<ul style="list-style-type: none"> - algumas operações não tiveram utilidade em todos os gráficos; - não havia uma abordagem inicial sobre o assunto; - lembrar todas as classificações de um gráfico; - alguns passos eram desconhecidos.

Quadro 41 – Elementos que favoreceram e dificultaram a elaboração da B.O.A, segundo os licenciandos

É possível e preciso observar nos resultados do Quadro 41 que, na visão dos licenciandos, o momento de elaboração da B.O.A. dispôs de vários pontos positivos, entre eles o trabalho conjunto entre estudantes e pesquisador e a organização de uma estrutura de operações possível de ser utilizada para a interpretação global de qualquer gráfico, aumentando as possibilidades de aplicação do conhecimento. Vê-se que os licenciandos declararam, de forma genérica, que os pontos que dificultaram o processo de elaboração da B.O.A. foram principalmente em relação aos seus conhecimentos anteriores quanto às operações da invariante da interpretação de um gráfico cartesiano. De modo semelhante, declararam que existiram operações que “não tiveram utilidade” em todos os gráficos, ou seja, faltou-lhes perceber que a estrutura invariante é formada pelas operações essenciais do gráfico, mas é possível que, em determinados casos, alguma delas não seja necessário abordar, em função de características próprias do fenômeno representado. Essa falta de conhecimento das operações é normal para uma aprendizagem nova e também foram

identificados durante o diagnóstico inicial, mas o pesquisador procurou saná-la durante a negociação da elaboração da B.O.A. com os estudantes.

O subitem 1b do Questionário 2 trazia o seguinte texto: “Etapa Materializada: etapa em que a resolução das tarefas foi realizada em dupla e com a utilização da orientação escrita (base orientadora da ação)”. A opinião dos estudantes em relação à etapa Materializada pode ser verificada no Quadro 42:

Momento do processo de formação da habilidade	Elementos que favoreceram	Elementos que dificultaram
Etapa Materializada	<ul style="list-style-type: none"> - resolver em dupla; - conversar com o outro; - contar com uma orientação escrita; - orientação escrita; - tirar dúvidas com a dupla; - fazer em dupla; - a base orientadora da ação ajudou na memorização; - discussão com o colega; - base orientadora da ação completa; - ajuda do companheiro de dupla. 	

Quadro 42 – Elementos que favoreceram e dificultaram a etapa Materializada, segundo os licenciandos

Para os estudantes, essa etapa não apresentou nenhum ponto que dificultou o processo de formação. Pelo contrário, observa-se que o meio mais facilitador, segundo os licenciandos, foi exatamente o elemento chave da teoria de Galperin nessa etapa, ou seja, a orientação, seja na forma escrita (B.O.A.) ou através do acompanhamento do parceiro de dupla. Foi importante eles perceberem a significância dessa etapa para o processo de formação, posto que a orientação escrita permite que os estudantes não tenham que memorizar as operações para poder interpretar os gráficos. A sua utilização passando por cada operação em cada uma das tarefas possibilita a assimilação gradativa do sistema de operações.

O terceiro subitem da primeira pergunta (1c) apresentava o seguinte enunciado: “Etapa da Linguagem Externa: momento em que as tarefas foram realizadas em dupla, sem a orientação escrita e com a sequência de operações sendo falada em voz alta”. Os resultados das respostas dos licenciandos podem ser observados no Quadro 43:

Momento do processo de formação da habilidade	Elementos que favoreceram	Elementos que dificultaram
Etapa da linguagem externa	<ul style="list-style-type: none"> - falar em voz alta; - fez assimilar melhor porque pensava, falava e ainda escrevia; - orientação do colega; - ajuda da dupla; - falar em voz alta; - companheiro ajuda. 	<ul style="list-style-type: none"> - esquecer procedimentos; - retirada da ajuda visual; - ausência da base orientadora

Quadro 43 – Elementos que favoreceram e dificultaram a etapa da Linguagem Externa, segundo os licenciandos

Nessa etapa, os licenciandos colocaram como principais elementos que favoreceram o processo o fato de continuar contando com a orientação do companheiro da dupla e o falar em voz alta, que também ajudava a orientar a resolução da tarefa. A Figura 44 trás o exemplo de resposta do licenciando L1.

c) Quando retornei a orientação escrita, eu pensei que fone sentir alguma dificuldade, mas isso não aconteceu, eu tinha acumulado os pontos principais e o que observar no gráfico de imediato e que me auxiliou na interpretação profunda. Nesse de falar em voz alta, me fez assimilar melhor, porque eu pensava, falava e ainda escrevia / fixa melhor o conteúdo, uma técnica interessante para se utilizar nos estudos. No final das atividades estava bem mecânico.

Figura 44 – Exemplo de resposta do licenciando L1 ao subitem 1c do Questionário 2

Quanto aos pontos que dificultaram o processo, os licenciandos citaram principalmente a retirada da base orientadora da ação e, consequentemente, o esquecimento de algum procedimento da orientação. Esse ponto não deveria ser um problema, uma vez que a passagem pela etapa materializada tem o objetivo de que o estudante assimile o sistema de operações para que, quando passasse para a etapa da Linguagem Externa, já o possua dominado na forma materializada, precisando repeti-lo por intermédio da linguagem para que passe ao plano mental.

O subitem 1d tinha como enunciado o seguinte texto: “Etapa do Plano Mental: etapa em que você resolveu a tarefa sem o auxílio da base orientadora da ação, sozinho e sem o uso

da linguagem externa". Para os fatores que favoreceram e dificultaram essa etapa, os licenciandos deram as respostas representadas no Quadro 44:

Momento do processo de formação da habilidade	Elementos que favoreceram	Elementos que dificultaram
Etapa do plano mental	<ul style="list-style-type: none"> - ter passado pelas fases anteriores; - ter passado pelos outros processos de interpretação; - fazer tantos exercícios antes; - já tinha o hábito de "falar" mentalmente; - existia um caminho a seguir; - ainda estava recente o conhecimento. 	<ul style="list-style-type: none"> - mais difícil; - um pouco difícil; - não lembrar de todos os passos da base orientadora; - demorei mais tempo que os anteriores; - estar sozinho; - sem o auxílio da base orientadora.

Quadro 44 – Elementos que favoreceram e dificultaram a etapa do Plano Mental, segundo os licenciandos

Na etapa mental, os licenciandos apontaram como elementos que favoreceram, principalmente, terem participado das etapas anteriores e, com isso, ter as operações (B.O.A.) assimiladas. Percebe-se nas opiniões dos licenciandos que a forma como são organizadas as etapas da assimilação da Teoria de Galperin favorece a aprendizagem. É importante que eles tenham essa percepção da necessidade do uso da orientação escrita e da utilização da linguagem falada e escrita para a interiorização do sistema de operações da habilidade. Quanto às dificuldades, as principais colocações estavam relacionadas com a falta do auxílio da orientação, implicando no esquecimento de alguma operação e, consequentemente, influenciando no tempo utilizado para a resolução da tarefa. O fato de considerar a retirada dos tipos de apoio como um dificultador é compreensível, pois a consulta às operações de forma escrita é mais simples do que buscar lembrar-se do sistema, mas isso é um ponto a ser mais bem observado, pois isso não deveria ter um impacto na resolução das tarefas, uma vez que, ao chegarem nesta etapa, os licenciandos já deveriam ter assimilado o sistema de operações invariantes nas formas exigidas pelas etapas anteriores.

Apesar dessas dificuldades relatadas no questionário pelos licenciandos e representadas no Quadro 44, observou-se nos resultados da etapa mental que a maioria deles teve um desempenho muito bom na resolução independente da tarefa. Vejamos um exemplo de resposta para este subitem dada pelo licenciando L6:

d) Agora foi um pouco mais complicado pois era rojinho e sem auxílio da base orientadora mas ainda estava recente e com conhecimento.

Figura 45 – Exemplo de resposta do licenciando L6 ao subitem 1d do Questionário 2

Observa-se que o licenciando L6 faz suas considerações principalmente em cima das dificuldades na etapa do Plano Mental. Contudo, seu desempenho nessa etapa não aponta nessa direção, uma vez que realizou todas as operações corretamente na tarefa.

No último subitem da primeira pergunta (1e), era apresentado o seguinte enunciado: “Controle Final do processo: momento em que você resolveu as tarefas, inclusive de outro contexto que não a Química, sem nenhum auxílio”. As respostas dos licenciando quanto a este momento podem ser observadas no Quadro 45:

Momento do processo de formação da habilidade	Elementos que favoreceram	Elementos que dificultaram
Controle Final	<ul style="list-style-type: none"> - não tinha esquecido os pontos; - o aprendizado aconteceu de pouco a pouco, mas ficou bem compreendido; - resolução igual para os gráficos de Química ou não; - maior compreensão para analisar qualquer outro tipo de gráfico e de outras áreas; - os conhecimentos adquiridos anteriormente; - fiz do mesmo jeito; - colocar em prática o que vinha aprendendo nos encontros; - olhar o gráfico de uma maneira diferente de antes; - não passavam de gráficos. 	<ul style="list-style-type: none"> - o problema é o tempo; - o gráfico com duas ordenadas;

Quadro 45 – Elementos que favoreceram e dificultaram o momento de Controle Final do processo de formação, segundo os licenciandos

Torna-se cabível visualizar nas respostas que os estudantes fizeram referência aos pontos positivos, principalmente, no que trata da assimilação da habilidade durante as etapas anteriores de formação desenvolvendo a facilidade para resolverem tanto o gráfico de Química quanto o da outra área. Desses respostas, podemos verificar que a formação da habilidade de forma organizada em etapas ou, como disse o licenciando L5, “de pouco a pouco”, com base na estrutura invariante dos gráficos cartesianos, favorece a assimilação do conhecimento e a possibilidade de aplicá-lo em novos contextos, mesmo tendo sido desenvolvido essencialmente com gráficos de Química.

Apenas dois licenciandos, L3 e L4, apresentaram formalmente suas dificuldades. O primeiro fez considerações a respeito do maior tempo que se levou para resolver a tarefa e outro quanto ao tipo de gráfico utilizado para a segunda tarefa (duas curvas).

Na Figura 46, apresentam-se dois exemplos de respostas dadas pelos licenciandos para esse subitem.

L2

e) Foi gráfico com o entendimento pelo fato de ter passado por outros processos de interpretação e observação em que um gráfico dentro era analisado, possibilitando uma maior compreensão e um base para analisar qualquer outro tipo de gráfico e de outras áreas.

L4

e) até que não foi difícil, fiz do mesmo jeito que ~~que~~ que era relacionado a química, apenas senti dificuldade de que o gráfico era com duas ordens.

Figura 46 – Exemplos de respostas dos licenciandos L2 e L4 ao subitem 1e do Questionário 2

O licenciando L2 afirmou que todo o processo de formação possibilitou que tivesse um maior nível de compreensão ao interpretar os gráficos de química e da outra área. No caso do licenciando L4, apesar de estar afirmando que sentiu dificuldade para resolver a segunda tarefa que trazia um gráfico com duas curvas, foi classificado nessa tarefa com o nível de

desenvolvimento da habilidade N1. Isso mostra que, para a tarefa de transferência a outro contexto, ele obteve uma alta qualidade do grau de generalização e do grau de independência.

A segunda questão do Questionário 2 buscou obter dos licenciandos suas opiniões sobre as vantagens de se aprender e de se ensinar utilizando como referencial teórico a Teoria de Galperin. A compilação das respostas dos estudantes pode ser verificada no Quadro 46.

Teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos de P. Ya. Galperin	
Vantagens de aprender	Vantagens de ensinar
<ul style="list-style-type: none"> - o aprendizado acontece naturalmente; - conduz à independência do aluno; - o aluno busca a B.O.A., não recebe pronta; - ser capaz de interpretar um gráfico de outra área; - passa-se a olhar um gráfico de forma mais profunda; - permite detalhar as informações do gráfico; - se ter uma sequência metodológica para resolver esse tipo de exercício; - cria-se um caminho a seguir; - atinge-se o objetivo desejado; - ampliação do conhecimento do aluno; - aumento da aprendizagem significativa; - maior visualização e facilidade de se caracterizar um gráfico. 	<ul style="list-style-type: none"> - o método é eficaz; - o aluno fixa o conteúdo; - as alunos adquirem uma maior capacidade de interpretação; - os alunos enxergam melhor o que existe em um gráfico; - fica mais fácil entender o conteúdo; - incentiva os alunos a buscarem as formas de resolver o problema; - comete-se menos erros; - comprehende-se o gráfico mais claramente; - facilita a vida dos alunos; - maior produtividade nas aulas.

Quadro 46 – Vantagens de se aprender e de se ensinar utilizando a teoria de Galperin, segundo os licenciandos

Quando analisamos as respostas dos estudantes, vemos que eles entendem existir várias vantagens de se aprender e de se ensinar fundamentado na Teoria de Galperin. Entre as vantagens de se aprender por essa metodologia, são pontuados que a aprendizagem ocorre de forma organizada, conduzindo à maior independência do aluno. Apontam como vantagem a existência de uma base orientadora da ação elaborada em conjunto com os estudantes que aponta um invariante na interpretação, permite observar um gráfico cartesiano de uma forma mais profunda e possibilita sua transferência para novos contextos. Uma das diferenças básicas entre o ensino tradicional e a Teoria de Galperin está exatamente na questão da orientação. É comum no ensino tradicional os estudantes receberem a orientação pronta e terem somente que executá-la em diversos casos particulares para ao final tentar assimilar o conhecimento. O fato de o aluno buscar a B.O.A., tido pelos licenciandos como uma vantagem, contribui para a motivação dos estudantes, uma vez que se sentem parte daquela orientação, pois é algo construído por eles. Esse sistema de operações assimilado através das etapas previstas por Galperin torna a aprendizagem mais sólida e o estudante mais

independente para enfrentar situações-problemas dentro dos limites de generalização da habilidade e com a possibilidade de estender esse conhecimento a situações em novos contextos.

No aspecto do ensinar com base na teoria, os licenciandos apontaram como vantagens a eficácia da metodologia, ou seja, o aluno aprende com maiores possibilidades de aplicação do conteúdo e cometendo menos erros, uma vez que começa o processo de aprendizagem com o sistema de operações completo em mãos. Ao passar essa estrutura invariante ao plano mental, reduz-se as possibilidades de cometer erros na aplicação da habilidade. Ademais, foi colocado por um dos licenciandos que, trabalhando dessa forma, tem-se uma maior produtividade nas aulas. Esse é um dos pontos positivos de se desenvolver habilidades com base na Teoria de Galperin. Ao organizar o ensino do geral para o particular, reduz-se o tempo gasto com o enfrentamento de diversos casos particulares para se chegar ao geral, muitas vezes pelo método de tentativa e erro, como é feito no ensino tradicional.

Entretanto, eles não promoveram apenas elogios ao processo, como pode-se ver na Figura 47 o exemplo de resposta do licenciando L1.

2) É bastante interessante porque o aprendizado acontece naturalmente e com facilidade, mas acho que só longo, requer bastante tempo e o aluno tem que ser bastante ativo porque ele que vai em busca do conhecimento e o papel (BOA) e o professor só mente uma orientação auxiliar. Como se sabe, nas exatas, os alunos são bem preguiçosos e para realizar em método tem que ser numa turma muito boa e empurrada porque acho que o aluno tem que ser independente. Mas mesmo assim, aplicaria numa exata. ☺
As vantagens de se ensinar é que o método é eficaz, as etapas fazem que o aluno fixe o conteúdo. Se o professor que realmente que o aluno aprenda, este é um bom método.

Figura 47 – Exemplo de resposta do licenciando L1 quanto às vantagens de se aprender e de se ensinar utilizando a teoria de Galperin

Apesar de elogiar o procedimento de ensino e dizer que tentaria aplicá-lo na escola, o licenciando L1 aponta para alguns problemas da atual organização de nossas salas de aula que poderiam dificultar o desenvolvimento do processo formativo: falta de tempo, alunos desinteressados e dependentes e o despreparo dos docentes. Ainda pode-se acrescentar a esses

aspectos o fato do elevado número de alunos que temos em cada turma e que por tratar-se, em diversos momentos, de uma orientação individualizada traria dificuldades para o desenvolvimento das habilidades.

A terceira e última pergunta do Questionário 2 solicitava dos licenciandos que opinassem sobre as maiores dificuldades de formar-se uma habilidade por meio da metodologia utilizada. Além das observações feitas pelo licenciando L1 na pergunta anterior, conforme mostrado na Figura 47, ainda podem se acrescentar os seguintes argumentos apresentados pelos estudantes, conforme exposto no Quadro 47.

Teoria da formação por etapas das ações mentais e dos conceitos de P. Ya. Galperin
Dificuldades ao se formar uma habilidade
- o processo é longo, pois a maioria das vezes só tem uma aula para dar o conteúdo e fazer exercícios;
- difícil de aplicar com alunos dispersos;
- falta de conhecimento da teoria pelo professor;
- desconhecimento da metodologia;
- não ter os conhecimentos prévios para a aprendizagem;
- a maior dificuldade é de se criar um caminho, ..., os passos a seguir;

Quadro 47 – Dificuldades para se formar uma habilidade utilizando a teoria de Galperin, segundo os licenciandos

Nas respostas dadas pelos licenciandos, pode-se observar que estão focadas em alguns aspectos principais: o tempo, a motivação do aluno, a organização da B.O.A. e a falta de preparo do professor. Entre essas dificuldades, a que poderia trazer maiores problemas é exatamente o tempo e a forma de organização das disciplinas em nossas escolas. Fica difícil imaginar trabalhar-se com essa metodologia quando o professor tem, em algumas disciplinas, apenas quarenta e cinco minutos de aula por semana. Para isso, faz-se necessário uma reorganização dos conteúdos de forma que o processo de aprendizagem aconteça do geral para o particular, como dito anteriormente essa forma de organização reduz a necessidade de se trabalhar diversos casos particulares para a assimilação de um conceito ou formação de uma habilidade. A motivação do aluno é uma questão de se criar estratégias que o atraiam para aprender. Segundo Talízina (2009), um dos objetivos básicos do professor é tornar consciente nos estudantes os motivos da aprendizagem, o que pode se dar por intermédio da assimilação do sentido social da aprendizagem ou a partir da própria atividade escolar, a qual deve ser interessante para ele por uma ou outra razão. De acordo com Talízina, o trabalho em pequenos grupos é uma das possibilidades que experimentalmente tem mostrado um significado muito grande para a motivação. É fato que, a princípio, os professores não estão preparados para trabalhar com a Teoria de Galperin, mas a atualização das formas de ensinar

é algo intrínseco a profissão docente. O professor, desde a formação inicial e, permanentemente, na formação continuada, deve buscar ferramentas metodológicas que facilitem o processo de ensino-aprendizagem e que contribuam para uma formação mais sólida e de qualidade nos estudantes.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo desta pesquisa, buscamos discutir a formação de habilidade de interpretar gráficos cartesianos como parte do conhecimento profissional de seis licenciandos em Química necessário para ensinar Química na escola do ensino médio, no contexto da educação em ciências no século XXI. Diversos autores têm apresentado em seus estudos as limitações para se interpretar gráficos cartesianos, mas ainda são poucas aqueles que trazem perspectivas de como melhorar a formação dessa habilidade sob uma orientação inovadora. Diante dessa problemática, propomo-nos a organizar e desenvolver uma experiência formativa dessa habilidade fundamentada nos princípios da *Teoria da Formação por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos* de P. Ya. Galperin, assim como pelas contribuições de Talízina (1989) e Núñez (2009).

Capacitar os professores de Química em seus saberes profissionais, durante sua formação inicial, possibilita que, no exercício de sua profissão, ele tenha mais autonomia para enfrentar situações-problema didáticas e as demandas de sala de aula, além de contribuir para a profissionalização docente. Nossa proposta, busca repensar a forma que vem se trabalhando a formação dessa habilidade no ensino tradicional.

Estruturamos nosso estudo em quatro objetivos específicos, os quais atingidos permitiriam levantar elementos que confirmassem ou refutassem nossa Tese.

O primeiro objetivo específico propunha diagnosticar o nível de desenvolvimento da habilidade de interpretar gráficos cartesianos nos licenciandos de Química. A aplicação de um teste diagnóstico nos proporcionou com seus resultados identificar que os seis licenciandos tinham um nível de desenvolvimento da habilidade baixo para interpretar e compreender os gráficos da forma global. Não sendo essa habilidade um conhecimento novo para eles, pois trabalham com interpretação de gráficos desde a educação básica, foi estabelecido que a experiência formativa tratava-se de um processo de atualização da habilidade.

Determinamos, a partir de uma busca em livros didáticos, os tipos de gráficos que estão dentro dos limites de generalização da Química do ensino médio e, pesquisando em diversos trabalhos sobre a interpretação de gráficos cartesianos, pudemos definir a estrutura invariante (sistema de operações) para a interpretação de gráficos cartesianos que se constitui no objeto da assimilação segundo os indicadores qualitativos definidos nos objetivos. Nesse sentido, estruturamos um conjunto de tarefas para a direção do processo formativo.

Na pesquisa, foi apresentada a possibilidade de se organizar um Sistema Didático. A partir do desenvolvimento desse Sistema Didático com os seis licenciandos, utilizando as

etapas previstas por Galperin em sua teoria, pudemos responder ao terceiro objetivo da pesquisa, ou seja, caracterizar o processo de formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos em licenciandos de Química fundamentado na *Teoria da Formação por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos* de P. Ya. Galperin. Nesse processo, foi possível revelar os fatores que favoreceram e os fatores que dificultaram a atualização da habilidade como conhecimento profissional para o ensino de Química.

Durante o processo formativo, identificamos no início da etapa Materializada, os licenciandos com nível de desenvolvimento da habilidade baixo, identificamos os erros e as operações não executadas, em função de estarem limitados ao que já havíamos identificado no diagnóstico inicial. Porém, esse número de operações realizadas de forma incorreta ou não realizadas foi reduzindo-se com o maior número de tarefas resolvidas. A resolução pelos licenciandos das quatro tarefas desta etapa utilizando a materialização da estrutura da habilidade (modelo da atividade), conforme a B.O.A. do tipo III, mostrou que, ao final dessa etapa, eles já conseguiam resolver as tarefas reduzindo a estrutura da B.O.A.. Ao final da etapa seguinte, a da Linguagem Externa, metade dos licenciandos já resolia a tarefa sem a ajuda do outro (estudante ou pesquisador), argumentando todas as operações com consciência do sistema de operações da habilidade; constatou-se um processo de redução maior do sistema de ações, menos detalhado e de forma verbalizada. Os outros três licenciandos não atingiram totalmente esse nível de aprendizagem, mas mostraram ter condições de seguir para a próxima etapa após a discussão e correção de suas dificuldades junto com o pesquisador.

Na etapa do Plano Mental, onde não contavam com nenhum tipo de apoio, três dos seis licenciando resolveram a tarefa executando todas as operações de forma correta e no plano mental. Um deles resolveu toda a tarefa corretamente, mas ainda se reportou a materialização da B.O.A. e outros dois resolveram mais de 80% da tarefa corretamente, ou seja, o nível de desenvolvimento apresentado pela maioria dos licenciandos é um indício de que passaram o sistema de orientações do plano externo – material, para o plano interno – mental, de forma independente.

A avaliação final da formação nos licenciandos foi decorrente das tarefas do Controle Final e da tarefa do grau de solidez. Ao resolverem as duas tarefas do Controle Final, percebemos o avanço que os licenciados tiveram se comparados com o momento do diagnóstico inicial. Dos seis licenciandos, dois chegaram esse momento com um nível de desenvolvimento médio, três com nível alto e um com nível excelente, ou seja, no geral chegaram ao final do processo formativo com o sistema de operações na forma mental, com alto grau de generalização, alto grau de independência e com possibilidade de transferência da

aprendizagem a outros contextos. Na avaliação do grau de solidez aplicada após quatro meses da formação, os licenciandos mostraram que não esqueceram o que havia sido tratado no processo formativo, ou seja, desenvolveram, aprenderam, a habilidade de interpretar gráficos cartesianos. Todos resolveram a tarefa do grau de solidez com mais de 80% de coincidência com a chave de respostas proposta ficando com nível de desenvolvimento da habilidade N1 ou N2. Desses resultados, podemos considerar que a aprendizagem dos licenciandos foi sólida, no plano mental. Na avaliação da experiência formativa, os licenciandos apontaram fatores que favoreceram o processo de formação, tais como, a participação dos alunos na elaboração da orientação, a identificação de uma estrutura invariante da habilidade, a resolução em dupla facilitando a troca de informações entre os estudantes e contribuindo para a assimilação do sistema de operações, o uso da linguagem, isto é, a existência de um processo organizado e planejado em etapas que possibilitaram a elevação do nível de desenvolvimento da habilidade nos estudantes. Como pontos que dificultaram o processo formativo, os licenciandos indicaram principalmente a falta de conhecimentos anteriores sobre a estrutura de um gráfico cartesiano que pudessem contribuir com a organização do processo e o tempo para execução da formação em função das suas próprias limitações para participar das etapas.

O conjunto de resultados do início, desenvolvimento e avaliação final do processo formativo permite-nos concluir que a formação da habilidade fundamentada na Teoria de Galperin possibilita a assimilação da orientação do sistema de operações da habilidade ao nível mental, de forma sólida, com alto grau de generalização, independência e consciência e com alto poder de transferência a novos contextos, conforme proposto em nossa Tese inicial.

Por se tratar de um processo de atualização de uma habilidade, o que pressupõe a reconfiguração de um conhecimento prévio e pelo tempo disponível, próximo do contexto real, a pesquisa mostrou potencialidades, mas também revelou novas problemáticas para outros estudos.

Além de possibilitar a construção de um conjunto de argumentos para fundamentar nossa Tese, procuramos com esse estudo contribuir para a discussão da formação de habilidades na área das Ciências Naturais. O trabalho tem como principais contribuições:

- a) Uma proposta metodológica para desenvolver a habilidade de interpretar gráficos cartesianos na formação inicial de professores de Química e em outras áreas;
- b) A organização da estrutura da habilidade de interpretar gráficos cartesianos, a partir do Método Teórico de Talízina (1989).

Nossos resultados podem configurar-se como uma proposta para discussões e reflexões sobre a formação de habilidades e a utilização da Teoria de Galperin em outros conteúdos e áreas de ensino.

REFERÊNCIAS

- AINLEY, J.; NADI, H.; PRATT, D. The construction of meaning for trend in active graphing. **International Journal of Computers for Mathematical Learning**, v. 5, n. 2, p. 85-114, 2000.
- ÁLVAREZ DE ZAYAS, C. M. **La escuela en la vida**. Didáctica. Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación; 1999.
- ARRUDA, J.R.C; MARIN, J.A. Un Sistema Didáctico para la Enseñanza-Aprendizaje de la Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 329-350, 2001.
- ASTUDILLO, M. T. G.; HERNÁNDEZ, E. M. Dificultades y concepciones de los alumnos de educación secundaria sobre la representación gráfica de funciones lineales y cuadráticas. **XVI Simposio Iberoamericano de enseñanza Matemática**, Castellón, Espanha, 2004. Disponível em: <http://www.iberomat.uji.es/carpeta/com.htm>. Acesso em: 16 jun. 2009.
- AZCÁRATE, C. **La velocidad: introducción AL concepto de derivada**. 1990. Tese de Doutorado. Bellaterra: Universidad Autónoma de Barcelona.
- AZCÁRATE, C. Sistemas de Representación. **Revista de Didactica de las Matemáticas**. n. 4, p. 53-61, 1995.
- BALL, D.L.; FORZANI, F.M. What does it take to make a teacher? **Phi Delta Kappan**, Bloomington, v. 92, n. 2, p. 8-12, 2010.
- BARQUERO, B.; SCHOTZ, W.; REUTER, S. Adolescents and adult's skills to visually communicate knowledge with graphic. **Infancia y Aprendizaje**. v. 90. p. 71-97, 2000.
- BARROS, S. G.; LOSADA, C. M. Enseñar a enseñar contenidos procedimentales es difícil. **Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado**, v. 17, n. 1, p. 79-99, 2003.
- BELL, A. W.; JANVIER, C. The interpretation of graphs representing situations. **Learning of Mathematics**, n. 2, p. 34-42, 1981.
- BENGSSON, L.A. Dimensions of performance in the interpretation of diagrams, tables and maps: some gender differences in the Swedish scholastic aptitude test. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 36, n. 5, p. 565-582, 1999.
- BERG, C. A.; SMITH, P. "Assesing students" abilities to construct and interpret line graphs: disparities between multiple-choice and free-response instruments. **Science Education**, v. 78, n.6, p. 527-554, 1994.
- BEZMALINOVIC, H.S. Competencias de modelización y argumentación en interpretación de gráficas funcionales: propuesta de un modelo de competência aplicado a um estudo de caso.** 2009. Tese de doutorado (Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals), Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, 2009.

BOLÍVAR BOTÍA, A.; BOLÍVAR RUANO; M. R. El profesorado de enseñanza media: formación inicial Pedagógica e identidad profesional. **Ensino em Re-Vista**, v. 19, n. 1, p. 19-33, 2012.

BOWEN, G. M.; ROTH, W. M.; MC GINN, M. K. Interpretación of graphs by university biology students and practicing scientist. Toward a social practice view of scientific representation practices. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 36, n.9, p. 1020-1043, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação - Secretaria de Educação Superior. **Proposta de diretrizes para a formação inicial de professores da educação básica**, em cursos de nível superior. Brasília: MEC, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM)**. Brasília: MEC/Semtec, 2002a.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002b.

BRASIL. Ministério da Educação - Secretaria de Educação Básica. **Guia de livros didáticos : PNLD 2012 : Química**, Brasília: MEC, 2011.

BRITO, M. V.; SOARES, M. F. C. Formação inicial do professor de química e suas necessidades formativas: implicações sobre a prática pedagógica. In: 51º Congresso Brasileiro de Química, 2011, São Luis. **Anais...** São Luis: ABQ, 2011.

BROWN, B. A.; REVELES, J. M.; KELLY, G. J. Scientific literacy and discursive identity: a theoretical framework for understanding science learning. **Science Education**, v. 89, n. 5, p. 779-802, 2005.

CAMILLO, P.A. **Gráficos de jornais e revistas**: a dificuldade encontrada em interpretá-los. Trabalho de Conclusão de curso. UNIMESP, 2006. Disponível em <www.unimesp.edu.br/arquivos/mat/tcc06/Artigo_Patricia_Almeida_Camillo.pdf>. Acesso em 12/03/2010.

CAMPANÁRIO, J. M.; OTERO, J. C. Errores y distorsiones en las representaciones gráficas que aparecen en la prensa. **Enseñanza de las Ciencias**, número extra, VI congreso, p. 139, 2001.

CARRASCOSA, J.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J.; FURIÓ-MÁS, C.; GUIASOLA, J. ¿Qué hacer en la formación inicial del profesorado de ciencias de secundaria? **Revista Eureka**, v. 2, p. 118-133, 2008.

CARVALHO, A. M. P. As condições de diálogo entre professores e formador para um ensino que promova a enculturação científica dos alunos. In: DALBEN, A. I. L. de F.; et al. (org). Convergências e tensões no campo da formação e do trabalho docente. **Coleção Didática e**

Práticas de Ensino. Textos Selecionados do XV ENDIPE. Belo Horizonte: Autêntica. 2010. p. 282-300.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. O saber e o saber fazer dos professores. In: CASTRO, A. D.; CARVALHO, A. M. P. (org.) **Ensinar a Ensinar - Didática para a Escola Fundamental e Média**. São Paulo: Pioneira, 2001, pp. 107-121.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de Ciências**. São Paulo: Cortez, 10 ed., 2011.

CEDEÑO, I. B. **Enfoque metodológico de las habilidades del pensamiento lógico**. 2006. Disponível em: <http://www.monografias.com/trabajos33/habilidades-pensamiento/habilidades-pensamiento.shtml?monosearch>. Acesso em: 24 ago. 2010.

CERVANTES, V. G. A., MOREJON, J. B. **Habilidades de resolución de problemas em los niños**. Universidad de Guadalajara, Jalisco, 2005. Disponível em: <http://www.monografias.com/trabajos24/solucion-problemas/solucion-problemas.shtml?monosearch>. Acesso em: 21 dez. 2012.

COX, R. Representation construction, externalised cognition and individual differences. **Learning and Instruction**. v. 9, p. 343-363, 1999.

CUESTA, A. **El proceso de aprendizaje de los conceptos de función y extremo em estudiantes de economía**: análisis de uma innovación didáctica. 2007. Tese de Doutorado (Didática da Matemática), Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.

DALYAEVA, S. A.; RESHETOVA, Z. A. problemas de la unidad de los conocimientos fundamentales y profesionales y la estructura de una asignatura en el CES. In: RESHETOVA, Z. A. **Análisis sistemico aplicado a la Educación Superior**. La Habana: CEPES, 1989, p. 21-38.

DAVIDOV, V. V. **La enseñanza escolar y el desarrollo psíquico: investigación psicológica teórica y experimental**. Moscú: Progreso, 1988.

DE GUZMÁN, A. El papel de La matemática em El processo educativo inicial. **Enseñanza de las Ciencias**. v. 2, n. 3, p. 91-95, 1984.

DELORS, J. **Educação**: um tesouro a descobrir – relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre educação para o século XXI. 2. ed. São Paulo: Editora Cortez, 1999.

DEULOFEU, J. **Els gràfics cartesians de funcions: um estudi de lès concepcions dels alumnes centrat em El significat Del gràfic**. 1993. Tese de doutorado (Didática da Matemática), Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, 1993.

DEULOFEU, J. Concepciones de los alumnos de secundaria sobre distintas gráficas de funciones. **Revista de Didáctica de las Matemáticas**, v. 4, p. 6-16, 1995.

DOLORES, C.; ALARCÓN, G.; ALBARRÁN, D. Concepciones alternativas sobre las gráficas cartesianas Del movimiento: El caso de La velocidad y La trayectoria. **Revista**

Latinoamericana de Investigación em Matemática Educativa, v. 16, n. 3, p. 225-250, 2002.

DOLORES, C. Acerca Del análisis de funciones através de sus gráficas: concepciones alternativas de estudiantes de bachillerato. **Revista Latinoamericana de Investigación em Matemática Educativa**, v. 7, n.3, p. 195-218, 2004.

DOLORES, C. Las gráficas, sus usos y retos en la enseñanza y en la investigación en matemática educativa. **Perspectivas docentes**, n. 36, p. 51-58, 2008.

DOLORES, C.;CUEVAS, I. Lectura e interpretación de gráficas socialmente compartidas. **RELIME**, v. 10, n. 1, p. 69-96, 2007.

DREYFUS, T.; EISENBERG, T. Intuitive functional concepts: A baseline study on intuitions. **Journal for Research in Mathematics Education**, n. 13, p. 33-48, 1982.

DUSCHL, R. La valoración de argumentaciones y explicaciones: promover estrategias de retroalimentación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 1, p. 3 – 201, 1998.

DUVAL, R. Ghaphiques et équacions. **Annales de Didactique et Science Cognitives**, v. 1, p. 235-253, 1988.

DUVAL, R. Quel cognitif retenir en didactique des mathématiques? **Recherches en Didactique des Mathématiques**. v. 6, n. 3, p. 349-382, 1996.

DUVAL, R. **Semiosis y pensamiento humano**. Universidad Del Valle, Instituto de Educación y Pedagogía, Colombia, 1999.

DUVAL, R. Registros e representações semióticas e funcionamento cognitivo da compreensão em Matemática. In: MACHADO, S. D. A. (Org.). **Aprendizagem em matemática: registros de representação semiótica**. Campinas: Papirus, 2003, p. 11 - 34.

ERICKSON, F. Métodos cualitativos de investigación sobre la enseñanza. In: WITTROCK, M. (Ed.), La Investigación de la Enseñanza, II. **Métodos cualitativos y de observación**. Madrid: Ediciones Padiós Ibérica, 1989.

ESPINEL, M.C.; CARRIÓN, J.C. **Análisis de un cuestionario mediante el modelo de Rasch para medir la capacidad de traducción entre distintas representaciones de datos estadísticos**. 2008. Disponível em: http://iude.webs.ull.es/investigacion/publicaciones/pdf_docs_trabajo/200873.pdf. Acesso em: 21 out. 2011.

FACHIN, O. **Fundamentos de Metodología** . 5. ed., São Paulo :Saraiva, 2006.

FARIA, T. C. L. A “ajuda do outro” no contexto da sala de aula: em busca do sentido atribuído por professoras do ensino fundamental. **Anais III Encontro de Pesquisa em Educação da UFPI**. Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2004.

FERNANDÉZ, B. M. P. ; et al. **A formación de habilidades dentro del contexto de la Educación Cubana actual**. 2005. Disponível em: <http://www.ilustrados.com/publicaciones/EEEAyVEkFVzNgduofw.php>. Acesso em: 11 out. 2012.

FREITAS, L. C. de. **Mudanças e inovações na educação**. 2. ed. São Paulo: EDICON, 2005.

GALAGOFSKY, L. R. Enseñar química vs. aprender química: una ecuación que no está balanceada. **Revista Química Viva**, v. 6, número especial: suplemento educativo, 2007.

GALINDO, G. ; et al. Uma alternativa para enseñar matematica em uma facultad de ciências. **Revista Cientifica de la Universidad Blas Pascal**, v. 5, n. 14, Córdoba, 2000.

GALPERIN, P. Ya. **Tipos de orientación y tipos de formación de acciones y de los conceptos**. Em Informe de La Academia de Ciencias Pedagogicas de La RSFSR. Moscou, n. 2, 1959.

GALPERIN, P. Ya. **Introducción a la psicología**: un enfoque dialéctico. Madrid: Pablo del Río Editor, 1979.

GALPERIN, P. Ya. Sobre el método de formación por etapas de las acciones intelectuales. In: ILIASOV, I. I.; LIAUDIS, V. Ya. **Antología de La Psicología Pedagógica y de las edades**. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1986, p. 114-118.

GALPERIN, P. Ya. La dirección del proceso de aprendizaje. In: ROJAS, L. (comp.) **La formacion de las funciones psicológicas durante el desarrollo del niño**. Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2001a, 2 ed., p. 85-91.

GALPERIN, P. Ya. Sobre la formación de las imágenes sensoriales y de los conceptos. In: ROJAS, L. (comp.) **La formacion de las funciones psicológicas durante el desarrollo del niño**. Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2001b, 2 ed., p. 27-40.

GALPERIN, P. Ya. Sobre la formación de los conceptos y de las acciones mentales. In: ROJAS, L. (comp.) **La formacion de las funciones psicológicas durante el desarrollo del niño**. Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2001c, 2 ed., p. 45-56.

GALPERIN, P. Ya. Acerca del lenguaje interno. In: ROJAS, L. (comp.) **La formacion de las funciones psicológicas durante el desarrollo del niño**. Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2001d, 2 ed., p. 57-65.

GALPERIN, P. Ya. Tipos de orientación y tipos de formación de las acciones y de los conceptos. In: ROJAS, L. (comp.) **La formacion de las funciones psicológicas durante el desarrollo del niño**. Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2001e, 2 ed., p. 41-44.

GALPERIN, P. Ya. Acerca de la investigación del desarrollo intelectual del niño. In: ROJAS, L. (comp.) **La formacion de las funciones psicológicas durante el desarrollo del niño**. Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2001f, 2 ed., p. 67-84.

GARCÍA, J. J. **La comprensión de las representaciones gráficas cartesianas presentes en los libros de texto de ciencias experimentales, sus características y el uso que se hace de ellas en el aula**. 2005. Tese de Doutorado. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Granada, Granada, 2005.

GARCÍA, J. J.G.; PALACIOS, F. J. P. ¿Influye la formación académica de los estudiantes en su comprensión de las representaciones gráficas cartesianas? **Enseñanza de las Ciencias**, España, número extra, VII congreso, p. 1-5, 2005.

GARCÍA, J. J.G.; PALACIOS, F. J. P. ¿Comprenden los estudiantes las gráficas cartesianas usadas en los textos de ciencias? **Enseñanza de las Ciencias**, España, v. 25, n. 1, p. 107-132, 2007a.

GARCÍA, J. J. G.; PALACIOS, F. J. P. ¿Cómo usan los profesores de Química las representaciones gráficas cartesianas? **Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado - REIFOP**, v. 10, n. 1, p. 1-15, 2007b.

GARCÍA, M. J.; HERNÁNDEZ, E. B. Formación Inicial de Profesores de Secundaria: dificultades para aprender a planificar y desarrollar las actividades de enseñanza en aulas de secundaria. **Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado**, v. 17, n. 1, p. 51-78, 2003.

GARCÍA, S.; MARTÍNEZ, C.. Enseñar a enseñar contenidos procedimentales es difícil. **Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado**, v. 17, n. 1, p. 79-99, 2003.

GAUTHIER, C. **Por uma teoria da pedagogia**. Pesquisas contemporâneas sobre o saber docente. Ijuí: Editora Unijuí, 1998.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed., São Paulo: Atlas, 2008, p. 200.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5 ed., São Paulo: Atlas, 2010, p. 184.

GONZÁLEZ, O. P. **Aplicación del enfoque de la actividad al perfeccionamiento de la educación superior**. Havana: Editora CEPES, 1989.

GUIMARÃES, G.L. **Interpretando e construindo gráficos de barras**. 2002. Tese de doutorado (Psicologia Cognitiva), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2002.

HAIR, J. F.; BABIN, B.; MONEY, A. H.; SAMUEL, P. Fundamentos métodos de pesquisa em administração. Porto Alegre: Bookman, 2005.

IMBERNÓN, F. **Formação docente e profissional**: formar-se para a mudança e a incerteza. São Paulo: Cortez, 2000. 119 p.

IMBERNÓN, F. Ensinar, aprender e se comunicar no ensino médio. In: PUENTES, R. V.; LONGAREZI, A. M.; AQUINO, O. F. (orgs). **Ensino médio**: estado atual, políticas e formação de professores. Uberlândia: EDUFU, 2012, p. 205-228.

JANVIER, C. **The interpretation of complex cartesian graphs representing situations – studies and teaching experiments**. 1978. Tese de Doutorado (D.Phil)._University of Nottingham, 1978.

JORBA, J. La comunicación y las habilidades cognitivolingüísticas. In: JORBA, J., Gómez, I. y Prats, A. (Eds.), **Hablar y escribir para aprender**. Uso de la lengua en situación de

enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares Barcelona: ICE Universitat Autònoma de Barcelona. Síntesis. 2000, p. 29-49.

KORTHAGEN, F.; LOUGHAN, J.; RUSSELL, T. Developing fundamental principles for teacher education programs and practices. **Teaching and Teacher Education**, v. 22, n. 8, p. 1020-1041, 2006.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. A construção do saber: manual de metodologias de pesquisa em ciências humanas. Porto Alegre: Artmed, 1999.

LEINHARDT, G.; ZASLAVSKY, O.; STEIN, M.K.. Functions, Graphs, and Graphing: Tasks, Learning, and Teaching. **Review of Educational Research**, v. 1, n. 60, p. 1-64, 1990.

LEITE, F. T. Metodologia Científica - **Métodos e Técnicas de Pesquisa**: monografia, dissertações, teses e Livros. Aparecida: Ed. Idéias & Letras, 2008.

LEONTIEV, A. N. O desenvolvimento do psiquismo. Lisboa: Livros Horizontes LDA, 1978.

LEONTIEV, A. N. **Actividade, conciencia, personalidad**. Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación, 1983.

LEONTIEV, A. N. Sobre la formación de las capacidades. In: ILIASOV, I. I.; LIAUDIS, V. Ya. **Antología de La Psicología Pedagógica y de las edades**. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1986, p. 44-54.

LEONTIEV, A. N. Actividad, conciencia, personalidad. Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1989.

LIMA, A. A. **O uso de modelos no ensino de química**: uma investigação acerca dos saberes construídos durante a formação inicial de professores de Química da UFRN, 2007. Tese de Doutorado (Educação), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

LIMA, A. A.; NÚÑEZ, I. B. Reflexões acerca da natureza do conhecimento químico: uma investigação na formação inicial de professores de química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Vol. 11, No 3, 2011

MCMANN, F.C.; MCMANN, C.J. Undesrtanding Data. **Social Education**, v. 51, n. 5, p. 365 – 370, 1987.

MADERA, E. J. C.; VIZOSO, T. A.; RODRÍGUEZ, G. B. Orientaciones metodológicas para las prácticas de laboratorios de física a desarrollar por estudiantes de la carrera de geología: reflexiones y propuestas. **Revista Pedagogía Universitaria**, v. 7, n. 2, p. 45-50, 2002.

MADRAZO, F. D.; CARRAZANA, A. B. C.; MIRANDA, G. L. Experiencias en el desarrollo y evaluación de habilidades profesionales pedagógicas en los estudiantes. **Revista Vasconcelos de Educación**. v. 1, n. 1, p. 44-53, 2005.

MALDANER, O. A. **A formação inicial e continuada de professores de Química**: Professores/Pesquisadores. Ijuí: Unijuí, 2000.

MALDANER, O. A.; ZANON, L. B. Pesquisa educacional e produção de conhecimento do professor de Química. In: SANTOS, W. L. P; MALDANER, O. A. **Ensino de química em foco**. Ijuí: Ed. Ijuí, 2010, p. 331-365.

MARCELO, C. A formação dos professores: novas perspectivas baseadas na investigação sobre o pensamento do professor. In: NÓVOA, A. (Coord.). **Os professores e sua formação**. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1995. p. 51 – 76.

MARCELO, C. La formación docente en la sociedad del conocimiento y la información: avances y temas pendientes. **Olhar de professor**, v. 10, n.1, p. 63-90, 2007. Disponível em: <<http://www.uepg.br/olhardeprofessor>>. Acesso em: 18 nov. 2012.

MARCELO, C. Formalidade e informalidade no processo de aprender a ensinar. In: PUENTES, R. V.; LONGAREZI, A. M.; AQUINO, O. F. (orgs). **Ensino médio**: estado atual, políticas e formação de professores. Uberlândia: EDUFU, 2012, p. 181-203.

MARKOVITS Z.; BAT-SHEVA, E.; BRUCKHEIMER M. Functions today and yesterday. **For the learning of mathematics**, v. 6, n. 2, p. 18-24, 1986.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7 ed., São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINS, G. A. Estudo de caso: uma reflexão sobre a aplicabilidade em pesquisas no Brasil. **RCO – FEARP/USP**, v. 2, n. 2, p. 8 – 18, 2008.

MARTORANO, S. A. A.; MARCONDES, M. E. R. A compreensão dos professores de química, do ensino médio, sobre representações gráficas da velocidade de uma reação química. In: 34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, **Anais** ... Florianópolis, 2011.

MELO, G. F. A formação de professores para o ensino médio: em foco as ciências exatas. In: PUENTES, R. V.; MATURANO, A. AQUINO, O. F. **Ensino médio**: estado atual, políticas e formação de professores. Uberlândia: EDUFU, 2012, p. 253-285.

MONTEIRO, C. E. F.; SELVA, A. C. V. Investigando a atividade de interpretação de gráficos entre professores do ensino fundamental. 24ª Reunião Anual da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação – ANPEd. **Anais...** Caxambu/MG, 2001.

MORENO, M. G. El desarrollo de habilidades como objetivo educativo. Una aproximación conceptual. **Revista de Educação Nueva Época**, n. 6, 1998.

MORTIMER, E. F.; VIEIRA, A.C.F.R. Letramento científico em aulas de química para o ensino médio: diálogo entre linguagem científica e linguagem cotidiana. In: DALBEN, A. I. L. de F.; et al. (org). Convergências e tensões no campo da formação e do trabalho docente. **Coleção Didática e Práticas de Ensino**. Textos Selecionados do XV ENDIPE. Belo Horizonte: Autêntica. 2010. p. 301-326.

NEVES, L. S.; NUÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L.; SILVEIRA, G. C. L; DINIZ, A. L. P. O conhecimento pedagógico do conteúdo: lei e tabela periódica. Uma reflexão para a formação

do licenciado em química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n. 2, p. 85-96, 2001.

NÚÑEZ, F.; HERNÁNDEZ, R. B.; ARANDA, R. C. Capacidades Del alumnado de educación secundaria obligatoria para la elaboración e interpretación de gráficas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 27, n. 3, p. 447-462, 2009.

NÚÑEZ, I. B. **Sistema didáctico para la enseñanza de la química geral**. Tese de doutorado em Ciências Pedagógicas, Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverria”, Ciudad Habana, 1992.

NÚÑEZ, I. B. La formación de la habilidad en la construcción e interpretación de diagramas de fases según teoría de P. Ya Galperin. **Didáctica de las ciencias experimentales y sociales**, n. 12, p. 91-107, 1998.

NÚÑEZ, I. B. **Vygotsky, Leontiev e Galperin: formação de conceitos e princípios didáticos**. Brasília: Liber Livro, 2009.

NÚÑEZ, I. B. **Aprender a ensinar habilidades cognitivo-linguísticas como ferramentas na educação em ciências**. Uma abordagem baseada na teoria de formação das ações mentais e dos conceitos de P. Ya. Galperin. Projeto do CNPq, 2012.

NÚÑEZ, I. B. **A formação de habilidades no contexto escolar: contribuições da teoria de P. Ya. Galperin**. Natal: UFRN, 2013. (mimeo)

NÚÑEZ, I.B.; OLIVEIRA, M.V.F. **P. YA. GALPERIN: a vida e a obra do criador da Teoria da Formação por Etapas das Ações Mentais e dos Conceitos**, 2012 (prelo).

NÚÑEZ, I. B.; GONZÁLEZ, O. P. Los objetivos de la química general. Definición a partir del método teórico. **Química Nova**, v. 16, n. 6, p. 671-674, 1996a.

NÚÑEZ, I. B.; GONZÁLEZ, O. P. Formación de la habilidad: explicar propiedades de las sustancias. Uma nova proposta. **Química Nova**, v. 16, n. 6, p. 675-680, 1996b.

NÚÑEZ, I. B., GONZÁLEZ, O. P. **La formación de conceptos científicos uma perspectiva desde la teoria de la actividad**. Natal: Editora da UFRN, 1997.

NÚÑEZ, I. B., GONZÁLEZ, O. P. Formação de conceitos segundo a teoria da assimilação de Galperin. **Cadernos de Pesquisa**, v. 105, p. 92-109, 1998.

NÚÑEZ I. B; RAMALHO, B. L. A noção de competência nos projetos pedagógicos do Ensino Médio: reflexões na busca de sentidos. In: NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. **Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática**: O novo ensino médio. Porto Alegre: Sulina, 2004, p. 125-144.

NÚÑEZ I. B; RAMALHO, B. L. a pesquisa como recurso da formação e da construção de uma nova identidade docente: notas para uma discussão inicial. **ECCOS**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 87-111, 2005.

NUÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. **Estudo da determinação das necessidades de**

professores: o caso do novo ensino médio no Brasil – elemento norteador do processo formativo (inicial/continuado), 2007. Disponível em <<http://www.rieoei.org/deloslectores/240beltran.pdf>> Acesso em 02/01/2013>.

NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. A formação continuada dos professores que ensinam ciências naturais: pressupostos e estratégias. In: JÓFILI, Z.; ALMEIDA, A. V. de (Orgs.). **Ensino de Biología, meio ambiente e cidadania: olhares que se cruzam**. Recife: UFRPE: Sociedade Brasileira de Ensino de Biologia/Regional, 2010, p. 207-229.

NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. As habilidades gerais: reconhecer, interpretar, tomar decisões, calcular, aplicar e explicar na prova do Enem 2009. In: RAMALHO, B. L.; NÚÑEZ, I. B. Aprendendo com o ENEM: reflexões para melhor se pensar o ensino e a aprendizagem das ciências naturais. Brasília: Editora Líber, 2011, p. 85-110.

NUÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. **Desarrollo de una Unidad Didáctica para el estudio de los procesos de oxidación – reducción en el pre-universitario**: Contribuciones de la teoría de P. Ya. Galperin. Natal: UFRN, 2013. (mimeo)

NÚÑEZ, I.B.; RAMALHO, B.L.; PEREIRA, J.E. As representações semióticas nas provas de química no vestibular da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Brasil): uma aproximação à linguagem científica no ensino das ciências naturais. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 55, n.1, p. 1-13, 2011.

NÚÑEZ, I. B. ; RAMALHO, B. L. ; SILVA, I. K. P. da ; CAMPOS, A. P. N. . A seleção dos livros didáticos: um saber necessário ao professor. O caso do ensino de ciências. **Revista Iberoamericana de Educación** (Online), p. 1-15, 2003. Disponível em: <http://www.rieoei.org/deloslectores/427Beltran.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2012.

NÚÑEZ, I. B.; SILVA, M. G. L. **Construir e interpretar gráficos no trabalho experimental**. Natal: UFRN, 2008. (mimeo)

NÚÑEZ, I. B.; UEHARA, F. M. G. A explicação científica e o conhecimento profissional na formação inicial de professores de química. In: Encontro Nacional de Pesquisas e Práticas em Educação. **Anais ... Natal/RN**, 2012.

OCDE. **Teachers matter: attracting, developing and retaining effective teachers**. Paris: OCDE, 2005.

OCDE. **PISA 2009** – Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos. OCDE – Informe español. Madrid: OCDE, 2009a.

OCDE. **Creating Effective Teaching and Learning Environments**: First Results from TALIS. Paris: OCDE, 2009b.

OLIVEIRA, M. V. F. **Pensamento teórico e formação docente**: apropriação de saberes da tradição lúdica na perspectiva da teoria formação das ações mentais por etapas de P. Ya. Galperin. 2011. Tese de doutorado (Educação), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

PADILLA, M. J.; MCKENZIE, D. L.; SHAWN E. L. Jr. An examination of the line graphing ability of students in grades seven through twelve. **School Science and Mathematics**, v. 86, n. 1, p. 20–25, 1986.

PAPERT, S. **The children's machine: rethinking the school in the age of the computer.** New York: Basic Books, 1993.

PEREIRA, J. E.; UEHARA, F. M. G.; NUÑEZ, I. B. O estudo do conceito de variáveis com estudantes de licenciatura em química. VII Encontro Nacional de Pesquisadores em Ensino de Ciências (ENPEC). **Anais...** Florianópolis/SC, 2009.

PÉREZ, A. J. M. La Enseñanza/Aprendizaje de la Física a partir de la Teoría de la Formación por Etapas de las Acciones Mentales (TFEAM). In: **Desarrollo profesional de maestros para mejorar el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas (PROYECTO MSP-SAN JUAN) 2008-2009**, Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico, 2009.

PÉREZ GÓMEZ, A. I. Reinventar la escuela, cambiar la mirada. **Cuadernos de Pedagogía**, n. 368, mayo, p. 66-71, 2007a.

PÉREZ GÓMEZ, A. I. La naturaleza de las competencias básicas y sus implicaciones pedagógicas. **Cuadernos de Educación de Cantabria**, n. 1, 2007b, p. 1-31.

PÉREZ GÓMEZ, A. I. Ensino para a compreensão. In: GIMENO, J. S.; PÉREZ, G. A. I. **Compreender e transformar o ensino**. 4. ed. Porto Alegre: ArtMed. 2007c. p.67-97.

PETROSKY, A. V. **Psicología General**. Editorial Pueblo y Educación, 1980.

POPOV, O.; TEVEL I. Developing prospective physics teachers' skills of independent experimental work using outdoors approach. **Journal of Baltic Science Education**, v. 6, n. 1, p. 47-57, 2007.

PORLÁN, R. Principios para la formación del profesorado de secundaria. **Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado**, v. 17, n. 1, p. 23-35, 2003.

PORLÁN, R.; RIVERO, A.; MARTÍN DEL POZO, R. Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: teoría, métodos e instrumentos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 15, n. 2, p. 155-171, 1997.

PORLÁN, R.; RIVERO, A.; MARTÍN DEL POZO, R. Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II: estudios empíricos y conclusiones. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 16, n. 2, p. 271-288, 1998.

POSTIGO, J.; POZO, J. I. Cuando una gráfica vale más que 1000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. **Infancia y Aprendizaje**, n. 90, p. 89 – 110, 2000.

POZO, J. I.; GÓMEZ CRESPO, M. A. **Aprender y Enseñar Ciencia**. Madrid: Ediciones Morata, S.L. 1998.

POZO, J. I.; GÓMEZ CRESPO, M. A. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico.** Trad. Naila Freitas, 5 ed., Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRO BUENO, A. La enseñanza y el aprendizaje de La física. In: ALEIXANDRE, M. P. J. (coord.); et al. **Enseñar ciencias.** Barcelona: Editora GRAÓ, 2003. p. 175-202.

PRO BUENO, A. Reflexiones para la selección de los contenidos procedimentales em ciências. **Didáctica de las ciencias experimentales**, n. 6, p. 77-87, 1995.

RAMALHO, B. L.; NÚÑEZ, I. B. A formação inicial e a definição de um “modelo profissional”. In: Encontro de Pesquisa Educacional do Nordeste, 13., 1998a, Natal. **Anais...** Natal: [s.n.], 1998, v.7, p. 53-69.

RAMALHO, B. L.; NÚÑEZ, I. B. A estrutura curricular como base da formação e profissionalização In: Encontro de Pesquisa Educacional do Nordeste, 13., 1998b, Natal. **Anais...** Natal: [s.n.], 1998, v.7, p. 71-89.

RAMALHO, B. L.; NUÑEZ, I. B. **Aprendendo com o ENEM:** reflexões para melhor se pensar o ensino e a aprendizagem das ciências naturais. Brasília: Editora Líber, 2011.

RAMALHO, B.L.; NUÑEZ, I.B.; GAUTHIER, C. Quando o desafio é mobilizar o pensamento pedagógico do professor(a): uma experiência centrada na formação continuada. In: ANPED (org), **Anais...**, 20ª Reunião Anual da Anped, Caxambú, 2000.

RAMALHO, B. L.; NUÑEZ, I. B.; GAUTHIER, C. **Formar o professor, profissionalizar o ensino.** 2 ed. Porto Alegre: Sulina, 2004.

RECIO, N. M. O.; RAMÍREZ, E. F. M. El desarrollo de habilidades investigativas en la Educación Superior: un acercamiento para su desarrollo. **Rev Hum Med**, v.9, n.1. Ciudad de Camaguey, 2009.

RECIO, N. M. O.; RAMÍREZ, E. F. M. **La formación y desarrollo de habilidades en el proceso docente-educativo.** Disponível em: <http://www.monografias.com/trabajos/15/habilidades-docentes/habilidades-docentes.shtml>. Acesso em: 17 out. 2012.

RESHETOVA, Z. A. **Realización de los principios del enfoque sistemático em las asignaturas.** La Habana: Editado por CEPES, 1988.

RESHETOVA, Z. A. **Ánalisis sistemático aplicado a la Educación Superior.** La Habana: CEPES, 1989.

REZENDE, A. L. G. **Elaboração e estudo de uma metodologia de treinamento voltada para o desenvolvimento das habilidades táticas no futebol de campo com base nos princípios da teoria de formação das ações mentais por estágios idealizada por Galperin.** 2003. Tese de Doutorado (Ciências da Saúde), Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

REZENDE, A.; VALDES, H. Galperin: implicações educacionais da teoria de formação das ações mentais por estágios. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 27, n. 97, p. 1205-1232, 2006.

RIBEIRO, R. P.; NÚÑEZ, I. B. O desenvolvimento dos procedimentos do pensamento lógico: comparação, identificação e classificação. **Revista Educação em Questão**, v. 7, n. 1, p. 40-66, 1997.

RIBEIRO, R. P. **O processo de aprendizagem de professores do ensino Fundamental: apropriação da habilidade de planejar situações de ensino de conceitos**. 2008. Tese de doutorado (Educação), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

RICHARDSON, R. J., et al. **Pesquisa social; métodos e técnicas**. 3. ed., São Paulo, Editora Atlas, 1999.

RODRÍGUEZ, H. M.; GRANADOS, S. A. M. Desempeño profesional de docentes del siglo XXI. In: Congreso Iberoamericano de Educación. **Anais...** Buenos Aires, 2009.

ROLOFF, L. M. **Gráficos e tabelas: análise do funcionamento cognitivo e representacional em atividades de matemática do livro didático**. 2005. Monografia (Licenciatura em Matemática), Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Florianópolis, 2005.

ROTH, W. M; MC GINN, M. K. Graphing: cognitive ability or practice. **Science Education**, v. 81, p. 91-106, 1997.

ROTH, W. M.; BOWEN, G. M. Complexes of graphical representations during ecology lectures, an analysis rooted in semiotics and hermeneutic fenomenology. **Learning and Instruction**, n. 9, p. 235-255, 1999.

RUIZ, J. A. **Metodología científica**: guia para eficiência nos estudos. São Paulo: Atlas, 1996.

SÁLMINA, N. G. **Las tarjetas de estudio como medio de materialización de la acción**. La Habana: Editado pelo CEPES, 1987.

SÁLMINA, N. G. **La actividad cognoscitiva de los alumnos y modo de construir la asignatura**. La Habana: CEPES, 1988.

SÁNCHEZ BLANCO, G. Diseño de unidades didácticas en el área de Ciencias Experimentales. **Enseñanza de las Ciências**, v. 11, n. 1, p. 33-45, 1993.

SANTOS, A. C. S. Complexidade e Formação de Professores de Química. I EBEC. **Anais...** Curitiba/PR, 2005.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SCHNETZLER, R. P. **O professor de ciências**: problemas e tendências de sua formação In: SCHNETZLER, R. P; ARAGÃO, R. (Org.) **Ensino de Ciências: Fundamentos e abordagens**. Campinas, R. Vieira/UNIMEP, 2000.

SCHNOTZ, W. Introduction. **Learning and introduction**, v. 3, p. 151-155, 1993.

SCHNOTZ, W.; BANNERT, M. Construction and interference in learning from multiple representations. **Learning and Instruction**, v. 13, n. 2, p. 141–156, 2003.

SELVA, A. C. V. **Gráficos de barras e materiais manipulativos:** analisando dificuldades e contribuições de diferentes representações no desenvolvimento da conceitualização matemática em crianças de seis a oito anos. 2003. Tese de doutorado (Psicologia Cognitiva), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

SEUFERT, T. Supporting coherence formation in learning from multiple representations. **Learning and Instruction**, v. 13, n. 2, p. 227 – 237, 2003.

SHULMAN, L. Those who understand: knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.

SILVA, C. S.; OLIVEIRA, L. A. A. Formação inicial de professores de Química: formação específica e pedagógica. In: NARDI, R. (org.). **Ensino de ciências e matemática I: temas sobre a formação de professores**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

SILVA, E. P. Q.; CICILLINI, G. A.. A formação de professores em acontecimentos: a produção dos saberes escolares nas ciências naturais. In: PUENTES, R. V.; MATURANO, A. AQUINO, O. F. **Ensino médio:** estado atual, políticas e formação de professores. Uberlândia: EDUFU, 2012, p. 287-305.

SILVA, M. G. L.; NUÑEZ, I. B. **Concepciones alternativas:** conceitos espontâneos e científicos. Aula 07 - Instrumentação para o Ensino de Química II. SEDIS/UFRN, 2008.

SUTTON, C. Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el linguaje. **Alambique**, n. 12, p. 8-32, 1997.

TALÍZINA, N. F. Análisis de la teoría de Galperin. **Revista Psicología e Educación**. Ano V, n. 10, La habana, p. 33-41, 1968.

TALÍZINA, N. F. **Conferencias sobre los fundamentos de la enseñanza en la Educación Superior**. La Habana. Editado por El CEPES, 1985.

TALÍZINA, N. F. Los principios de la psicología soviética y los problemas del psicodiagnóstico de la actividad cognoscitiva. In: **Antología de La Psicología Pedagógica y de las edades**. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1986, p. 327-333.

TALÍZINA, N. F. **Métodos para La creación de programas de enseñanza**. Camaguey. Editora da Universidad de Camaguey, 1987.

TALÍZINA, N. F. **Psicología de La enseñanza**. Moscou: Editorial Progreso, 1988.

TALIZINA, N. F. **Manual de psicología educativa**. México: Facultad de Psicología: Universidad Autónoma de San Luís Potosí, 2000.

TALIZINA, N. F. **La formación de habilidades de pensamiento matemático**. México: Facultad de Psicología: Universidad Autónoma de San Luís Potosí, 2001.

TALÍZINA, N. F. **La teoría de la actividad aplicada a la enseñanza.** Tradução: ROJAS, L.Q; SOLOVIEVA, Y.V. México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla , 2009.

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

UNESCO. **Educação de qualidade para todos:** um assunto de direitos humanos. 2. Ed., Brasília: UNESCO, OREALC, 2008.

VALENTE, S. M. P. Competências e habilidades: pilares do paradigma avaliativo emergente. In: ALVARENGA, G. M.; SOUZA, N. A. (Org.). **Revista Avaliação.** Londrina: Núcleo de estudos e pesquisas em avaliação educacional, v.1, p. 153-176, 2003.

VELÁZQUEZ, F. F. F.; GARCÍA, I. C. **El invariante de habilidad profesional.** Disponível em: <http://www.monografias.com/trabajos25/habilidad-profesional/habilidad-profesional.shtml?monosearch>. Acesso em: 03 nov. 2012.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente.** São Paulo: Martins Fontes, 1984.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 1989.

WAINER, H. Understanding graphs and tables. **Educational Researsher**, n. 21, p. 14-23, 1992.

YIN, R. K. **Estudo de Caso, planejamento e métodos.** 2.ed. São Paulo: Bookman, 2001.

ZEICHNER, K.M. Uma agenda de pesquisa para a formação docente. Formação Docente. **Revista Brasileira de Pesquisa sobre Formação Docente.** v. 01, n. 01, 2009, p. 13-40.

APÊNDICES

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO 1

AVALIAÇÃO DO MOMENTO DE DIAGNÓSTICO INICIAL

Data: _____/_____/2012

Nome:

Idade: ____ anos

Sexo: () masculino () feminino

Com base no processo de resolução da tarefa do momento de diagnóstico inicial responda as questões a seguir:

- a) Que dificuldades sentiu para interpretação global do gráfico (determinar o máximo de informações do gráfico)?

 - b) A que atribui essas dificuldades para a interpretação global do gráfico?

APÊNDICE B

QUESTIONÁRIO 2

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE FORMAÇÃO DA HABILIDADE DE INTERPRETAR GRÁFICOS CARTESIANOS

Data: ____ / ____ / 2012.

Nome:

Tomando por base todo o caminho metodológico utilizado para a formação da habilidade de interpretar gráficos cartesianos de uma forma global, através da Teoria da Assimilação de Galperin, faça suas colocações, enquanto futuro professor, quanto aos seguintes questionamentos:

1. Dê sua opinião quanto ao que favoreceu e ao que dificultou o processo de formação em cada uma das etapas desenvolvidas:
 - a) Etapa de elaboração da Base Orientadora da Ação: momento em que discutimos, elaboramos e organizamos as operações necessárias para interpretar um gráfico cartesiano de forma global.
 - b) Etapa Materializada: etapa em que a resolução das tarefas foram realizadas em dupla e com a utilização da orientação escrita (base orientadora da ação).
 - c) Etapa da Linguagem Externa: momento em que as tarefas foram realizadas em dupla, sem a orientação escrita e com a sequência de operações sendo falada em voz alta.
 - d) Etapa do Plano Mental: etapa em que você resolveu a tarefa sem o auxílio da base orientadora da ação, sozinho e sem o uso da linguagem externa.
 - e) Controle Final do processo: momento em que você resolveu as tarefas, inclusive de outro contexto que não a Química, sem nenhum auxílio.
2. Em sua opinião quais as vantagens de se aprender dessa forma? E quais de se ensinar dessa forma?
3. Quais as maiores dificuldades para se formar uma habilidade através dessa metodologia?

APÊNDICE C

TABELA DE GRANDEZAS ENVOLVIDAS NOS GRÁFICOS CARTESIANOS IDENTIFICADOS NOS LIVROS DO PNLD 2012 DE QUÍMICA

Ordem	Grandezas envolvidas (conteúdo)	Coleções / Volumes													Total			
		LD1			LD2			LD3			LD4			LD5				
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	temperatura x tempo	3			1	10	4		7	7	1	31	4		37	1	106	
2	pressão x temperatura	3	36			16		1	12		2	13		1	13		97	
3	concentração x tempo	1	18	1	1	11			9	1		11				23	12	88
4	energia x caminho da reação		20			17			7			11				23	2	80
5	solubilidade x temperatura			7			2	4				1		2	10		26	
6	pressão x volume	3				9					4			1			17	
7	volume x tempo		8			1						1		1	4		15	
8	massa x tempo			4			1						6	2		13		
9	pH x tempo					1			10								11	
10	velocidade x temperatura	4													6		10	
11	energia x ordem de ionização	1					3			5							9	
12	volume x pressão					2				1			5				8	
13	equilíbrio x temperatura		2												5		7	
14	absorção x compr. de onda									6							6	
15	energia x n° atômico	3						1		2							6	
16	intensidade de cor x massa														6		6	
17	temperatura x massa			1				2						3			6	
18	alimento x energia		5														5	
19	concentração x temperatura		1						4								5	
20	energia x distância							2	1		1					1	5	
21	massa x volume	1						1			1			2			5	
22	petróleo x nações											5					5	
23	ponto de ebulição x massa	2			1	2											5	
24	tempo x temperatura		5														5	
25	volume x temperatura					1					3			1			5	
26	CO produzido x ar/combustível								4								4	
27	emissão x taxa de reciclagem								4								4	
28	energia x tempo										2			2			4	
29	espécies x pH de sobrevida		1						1	1	1						4	
30	pH x ambientes		1						1	1	1						4	
31	camarões x concentração de Cu					1			1						1		3	
32	carbono 14 x tempo		1				1								1		3	
33	consumo de energia x tempo										2		1				3	
34	exposição x concentração de Cu					1			1						1		3	
35	nº partículas x energia					2									1		3	
36	nº partículas x velocidade								3								3	
37	raio atômico x n° atômico	1						1			1						3	
38	variação de rapidez x tempo											3					3	
39	abundância relativa x altitude				1						1						2	
40	abundância relativa x massa												2				2	
41	afinid. eletrônica x n° atômico	2															2	
42	altitude x pressão	1										1					2	
43	ano x camada de ozônio								2								2	
44	coliformes totais x tempo								1	1							2	
45	composição x tempo							1							1		2	

Ordem	Grandezas envolvidas (conteúdo)	Coleções / Volumes															Total	
		LD1			LD2			LD3			LD4			LD5				
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
46	consumo CFC x ano							2									2	
47	corrente elétrica x tempo					2											2	
48	desenvolv. da reação x tempo				2												2	
49	elementos x entalpia	2															2	
50	emissão CO ₂ x nações		1												1	2		
51	massa x elementos						2										2	
52	massa x massa							1						1			2	
53	massa x nº atômico													1	1		2	
54	massa x temperatura							1							1		2	
55	matéria x tempo														2		2	
56	nº mols x tempo	2															2	
57	nº nêutrons x nº prótons												1	1			2	
59	oxigênio x distância				1				1								2	
58	oxigênio x pressão							1						1			2	
60	pressão x pressão	1			1												2	
61	pressão x tempo					1						1					2	
63	rapidez x concentração														2		2	
62	rapidez x tempo														2		2	
64	temperatura x átomos												1		1		2	
65	ácidos graxos x tempo		1														1	
66	água x consumo				1												1	
67	altitude x cidade	1															1	
68	alumínio x tempo								1								1	
69	ativid. enzimática x temperatura		1														1	
70	ativid. física x cons. de energia	1															1	
71	bactérias x distância									1							1	
72	Césio 137 x tempo						1										1	
73	chumbo na gasolina x tempo						1										1	
74	concentração x altitude									1							1	
75	concentração x distância								1								1	
76	consumo x produção						1										1	
77	densidade x tempo														1	1		
78	eletronegatividade x nº atômico							1									1	
79	emissão CO ₂ x materiais														1	1		
80	energia de ativação x reação							1									1	
81	energia de ligação x nº de massa							1									1	
82	energia não renovável x fonte							1									1	
83	energia renovável x fonte							1									1	
84	energia x rotação									1							1	
85	faturamento x tempo												1				1	
86	glicose x tempo														1	1		
87	hidrogênio x tempo											1					1	
88	importações x nações						1										1	
89	intensidade x comprim. de onda												1				1	
90	ionização x nº atômico	1															1	
91	massa atômica x nº atômico				1												1	
92	massa x concentração														1		1	
93	massa x fontes energéticas												1				1	
94	massa x velocidade								1								1	
95	matéria x distância								1								1	
96	matéria x volume														1		1	

Ordem	Grandezas envolvidas (conteúdo)	Coleções / Volumes															Total	
		LD1			LD2			LD3			LD4			LD5				
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
97	moléculas x energia															1	1	
98	nº atômico x valência	1															1	
99	nº átomos x tempo															1	1	
100	nº átomos x velocidade								1								1	
101	nº mols de átomos x mols do sal							1									1	
102	nº mols x pressão		1														1	
103	nº peixes x tempo											1					1	
104	energia x fonte de energia						1										1	
105	pH x solução													1			1	
106	pH x volume											1					1	
107	ponto de ebulição x período	1															1	
109	produção de petróleo x tempo															1	1	
108	produção x nação				1												1	
110	produto de fissão x nº de massa						1										1	
112	radiação x meia-vida		1														1	
111	radiação x tempo														1		1	
113	reatores nucleares x país						1										1	
114	reserva de petróleo x tempo															1	1	
115	solubilidade x tempo										1						1	
116	temperatura x umidade relativa						1										1	
117	temperatura x volume						1										1	
118	transição x compr. de onda				1												1	
119	turbidez x ano									1							1	
120	urânio x tempo														1		1	
121	velocidade x concentração		1														1	
122	velocidade x substrato									1							1	
123	velocidade x tempo															1	1	
124	vitamina C x tempo											1					1	
125	volume x nº de mols	1															1	
Total por volume		29	120	6	17	77	15	30	59	32	53	62	10	61	114	25	710	
Total por coleção		155			109			121			125			200				

Fonte: Análise dos livros didáticos de Química do PNLD 2012 - Elaborada pelo pesquisador

APÊNDICE D

PROPOSTA DE RESPOSTA (CHAVE DE RESPOSTA) PARA A TAREFA IA-GS DO GRAU DE SOLIDEZ

As informações necessárias para subsidiar os argumentos da palestra, como solicitadas na Tarefa IA – GS, deve estar pautada no comportamento de cada variável e na relação existente entre elas. Para tanto, nesta chave de resposta, será analisada individualmente cada variável e dentro dessa análise feitas considerações sobre as demais. Deve-se tomar cuidado ao interpretar o gráfico porque os intervalos de tempo, apesar de estarem desenhados com o mesmos espaçamento entre eles, não correspondem a mesmos intervalos quantitativos de anos, variando desde 100 anos até 100 milhões de anos. Não se trata de um gráfico cartesiano “comum” e sim de um pictograma (gráfico que trás ilustrações para melhor entendimento do fenômeno representado), pois as figuras do planeta terra acima de três momentos de tempo auxiliam a visualizar o que aconteceria com o mundo como consequência das alterações dessas variáveis, nessas condições.

- BIODIVERSIDADE: Segundo o gráfico a biodiversidade fica praticamente constante do período cretáceo até a época pré-industrial. A partir desse momento, com a redução excessiva da biomassa e o aumento do dióxido de carbono na atmosfera, a biodiversidade vai caindo vertiginosamente. Quando observada em relação ao “hoje” percebe-se que a queda será muito mais acentuada nos próximos 100 anos do que o ocorrido nos últimos 100 anos.
- CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂): essa concentração vem subindo rapidamente e atingirá em 10 mil anos níveis que demoraram mais de 100 milhões de anos para reduzir. Esse aumento começou à época pré-industrial, quando o homem começa a produzir mais bens de consumo e a queimar combustíveis, principalmente fósseis. Observa-se que desde então o aumento do dióxido de carbono resulta na redução da biodiversidade e da biomassa (até os dias atuais) e o aumento do nível dos oceanos. Essas alterações podem induzir às seguintes conclusões: o aumento do CO₂ na atmosfera causa o efeito estufa que consequentemente aumenta a temperatura do planeta e, sendo assim, as calotas polares derretem e o nível dos oceanos sobem, causando a redução territorial dos países e mudando ecossistemas, o que pode gerar redução da biodiversidade.
- NÍVEL DO OCEANO: o nível do oceano baixou muito do período cretáceo à época pré-industrial e desde então vem subindo em um ritmo mais lento até daqui a 100anos. Ocorre que se comparado os próximos 100 anos com os últimos 100 anos, o que vemos é quase a

duplicação desse aumento. E dos próximos 100 anos para daqui a 10 mil anos o aumento é quase que inversamente proporcional, ao que se reduziu num período de 100 milhões de anos. Esse efeito, segundo os mapas dos continentes no topo do gráfico, faria com que a América do Sul quase que se separasse da América Central, cobrindo parte da área territorial de países, entre outros, como Argentina, Paraguai, Uruguai e Colômbia. O Brasil também perderia uma boa parte de seu território. Já na Europa esse impacto se daria sobre a Rússia, países escandinavos, Itália, entre outros. Tudo isso, provavelmente, por conta do degelo das calotas polares.

BIOMASSA: como as demais variáveis analisadas, a biomassa também sofrerá grandes alterações. O que se pode ver é que ela vem diminuindo nos últimos 100 milhões de anos e que, como as demais variáveis, tende a crescer proporcionalmente em quantidade de massa, nos próximos 100 anos o que reduziu nos últimos 100 anos. Se comparados o primeiro intervalo e o último, observa-se que o aumento é mais abrupto nos próximos 10 mil anos. Verifica-se que o aumento da biomassa está ocorrendo ao mesmo tempo em que se diminui a biodiversidade o que se pode mensurar como um processo de causa-efeito entre a redução da vida e o surgimento da matéria prima para a geração de biomassa fóssil.

Nesse contexto não se pode deixar de considerar as alterações sofridas pela temperatura global que aumenta 5 °C nos próximos 100 anos e mais 10 °C nos próximos 10 mil anos. Esse aumento de temperatura, gerado pelo efeito estufa, será um dos responsáveis pelo derretimento das geleiras nos polos e a elevação do nível do mar. O planeta daqui a 10 mil anos voltará à temperaturas do período cretáceo e é certo que, nessas condições, se não houver uma adaptação rápida na evolução da raça humana, esta será extinta.

Como o tema da palestra sugere, das quatro variáveis interpretadas, três (dióxido de carbono, biomassa e nível do oceano) voltarão à índices do período cretáceo. Uma característica comum a essas três variáveis é que a inversão que ocorrerá nos próximos 10 mil anos correspondem a alterações que demoraram 100 milhões de anos para acontecer, ou seja, são mudanças muito rápidas e provavelmente relacionadas com o modo de vida do homem, uma vez que percebe-se no gráfico que esse aumento iniciou com a industrialização.

ANEXOS

ANEXO I**BASE ORIENTADORA DA AÇÃO ELABORADA POR MEIO DO MÉTODO
TEÓRICO DE TALÍZINA****BASE ORIENTADORA DA AÇÃO: INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS CARTESIANOS**

1. Observar se existe um plano cartesiano;
2. Identificar as variáveis envolvidas (grandezas) e se existe uma legenda;
3. Identificar as unidades de medidas das variáveis;
4. Descrever a escala dos eixos: passo e degrau¹;
5. Determinar o tipo das variáveis: discreta ou contínua;
6. Identificar valores das variáveis;
7. Localizar pontos do gráfico: abscissa e ordenada;
8. Identificar a variável independente e a dependente;
9. Descrever a(s) tendência(s) da curva do gráfico: crescente, decrescente etc.;
10. Verificar a(s) relação(ões) existente(s) entre as variáveis:
 - e) Tipo de relação: proporcional, exponencial, logarítmica etc.;
 - f) Fórmula da relação, se possível.
11. Identificar características atípicas: máximo, mínimo, amplitude, ruptura etc.;
12. Identificar interpolações, se possível;
13. Prever extração, se possível; e
14. Dar um título ao gráfico que represente o fenômeno, quando necessário.

ANEXO II

TRANSCRIÇÃO DA NEGOCIAÇÃO ENTRE OS LICENCIANDOS E O PESQUISADOR PARA ELABORAÇÃO DA BASE ORIENTADORA DA AÇÃO

(PQ) – Agora vocês irão construir junto comigo a sequência de operações e procurar uma orientação que revele de forma consciente o sistema de operações invariante que possibilite interpretar gráficos cartesianos como parte da solução de situações-problema. Vocês vão falar as operações que acharem necessárias para interpretar um gráfico. Vamos utilizar como referência o gráfico que vocês interpretaram no Diagnóstico Inicial e as operações que vocês executaram. Algumas operações ninguém realizou na interpretação da tarefa e nós vamos buscar através do diálogo o que estrutura esse sistema de operações. Está certo?

(Vários) – Certo!

(PQ) – Vou orientar o processo desde o início. Iremos organizar uma orientação de forma coletiva e que vocês utilizarão para as tarefas seguintes. Peço para que anotem no caderno todo o processo que iremos fazer. Vão organizando de modo que entendam os elementos que compõem os gráficos e as operações que demandam esses elementos.

O pesquisador projeta no quadro o gráfico da Figura 25, utilizado na tarefa do Diagnóstico Inicial do Grau de Desenvolvimento da Habilidade.

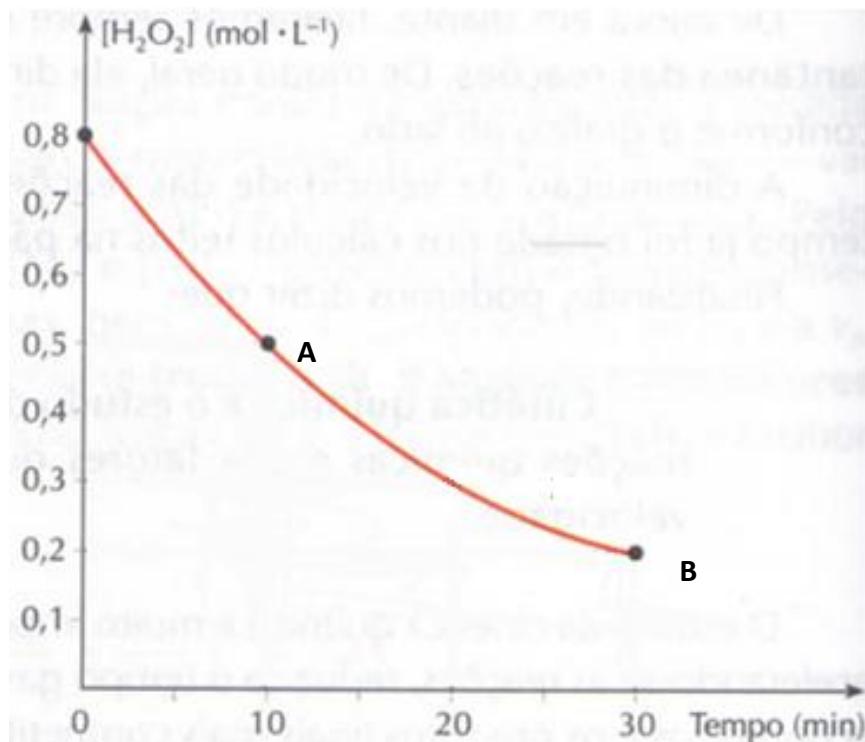


Figura 25 – Gráfico utilizado no Diagnóstico Inicial do Grau de Desenvolvimento da Habilidade

(PQ) – Como procurar uma metodologia que possibilite interpretar qualquer gráfico cartesiano que representa processos e fenômenos químicos? É importante se ter um procedimento geral para sair da forma fragmentada que se ensina?

(PQ) – Agora, a partir do que conhecem sobre gráficos cartesianos e das informações anotadas no quadro sobre a tarefa que resolveram, vocês irão me falando o que acreditam ser essencial na interpretação de qualquer gráfico. Na Química ... O que tem em qualquer gráfico de Química?

(L3) – A curva ... a forma do gráfico.

(L6) – O gráfico.

(L3) – Essa linha cheia.

(PQ) – Tudo bem, essa linha cheia! Mas essa linha vem de onde? Ela vem de algum lugar...

(L6) – Da relação da ordenada com a abscissa. É a função, não é?

(PQ) – Não vamos entrar no âmbito das funções, porque nem todas as relações são funções. Mas, todas tem algum tipo de ...

(L4) – Relação.

(PQ) – ... relação. Não é isso?

(PQ) – Então, uma coisa que tem em todo gráfico é uma relação entre variáveis. Certo?

(PQ) – O que mais tem em todo gráfico cartesiano?

(L4) – Os pontos que você vai trabalhar, né!

(PQ) – Os pontos?

(L4) – Isso! A relação da abscissa e da ordenada.

(PQ) – Os pontos ... Seriam os pares ordenados?

(L4) – É!

(PQ) – Então ... a abscissa e a ordenada localizando o ponto (escreve no quadro). O que mais?

(PQ) – E aí pessoal? Esse gráfico só tem isso!

(PQ) – O que caracteriza um gráfico cartesiano? O que é um gráfico cartesiano? Vem de onde?

(PQ) – Historicamente, apesar de haver algumas controvérsias, vem da ideia de Descartes. É um plano definido por dois eixos perpendiculares onde se relacionam duas variáveis.

(PQ) – Então, obrigatoriamente, em todo gráfico cartesiano tem que haver um plano cartesiano. Seria isso?

(PQ) – São os eixos das coordenadas. É o eixo das abscissas e o eixo das ordenadas. Então, existe um plano. Concordam?

(L1) – Tem que ter um plano.

(L6) – É!

(PQ) – E o que tem nesse plano?

(L3) – As unidades!

(PQ) – Tem unidades. Ok! E tem o que mais?

(L5) – Os valores!

(PQ) – Seriam as escalas com que os valores variam?

(L6) – São!

(L2) – Isso!

(PQ) – Elas precisam ser iguais?

(L6) – Não!

(PQ) – Não! Mas, elas existem em qualquer gráfico cartesiano? Ou não?

(L3) – Existem!

(PQ) – Mesmo naqueles gráficos cartesianos que elas não aparecem explicitamente o fenômeno prevê uma escala.

(PQ) – Então, tem uma determinada escala. Certo? E tem mais o que?

(L4) – A relação ... o comportamento do gráfico ... é uma característica? Se ele cresce ou decresce?

(PQ) – É uma característica. Mas, esse comportamento é diferente da relação entre as variáveis. Podemos dizer que a relação gera esse comportamento, essa tendência do gráfico. Ele pode tender a ser crescente, decrescente, ou ainda, tem gráfico que pode ter mais de uma característica dessas. Tem parte que é crescente, tem parte constante e parte decrescente. Certo?

(Vários) – Certo!

(PQ) – Vamos colocar aqui na B.O.A. que todo o gráfico tem uma, ou mais, tendências (anota no quadro). Vocês estão anotando no caderno? E o que mais?

(PQ) – Vocês podem ir falando aleatoriamente o que faz parte de um gráfico cartesiano. Depois a gente organiza em uma ordem de operações.

(L3) – E aqueles pontos de máximo e mínimo?

(PQ) – Isso! Então vamos colocar aqui ... máximo, mínimo, ... Mas, colocar só máximo e mínimo restringe um pouco, não acham?

(PQ) – Observem este gráfico.

O professor desenha no quadro o gráfico da Figura 26:

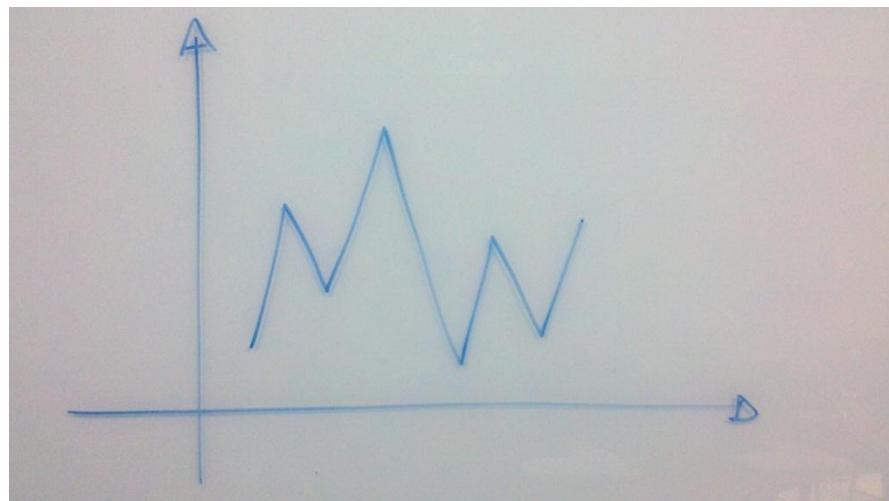


Figura 26 – Exemplo 1 de gráfico cartesiano durante elaboração da B.O.A.

(PQ) Existem gráficos com essa aparência?

(L9) – Tem sim!

(L1) – Existem!

(PQ) – Então, em uma situação como essa nós não temos somente máximo e mínimo.

Não é?

(PQ) – Tem outras características importantes. Como poderíamos chamar?

(L3) – Se for fazer uma relação com a Física, é as cristas e os vales, né? A crista é considerado o ponto máximo da onda e o vale é considerado o ponto mínimo.

(PQ) – Isso seria máximo e mínimo ainda. O que podemos acrescentar?

(PQ) – Vocês podem citar exemplos pra gente analisar também.

(L3) – Nesse gráfico, qual seriam os pontos mais máximo e mais mínimo? Nesse caso seria esse ponto aí (aponta para o ponto de maior ordenada), o máximo e aquele ali (aponta para o ponto de menor ordenada) o mínimo.

(L9) – E a amplitude, é importante?

(PQ) – A amplitude também é uma característica importante.

(PQ) – Vocês têm que lembrar o seguinte, aqui nós não estamos trabalhando com um gráfico específico. A gente está querendo ter uma visão global de qualquer gráfico cartesiano.

(PQ) – Tem gráfico que a amplitude é interessante? Sim, tem!

(PQ) – Tem gráfico em que ela é irrelevante? Também, sim!

(PQ) – Mas, ela pode aparecer em um gráfico cartesiano? Pode!

(PQ) – Então, nós temos que pegar aquelas estruturas que são mais abrangentes, mesmo que em determinada análise de um gráfico ela não seja a mais importante.

(PQ) – A amplitude é específica?

(L4) – Não!

(PQ) – A nossa ideia não é trabalhar ... A amplitude é uma característica específica da Química. Não! Tem amplitude em gráficos de matemáticos, gráficos físicos, ...

(PQ) – Logo, a amplitude entra em nossa análise.

(PQ) – E então, o que mais tem em um gráfico cartesiano?

(L4) – A gente pode observar se o gráfico é constante, se é crescente, se tem variações.

(PFD) – Então quer dizer que em um ponto ele é crescente, em outro ele é decrescente, né! É isso?

(L1) – Talvez a gente tenha que ver a relação do gráfico.

(PQ) – É! Esse é um ponto. Mas, necessariamente não é a relação, podem ser relações.

(PQ) – Tem gráfico que tem mais de uma relação, por exemplo, tem gráfico que faz isso... (desenha no quadro o gráfico da Figura 27)

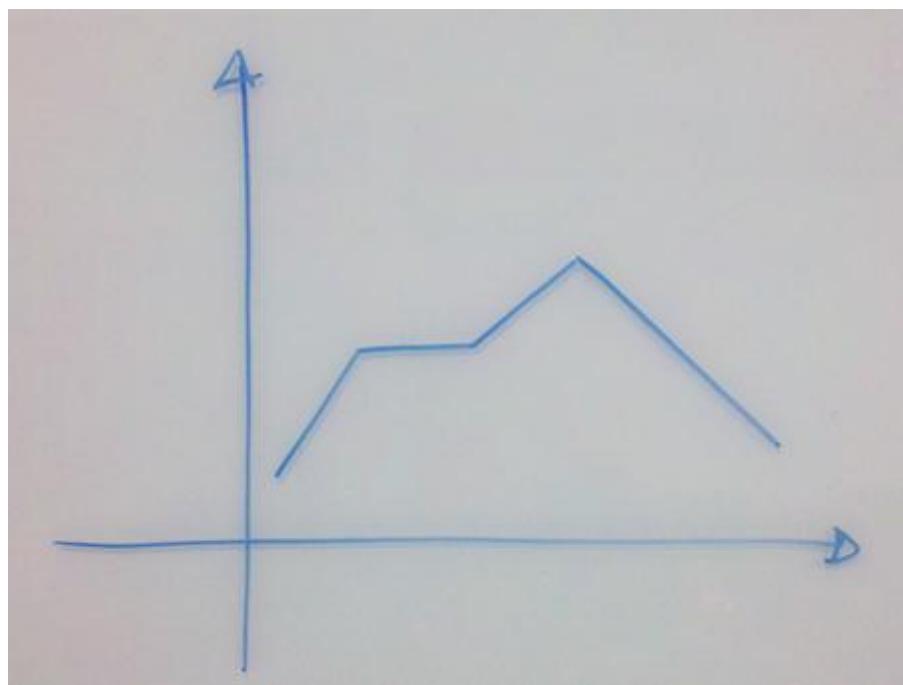


Figura 27 – Exemplo 2 de gráfico cartesiano durante elaboração da B.O.A.

(PFD) – É isso que eu queria falar!

(L4) – É isso!

(PQ) – Pronto! É um gráfico que você não define com uma única relação. Você tem uma relação nesse trecho (aponta para o intervalo crescente) e outra nesse (aponta para o intervalo constante).

(PQ) – Então, aqui no quadro poderíamos colocar assim ... ao invés de relação, vou colocar “relação(ões)”. Certo?

(L6) – Pode ser.

(L5) – É!

(PQ) – Porque pode ser que tenha mais de uma relação e isso tem que ser observado.

(PQ) – Agora tem mais uma coisa que entra nesse ponto. Você tem que ver a ... O que?

(L6) – A equação?

(PQ) – Vamos dizer a fórmula, pra generalizar.

(L4) – Tem que ver se é uma função exponencial, por exemplo.

(PQ) – É nesse ponto que eu queria chegar. Tem gráfico que você define essa fórmula mais facilmente, em outros nem tanto, são mais difíceis. Não é isso?

(PQ) – Mas, se existir uma fórmula você tem que saber determinar e saber diferenciar essa relação. Por exemplo, esse tipo de relação aqui ...

O professor desenha no quadro o gráfico representado na Figura 28:

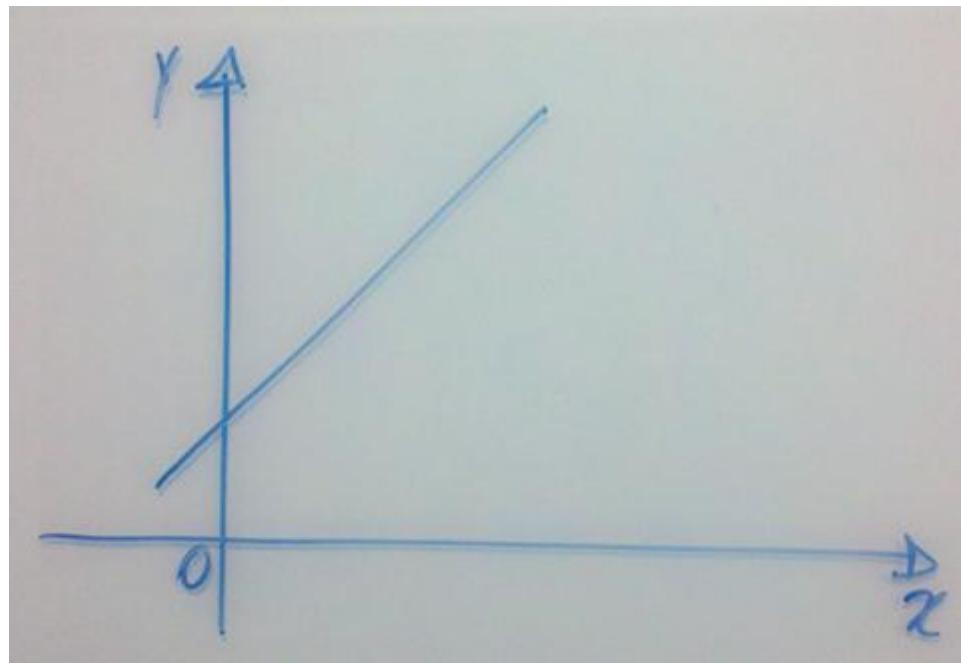


Figura 28 – Exemplo 3 de gráfico cartesiano durante elaboração da B.O.A.

(L1) – É linear!

(PQ) – Isso! É linear. Que é uma relação proporcional.

(L4) – Crescente!

(PQ) – Crescente também, mas é uma relação ... proporcional.

(PQ) – Se você fala proporcional fica subtendido que ela pode ser crescente ou decrescente. Quem vai ajudar nesse ponto é a visualização de que?

(L4) – Da tendência?

(PQ) – Isso! Pela tendência você visualiza se é crescente ou decrescente. É lógico que essa tendência também ocorre em função de como as variáveis se relacionam, mas vamos separar na interpretação.

(PQ) – Então, aqui você vai ver o tipo de relação. Se é proporcional ...

(L4) – Logarítmica.

(L3) – Exponencial.

(PQ) – E assim por diante.

(PQ) – Ou seja, é um ponto importante a ser analisado durante a interpretação de qualquer gráfico cartesiano?

(Vários) – É!

(PQ) – Depois que nós organizarmos essa orientação vou pedir que vocês anotem. Vão utilizar isso nas outras etapas.

(PQ) – Vamos lá pessoal, não se esqueçam de anotar tudo!

(PQ) – Então, até agora vimos que tem que ter variáveis, unidades, ... , e tudo mais que está no quadro. Vamos organizar esses pontos!

(PQ) – Primeira coisa a identificar são as ...

(L2) – Variáveis!

(PQ) – Ok, variáveis! Pode ser pessoal?

(Vários) – Sim!

(PQ) – Desses variáveis vocês veriam o que?

(L2) – A unidade.

(PQ) – Isso! Além das unidades dessas variáveis, vocês veriam quais são os ... valores ... Seria isso?

(PQ) – Vamos lá pessoal! Caso vocês não concordem com algo podem se manifestar e sugerir.

(PQ) – A partir das variáveis vocês veem diversas características. Vê a unidades, os valores ...

(PQ) – E essas variáveis, na verdade, representam o que?

(PQ) – Falamos sobre isso no começo ... são as grandezas que estão envolvidas.

(PQ) – Nesse exemplo (aponta para a projeção), quais as grandezas envolvidas?

(L5) – Concentração.

(L3) – Tempo.

(PQ) – Então, essas variáveis, são as grandezas envolvidas no fenômeno.

(PQ) – Um detalhe também importante de se identificar nessas grandezas. É o que?

(PQ) – Existe entre elas uma ...

(L6) – Relação!

(PQ) – Ótimo! Uma relação.

(PQ) – Mas como é essa relação dentro de um gráfico cartesiano? Para qualquer gráfico cartesiano.

(L6) – Tem a dependência entre as grandezas.

(PQ) – Pronto! Uma coisa primordial em um gráfico cartesiano é você saber quem é a variável independente e quem é a variável dependente. Concordam?

(Vários) – Sim!

(PQ) – Por exemplo, em um gráfico de um fenômeno experimental é essencial saber “o que” afeta “em que”. Você alterando o “o que” ocorre uma determinada alteração, ou não, em “em que”.

(PQ) – O que mais temos na interpretação de um gráfico cartesiano?

(PQ) – Vamos observar o gráfico projetado (utilizado no diagnóstico inicial).

(PQ) – Por exemplo, como se chama a situação A gente viu o seguinte (apontando para o gráfico), o ponto B tem tempo 30 e concentração 0,2 e o A tem tempo 10 e concentração 0,5. Certo?

(Vários) – Isso! Certo!

(PQ) – Como se chama se eu precisar saber a concentração no tempo 20 minutos?
Tem um nome para isso.

(L1) – Média?

(PQ) – Não somente a média. Isso seria se buscássemos exatamente o ponto central, como é o caso do que pedi. Mas, vamos mudar.

(PQ) – Se for o tempo 15 minutos? Se for o 12 ou 23 ou 27?

(PQ) – Quando você deseja um valor que não está representado diretamente no gráfico. Mas, que você pode, em alguns gráficos, tirar essa informação.

(PQ) – Vamos lembrar o nome dessa característica.

(L4) – Não lembro! O nome, é ...

(PQ) – A ideia é ajudar. Se vocês concordarem nós colocamos. Certo?

(PQ) – Isso é chamado de interpolação de dados.

(L4) – É isso! Não lembrava o nome.

(PQ) – O que é interpolar dados?

(PQ) – É você pegar dados que não estão representados explicitamente, mas que existem entre dois valores dados.

(PQ) – É importante ao interpretar um gráfico se verificar se é possível interpolar seus dados?

(L4) – Bem! Tem extração e interpolação.

(PQ) – Isso! Mas, esse primeiro vamos falar logo mais. Naquele gráfico (aponta para a projeção do gráfico do diagnóstico inicial) existia a possibilidade de extração.

(PQ) – Então, vamos colocar aqui (no quadro) ... identificar as extrações, se existirem.

(PQ) – Necessariamente não existe sempre.

(PQ) E a outra, seria identificar ... não é identificar ... mas, ... seria prever. A extração você identifica e a extração você prevê.

(PQ) – Por exemplo, naquela atividade (apontando para a projeção) alguns alunos entenderam, que aqui (apontando para o ponto B) seria o final do fenômeno. Aqui seria o final da representação do gráfico, mas o fenômeno não acaba aqui. Essa decomposição pode continuar. Ou não?

(L2) – Até chegar em zero!

(L6) – Pode!

(PQ) – Até a água oxigenada ...

(L4) – Terminar!

(PQ) – se transformar totalmente em água e ...

(L6) – Oxigênio!

(PQ) – Pode ou não?

(L5) – Pode!

(PQ) – Então, isso é prever o que?

(L3) – Uma extração!

(PQ) – Tem que tomar cuidado porque a extração não é precisa. A gente sabe que depois desse ponto; como não temos dados ... experimentais, concretos, que o fenômeno pode mudar de tendência dali para frente.

(L4) – Pode ficar constante ou tender a zero.

(PQ) – Pode! Por isso, estou falando que é uma possibilidade, a extrapolação. Não é exata.

(PQ) – A interpolação é mais precisa. Agora vocês têm que estar consciente que, também, nem todo gráfico permite interpolar.

(PQ) – Aí, vem um detalhe que pouca gente respondeu. Que é em relação a uma característica das variáveis.

(PQ) – Que é se elas são ... (escreve no quadro: “discretas ou contínuas”).

(PQ) – Não vamos nos apegar a detalhes do conceito, vamos falar um pouco sobre cada uma delas. Mas, é importante saber se aquela variável envolvida é discreta ou contínua? Qual a diferença principal entre uma variável discreta e uma variável contínua?

(PQ) – Basicamente! As variáveis discretas estão mais relacionadas com contagem.

(PQ) – Por exemplo, número de filhos. Você tem 1, tem 2, tem 3, tem 4 e tem 5 filhos. Isso é uma variável discreta. Você não tem 1,3 filhos, não tem 4,5 filhos. Entenderam?

(PQ) – Estas variáveis estão relacionadas. Principalmente, aos números inteiros. Elas representam uma quantidade finita ou determinável de valores. Não sei se ficou claro?

(PQ) – Já as variáveis contínuas, você tem inúmeras possibilidades entre um valor e outro. Por exemplo, olhem aqui (apontando para o eixo das ordenadas do gráfico projetado)! Entre as concentrações 0,2 e 0,3, quantas possibilidades eu tenho?

(L3) – Muitas!

(PQ) – Essa é uma variável contínua. Você consegue fazer várias interpolações?

(PQ) – O tempo. Quantas frações de tempo eu consigo ter nesse intervalo (aponta para o gráfico)?

(L4) – Inúmeras!

(PQ) – Então nós temos aqui um gráfico com duas variáveis contínuas.

(PQ) – Isso influencia na interpolação do gráfico, ou não?

(L1) – Influencia!

(L6) – Lógico!

(PQ) – Se você não souber diferenciar um do outro ... vou dar um exemplo ...

(PQ) – A ideia é vocês irem falando para construirmos a orientação em conjunto. Vamos lá!

(PQ) – Por exemplo, em gráficos assim ... (desenha no quadro o gráfico representado na Figura 29).

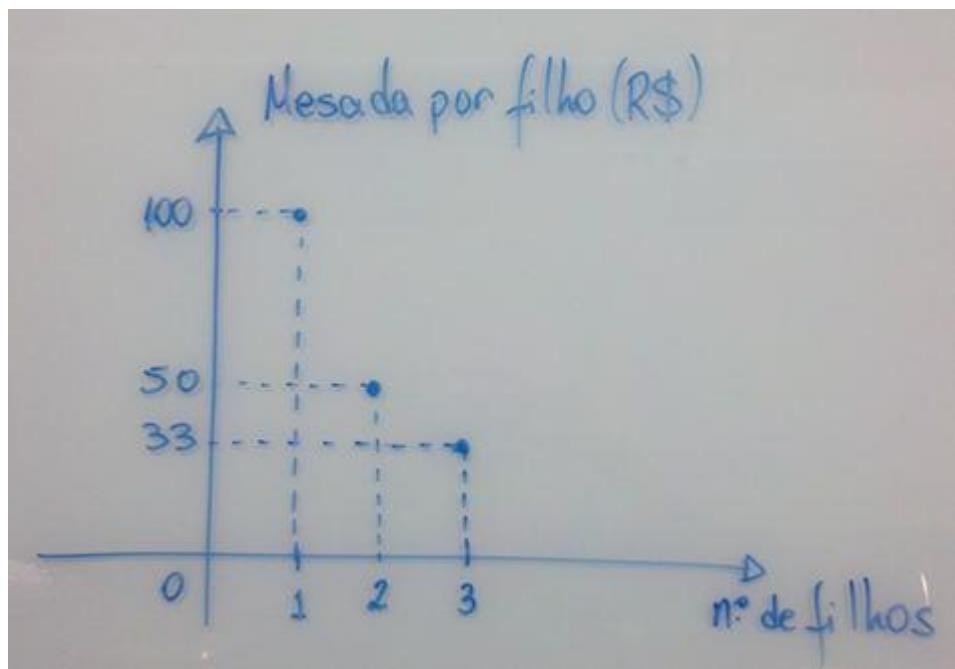


Figura 29 – Exemplo 4 de gráfico cartesiano durante elaboração da B.O.A.

(PQ) – Onde temos, número de filhos e uma mesada por número de filhos.

(PQ) – Se você tem 1 filho ele vai receber R\$ 100,00, se tem 2 filhos cada um vai receber R\$ 50,00 e se tem 3 filhos cada um recebe R\$ 33,00. Esse é um gráfico de variáveis discretas.

(PQ) – Vamos fazer o seguinte ... (une os pontos).

O gráfico do quadro fica com a representação da Figura 30:

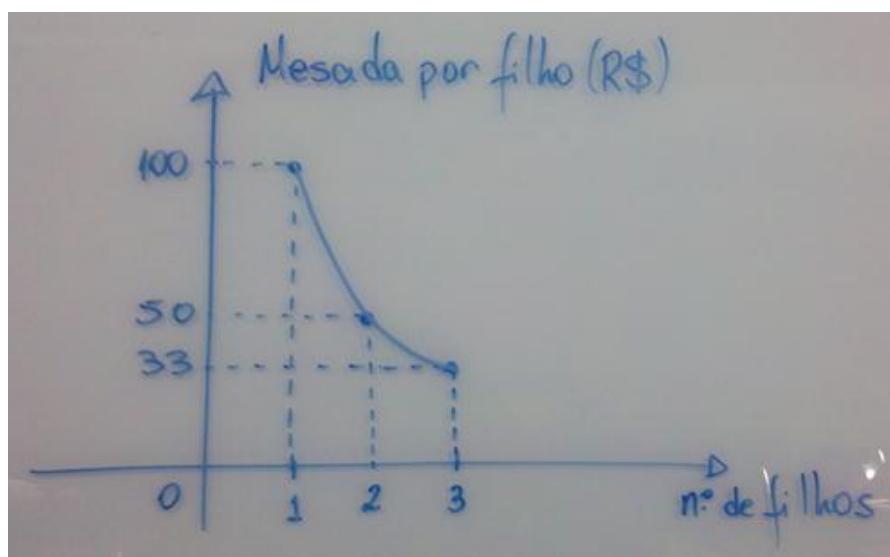


Figura 30 – Exemplo 5 de gráfico durante elaboração da B.O.A.

(PQ) – Está certo esse gráfico?

(L4) – Não!

(L3) – Não!

(PQ) – Pois é um erro que acontece com frequência nas representações gráficas, principalmente, nos discretos.

(PQ) – Quando se une os pontos admite-se que existe a possibilidade de haver outros dados entre os apresentados.

(PQ) – Então, é importante se observar se é uma variável contínua, ou não?

(L6) – Então, uma variável contínua tem infinitos pontos?

(PQ) – Existem infinitas possibilidades entre dois pontos conhecidos. Você pode interpolar entre os pontos dados.

(PQ) – A discreta você não pode interpolar entre dois pontos consecutivos. A não ser que nesse caso (aponta, no quadro, para o gráfico da Figura 30) eu tivesse representado apenas os números de filhos 1 e 3. Então, você pode interpolar o 2, mas você não tem infinitas possibilidades entre eles.

(PQ) – Às vezes é difícil o aluno aceitar que ao construir um gráfico que pode ficar só com os pontos. Acha que sempre tem que ligar de alguma maneira.

(PQ) – Então, é importante você saber que os gráficos podem ser discretos ou contínuos?

(Vários) – Claro! Sim! É!

(PQ) – Nós vamos fazendo juntos, mas algumas coisas eu tenho que ir falando para vocês, porque não vem naturalmente. Eu vou falando e nós discutimos.

(PQ) – Tem mais um detalhe que eu acho importante e que esse gráfico (apontando para o gráfico projetado) não tem e que no Nível de Ajuda II estava indicado.

(L5) – O título?

(PQ) – Porque o título é importante? Ele representa o que do gráfico?

(PQ) – Ele está associado ao fenômeno que aquele gráfico está ...

(L4) – Representando!

(PQ) – Então, ele é importante em um gráfico. Todos os gráficos apresentam o título?

(L5) – Não!

(PQ) – Nem todos! Mas, é importante que você saiba o que está sendo representado?

(L3) – Lógico!

(L4) – Sim!

(PQ) – Bem ... acho que entre o que determinamos como operações existem alguns pontos que podiam ser mais esmiuçados.

(PQ) – Em relação às variáveis, por exemplo, elas variam como discretas e contínuas e tem outras classificações. Pode ser ordinal, nominal, qualitativa, quantitativa ...

(PQ) – Acredito que o que nós propomos contempla, em grande parte, o que se tem de invariante em um gráfico cartesiano.

(PQ) – Tem gráficos que trazem legenda e é necessário associá-la às características do gráfico. Podemos acrescentar?

(PQ) – O que mais podemos acrescentar?

(PQ) – Bem! Considerando o que determinamos, qual o grau de importância, no sentido de ordem, para se interpretar um gráfico cartesiano a partir dessas operações?

(PQ) – Se se tem um gráfico cartesiano, qualquer gráfico, qual o primeiro ponto que eu devo interpretar nesse gráfico?

(L3) – O título?

(PQ) – Título? E se ele não tiver um título? Como é que você vai dar um título a ele se não determinou nada em relação às suas características?

(L2) – As unidades?

(PQ) – Como dar esse título?

(L3) – Com as unidades?

(PQ) – Na verdade, o título ela não envolve somente as unidades, mas também a relação existente entre as variáveis. Não é isso?

(L3) – Aí, nesse caso, não é importante o desvio padrão, não?

(PQ) – Isso que estamos determinando, não é para todos os gráficos cartesianos?

(L4) – É sim!

(L2) – E aqueles gráficos que usam um tipo de cota nos pontos.

(PQ) – Isso nós podemos tratar, não como desvio padrão, ...

(L4) – Desvio padrão já faz parte da análise dos dados.

(PQ) – ... isso é tratado como tolerância, uma margem de erro.

(PQ) – Além do que já determinamos, é importante também, por exemplo, não sei se vocês já viram ... mas tem gráficos que apresentam situações assim ... (desenha no quadro os gráficos da Figura 31)

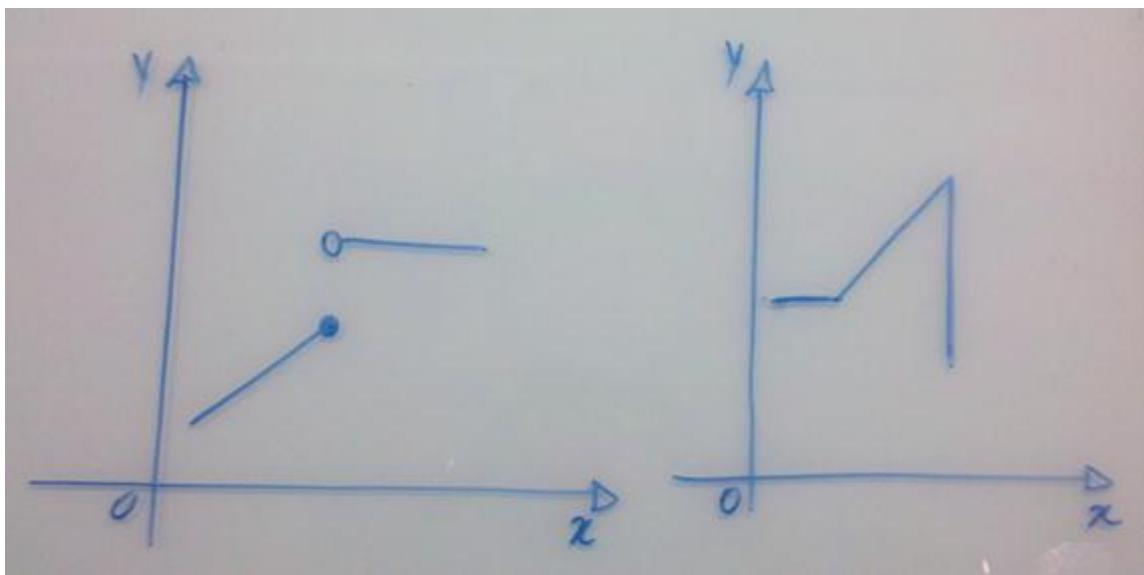


Figura 31 – Exemplo 6 de gráfico durante elaboração da B.O.A.

(PQ) – Esses exemplos são gráficos que têm uma ruptura, uma quebra na sequência de dados. Essa característica, essa ruptura é importante que seja analisada.

(PQ) Estão anotando?

(PQ) – Nós podemos classificar esse comportamento e alguns outros, como características atípicas. O gráfico vem em uma situação e de repente acontece algo que muda bruscamente.

(PQ) – Temos que colocar um termo que quando vocês estiverem interpretando seja lembrado. Colocar, por exemplo, característica atípica seria uma situação que se diferencia em dado momento. Pode ser um ponto extremo, uma quebra, uma constância, uma oscilação diferente, ou seja, é importante que seja analisada em separado.

(PQ) – Retornando à discussão da orientação ... qual a primeira coisa a se enxergar no gráfico?

(L2) – O plano?

(PQ) – Isso! O plano cartesiano é quem o classifica como gráfico cartesiano.

(PQ) – Depois, seria o que?

(L4) – Os pontos?

(PQ) – Vocês concordam com os pontos?

(L2) – As variáveis. Os valores das variáveis.

(L2) - As relações entre as variáveis.

(PQ) – As relações já entram agora?

(L2) – Eu acho!

(PQ) – Lembrem-se que a relação é influenciada por outras características anteriores.

(PQ) – De repente é necessário se conhecer as escalas primeiro, visualizar a tendência ... antes de tratar a relação.

(PQ) – Vamos pensar! É importante que vocês opinem. Estou aqui para gerar a discussão.

(L4) – Eu acho que primeiro vem as unidades.

(L6) – Eu acho que é a tendência.

(PQ) – A unidade ou a tendência vem primeiro?

(L6) – Com a tendência você já vê o que vai acontecer.

(L4) – Eu acho que a unidade é uma das primeiras coisas que a gente vê. A gente bate o olho e identifica logo as unidades.

(PQ) – E vocês que não estão falando nada! (Aponta para alguns estudantes) Vamos participar! Contribuir!

(L4) – Eu acho impossível uma pessoa olhar um gráfico sem observar os eixos e as unidades.

(PQ) – Então você colocaria agora as unidades?

(L4) – Eu acho que sim. Ao olhar o plano cartesiano já observamos as unidades.

(L6) – Ao olhar o plano você já observa a tendência.

(L4) – Você não olha a unidade não?

(L6) – Você não tem como saber a tendência sem saber o que é independente e dependente.

(PQ) – Bem, vamos lá! Esses três primeiros dados vocês concordam? Qual seria o próximo?

(L4) – Eu discordo de os pontos estarem nessa ordem. Acho que tem outras coisas antes de observar os pontos.

(PQ) – Todos concordam?

(Vários) – Sim!

(PQ) – Então, o primeiro é verificar a existência do plano cartesiano. E depois?

(L4) e (L3) – As variáveis!

(PQ) – Certo! E o três?

(L4) – As unidades.

(PQ) – Os demais concordam?

(Vários) – Sim!

(PQ) – Então, a unidade! E agora?

(L3) – Os valores dos eixos.

(PQ) – Os valores estão contemplados na escala dos eixos, concordam?

(L1) – Isso, as escalas!

(L3) – É!

(PQ) – E agora? Essa tendência está relacionada exatamente a que?

(PQ) – Essa tendência é identificar se o gráfico é crescente, decrescente, ...

(PQ) – Me deixa fazer o seguinte (pega folhas em branco) ... vou entregar essas folhas e vocês já podem ir anotando conforme formos definindo a sequência de operações.

(PQ) – Essa sequência que vocês vão anotar é o que a teoria chama de base orientadora da ação. Isso é que vai orientar a interpretação.

(L3) – Como que a gente chama?

(PQ) – Essas operações nós chamamos de base orientadora da ação e a folha com essa sequência de operações podemos chamar de cartão de estudo.

(PQ) – Ainda hoje eu gostaria de utilizar essa B.O.A. na resolução de uma tarefa. Vamos ver se dá tempo.

(PQ) – Qual o próximo ponto? Já caracterizamos todos os aspectos das variáveis?

(L6) – Logo depois das escalas pode vir a questão das discretas e contínuas.

(PQ) – Isso! Nós já podemos ir definindo tudo o que se relaciona com as variáveis.

(PQ) – Então, se as variáveis são discretas ou contínuas passa a ser o item cinco.

Alguém discorda?

(PQ) – O que podemos acrescentar na sequência?

(L2) – Os valores dos pontos?

(PQ) – O que vocês acham? Podemos colocar os valores das variáveis e a determinação de pontos identificando a abscissa e a ordenada?

(L5) – Eu acho que pode!

(L6) – Eu também! Pode colocar também a tendência.

(PQ) – A relação de dependência entre elas ... quem é a variável independente e quem é a variável dependente, viria antes da tendência. Essa relação entre as variáveis é que acaba por definir a tendência.

(L4) – É isso!

(PQ) – Todos concordam?

(Vários) – Sim!

(PQ) – E agora, depois da tendência? A partir daqui você começa a ter uma visão mais ampla do fenômeno representado.

(L4) – E agora pode vir a relação? E a legenda do gráfico?

(L4) – A legenda podemos acrescentar para ser verificada no início quando identifica-se as grandezas?

(PQ) – Pode! Ao identificar as grandezas, já observa-se se existe a legenda e o que ela traz.

(L4) – E a relação entre as variáveis?

(PQ) – Certo! Vamos colocar a relação entre as variáveis como o próximo item a ser interpretado. Estão de acordo?

(Vários) – Estou!

(L1) – Pra mim está bom!

(PQ) – Quando você determina a relação entre as variáveis já consegue saber qual é o tipo do gráfico e definir sua fórmula, se existir.

(PQ) – Porque tem gráfico que não se consegue definir. Por exemplo, aqueles gráficos com pontos aleatórios onde se tem informações dispersas fica difícil de se associar uma única fórmula. Pode ficar assim?

(L3) – Pra mim está bom!

(L1) – Também acho!

(PQ) – O que mais está faltando?

(L4) – O máximo, mínimo, ...

(PQ) – O máximo, o mínimo, uma ruptura ou algo nesse sentido podemos colocar todos no item “identificar características atípicas”.

(L2) – Agora ficou só as interpolações.

(L4) – É!

(PQ) – Podemos colocar no próximo item, identificar se é possível fazer interpolações.

(PQ) – As interpolações são mais diretas. Estão associadas ao gráfico apresentado. Já as extrapolações exigem se pensar fora do gráfico, antes ou depois do que está representado.

(PQ) – Pronto! Faltou o que? Se você souber todas essas informações do gráfico é possível explanar, o que?

(L5) – O fenômeno?

(PQ) – Isso! Você consegue definir o fenômeno e as características associadas a ele. O que falta, então?

(L4) – O título!

(PQ) – Quando falamos o título, não é necessariamente ler esse título. Quando o título é dado você pode ler a qualquer tempo, mas se você tiver que propor um título é necessário que se tenha uma visão do todo.

(PQ) – O título representa o fenômeno representado pelo gráfico.

(PQ) – Essa sequência que determinamos dá uma ideia geral da interpretação, da essência de um gráfico e define uma orientação para fazê-la. Esse é o sistema de operações da base orientadora da ação, a B.O.A.

(PQ) – Agora eu gostaria que vocês anotassem essa B.O.A. para criar o cartão de estudo que será usado nas tarefas.

ANEXO III

BASE ORIENTADORA DA AÇÃO (B.O.A.) - LICENCIANDOS

B.O.A. – Licenciando L1

Base Orientadora da Ação (BOA)

Lx

- ① Plano Cartesiano
- ② Variáveis → grandezas
- ③ Unidade de medida (variáveis)
- ④ escala $\begin{cases} \text{Densidade} \\ \text{degrau} \end{cases}$
- ⑤ discrete $\begin{cases} \text{contínuas} \\ \text{Variáveis} \end{cases}$
- ⑥ valores de variáveis
- ⑦ pontos (abscisa, ordenada)
- ⑧ variável independente
|| dependente
- ⑨ Tendência (descrescente, crescente, ...)
- ⑩ relação(s) entre as variáveis
- ⑪ tipos de relação
proportional
logarítmica
exponencial
- ⑫ fórmula
- ⑬ característica atípica (máx, min, amplitude, ruptura)
- ⑭ identificar interpações
- ⑮ prever extropiações
- ⑯ Título

- Exercício

B.O.A. – Licenciando L2

UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal, 06 de junho de 2012

Base Orientadora do Ação

1. Plano cartesiano
2. variáveis → grandezas / legendas
3. unidade de medida (variáveis)
4. escala { posso
de grau
5. variáveis { discutidas
contínuas
6. valores de variáveis
7. pontos (abscessos, ordenados)
8. variáveis dependentes e variáveis independentes
9. tendência (descendente, crescente)
10. relações entre as variáveis

12. fórmula
11. tipo de relação

proporcional
logarítmico
exponencial
13. características atípicas (máx, min, amplitude, ruptura, ...)
14. identificar interpoções
15. prever extrapolação
16. título → fenômeno
 - retinência

B.O.A. – Licenciando L3

Sequência de Operações

- Base Orientadora da Ação.

- 1- Plano cartesiano
- 2- Variáveis → Gravações e legenda
- 3- Unidade de medida (variáveis)
- 4- Escala $\begin{cases} \text{Ponto} \\ \text{degrau} \end{cases}$
- 5- Valores das variáveis 
- 6- discritos
- 7- contínuos
- 8- $\begin{cases} \text{Variável independente} \\ \text{" dependente} \end{cases}$
- 9- Tendência (decrecente, crescente...)
- 10- Relação entre as variáveis
 - 11- $\begin{cases} \text{- tipo de relação} \\ \text{- proporcional} \\ \text{- logarítmica} \\ \text{- exponencial} \end{cases}$
- 12- Fórmula
- 13- Características atípicas (mac, min, amplitude, ruptura)
- 14- Identificar interpolações
- 15- Fazer extrapolações
- 16- Título - fenômeno.

B.O.A. – Licenciando L4

Base Orientadora da Ação L4

- (1) plano Cartesiano
- (2) variáveis → grandeza / legenda / referências
- (3) Unidade de medida (variáveis)
- (4) escala
- (5) discreta / contínuas
- (6) valores das variáveis
- (7) pontos (abs, ord)
- (8) variáveis depende e independentes
- (9) tendência (crescente / decrescente)
- (10) relação entre as variáveis
 - formula (12)
 - tipos de Relação
 - proporcional
 - logarítmica
 - exponencial (11)

- (13) identificar interpações
- (14) prever extrapolações
- (15) fitas
- (16)

B.O.A. – Licenciando L5

Base orientadora da ação.

- 1- Plano cartesiano
- 2- variáveis e grandezas; legende
- 3- Unidade de medida (variáveis)
- 4- escala
- 5- descretos } variáveis
contínuas
- 6- Valores das variáveis
- 7- Pontos (abscissa, ordenada)
- 8- Variável independente
Variável dependente
- 9- Tendências (decrescente, crescente, ...)
- 10- Relação(s) entre as variáveis
- 11- { Tipo de relação
Proporcional
logarítmica
exponencial
- 12- Fórmula
- 13- característica atípica (máx, min, amplitude, ruptura, ...)
- 14- Identificar interpolações
- 15- prever extrapolações
- 16- Título → fenômeno
- 17- Referências

B.O.A. – Licenciando L6

BOA - BASE ORIENTADORA DA AÇÃO

- 1 - Plano Cartesiano
- 2 - Variáveis → grandezas / legenda
- 3 - Unidade de medida (Variáveis)
- 4 - Escala { Passo $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{20}$
Degrau }
- 5 - Variáveis { discritas
contínuas }
- 6 - Valores das variáveis
- 7 - Pontos (abscissa, ordenada)
- 8 - Variável independente / Variável dependente
- 9 - Tendência (decrescente, crescente...)
- 10 - Relações entre as variáveis → Fórmula ⑫
11. Características atípicas (max, min, amplitude, ruptura...) → Tipos de relações
 - proporcional
 - logarítmica
 - exponencial
- 12 - Identificar interlações
- 13 - Realizar extrapolações
- 14 - Título → fenômeno