

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

**Isabela Marangon Christo Gatti**

**Textos complementares em livros de química geral do ensino superior: uma análise  
para a interdisciplinaridade**

**Juiz de Fora**

**2018**

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Marangon Christo Gatti, Isabela.

Textos complementares em livros de química geral do ensino superior : uma análise para a interdisciplinaridade / Isabela Marangon Christo Gatti. -- 2018.

154 f. : il.

Orientadora: Andréia Francisco Afonso

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, ICE/Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Química, 2018.

1. Química. 2. Interdisciplinaridade. 3. Formação de professores. 4. Livro didático. 5. Ensino superior. I. Francisco Afonso, Andréia, orient. II. Título.

**Isabela Marangon Christo Gatti**

**Textos complementares em livros de química geral do ensino superior: uma análise para a interdisciplinaridade**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Química, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial a obtenção do grau de Mestre em Química. Área de concentração: Educação em Química.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Andreia Francisco Afonso

**Juiz de Fora**

**2018**

**Isabela Marangon Christo Gatti**

**Textos complementares em livros de química geral do ensino superior: uma análise para a interdisciplinaridade**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Química, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial a obtenção do grau de Mestre em Química. Área de concentração: Educação em Química.

Aprovada em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Andreia Francisco Afonso - Orientador  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Graziela Piccoli Richetti  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Prof. Dr. Célio da Silveira Júnior  
Universidade Federal de Minas Gerais

Aos meus alicerces, pilares do meu coração.  
Que em retribuição eu possa sê-lo a vocês, sempre.

## AGRADECIMENTOS

Tudo conta.

A vida é um somatório.

Cada pessoa que passa pelo nosso caminho deixa algo e leva algo.

Muitas vezes não sabemos direito o que é esse algo, mas não importa.

Isso fará parte de nós enquanto estivermos vivos.

Assim, eu agradeço:

À minha mãe e à minha irmã, Roselys e Paola, por oferecerem apoio nessa trajetória, muitas vezes sem compreender a natureza desse trabalho.

Ao meu pai, Aurélio, que me ensinou mais do que ele acreditou ter feito e muito mais do que eu consigo compreender.

À minha orientadora e amiga, Andréia, pela paciência, pelos ensinamentos e por todas as risadas e abraços que vieram junto.

Ao Alexandre, por ter apoiado cada passo.

Aos professores que avaliaram esse trabalho pelas contribuições de enorme valor.

Às minhas amigas superpoderosas, Priscilla e Tatiane, pelas risadas, pelos incontáveis abraços, pelo carinho, pela compreensão diária e, especialmente, pelos ouvidos que não julgam.

Aos professores e alunos participantes dessa pesquisa, sem os quais ela inexistiria.

Aos meus amigos e amigas do GEEDUQ e dos outros grupos do PPGQ, por dividirem comigo a dor e a beleza da pós-graduação em meio à gargalhadas e café.

À CAPES, pela bolsa concedida, sem a qual a execução desse trabalho teria sido enormemente dificultada.

“Eu creio no poder das palavras,  
na força das palavras,  
creio que fazemos coisas com as palavras e, também,  
que as palavras fazem coisas conosco.”

Jorge Larrosa Bondía

## RESUMO

Na busca pela democratização o número de instituições de ensino superior aumentou – e ainda aumenta – no Brasil, tecendo complexos desafios para o ensino universitário. Um desses desafios certamente é prover uma educação capaz de formar professores para a contemporaneidade. A interdisciplinaridade surge como uma nova perspectiva epistemológica do conhecimento que pode contribuir para o sucesso nessa missão. Tratando-se de um termo polissêmico, a interdisciplinaridade encontra muitos entraves na prática docente, tanto na escola básica quanto na universidade, pois caminha na contramão da arraigada estrutura disciplinar. Nesse sentido, é necessário que existam propostas interdisciplinares para a formação de professores, porque vivendo-as existe uma maior chance de continuidade dessa proposta na escola. É importante compreender que a formação dos professores universitários muitas vezes não abarca os fundamentos pedagógicos da docência, levando à permanência das práticas tradicionais no ensino superior. Esse problema se agrava na medida e que esses profissionais não exercem uma prática reflexiva e não participam de contextos de formação continuada voltados à docência. Assim, o objetivo desse estudo é verificar a possibilidade de que os textos complementares de um livro didático de química geral (LDQG) de ensino superior sejam intercessores da interdisciplinaridade nos cursos de química, especialmente no que se refere à formação de professores. Para selecionar o livro cujos textos complementares foram analisados investigou-se os dados de empréstimo nas bibliotecas da Universidade Federal de Juiz de Fora e o uso dos LDQG por professores (5) e alunos (18 ingressantes e 7 formandos) da mesma instituição. Também se investigou as concepções de interdisciplinaridade e o uso dos textos complementares usando questionários e entrevistas semiestruturadas. A partir desses dados, analisou-se, com base nos referenciais da análise de conteúdo, 18 textos complementares do LDQG mais utilizado no curso de licenciatura em Química. Os resultados reafirmam a polissemia da interdisciplinaridade e fornecem importantes informações sobre o uso do livro didático no curso de Química, como os critérios de seleção, por exemplo. As análises dos textos complementares revelaram que mais de 80% deles apresenta potencial para uma abordagem interdisciplinar. Assim, faz-se uma proposta de exploração dos textos complementares com base no ensino por investigação a fim de prover uma alternativa à inserção da leitura e da interdisciplinaridade na formação de professores de Química.

Palavras-chave: Química. Interdisciplinaridade. Formação de professores. Livro didático. Ensino superior.

## ABSTRACT

In the quest for democratization, the number of higher education institutions has increased - and still increases - in Brazil, creating complex challenges for university education. One of these challenges is certainly to provide an education capable of training teachers for the contemporaneous world. Interdisciplinarity emerges as a new epistemological perspective of knowledge that can contribute to success in this mission. As a polysemous term, interdisciplinarity finds many obstacles in the teaching practice, as much as in the basic school as in the university, because it goes against the ingrained disciplinary structure. In this sense, it is necessary the existence of interdisciplinary proposals for teacher training, once that by living them, there is a greater chance of continuity of this proposal in the school. It is important to understand that the training of university professors often does not cover the pedagogical foundations of teaching, leading to the permanence of traditional practices in higher education. This problem is aggravated to the extent that these professionals do not exercise a reflective practice and do not participate in contexts of continuing education directed to teaching. Thus, the aim of this study is to verify the possibility of complementary texts in a textbook of general chemistry (TGC) of higher education are intercessors of interdisciplinarity in chemistry courses, especially regarding teacher training. In order to select the book whose complementary texts were analyzed, we investigated the loan data in the libraries of the Federal University of Juiz de Fora and the use of TGCs by teachers (5) and students (18 incoming and 7 graduating) of the same institution. We also investigated the concepts of interdisciplinarity and the use of complementary texts using questionnaires and semi-structured interviews. From these data, 18 complementary texts of the TGC most used in the degree course of Chemistry were analyzed, based on the references of the content analysis. The results reaffirm the polysemy of interdisciplinarity and provide important information on the use of the textbook in the course of Chemistry, such as selection criteria, for example. Analyses of the complementary texts revealed that more than 80% of them present the potential for an interdisciplinary approach. Thus, a proposal is made to explore complementary texts based on research teaching, in order to provide an alternative to the insertion of reading and interdisciplinarity in the training of Chemistry teachers.

Keywords: Chemistry. Interdisciplinarity. Teacher training. Textbook. Higher education.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de IES no Brasil, por sub-categoria administrativa.....	5
Tabela 2 – Número de matrículas nas IES no Brasil, por sub-categoria administrativa.....	6
Tabela 3 – Porcentagem representada por cada título dos quatro livros mais retirados, de 2012 a 2016.....	35
Tabela 4 – Respostas dos professores à questão 6 do questionário.....	38
Tabela 5 – Respostas dos ingressantes à questão 2 do questionário.....	41
Tabela 6 – Respostas dos formandos à questão 2 do questionário.....	42
Tabela 7 – Respostas dos ingressantes à questão 4 do questionário.....	44
Tabela 8 – Respostas dos formandos à questão 2 do questionário.....	45
Tabela 9 – Respostas dos ingressantes e formandos às questões 7 e 8 do questionário.....	46
Tabela 10 – Contagem de textos complementares selecionados para análise.....	71

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Identificação de cada etapa do percurso metodológico.....	27
Quadro 2 – Formação acadêmica e uso do LDQG informado pelos professores de Química Fundamental.....	37
Quadro 3 – Categorização das falas dos professores de Química Fundamental na identificação dos textos complementares.....	48
Quadro 4 – Categorização das falas dos professores de Química Fundamental sobre a utilização dos textos complementares.....	49
Quadro 5 – Categorização das falas dos ingressantes e formandos na identificação dos textos complementares.....	51
Quadro 6 – Categorização das falas dos ingressantes e formandos quanto à definição de texto complementar.....	52
Quadro 7 – Resumo das categorias de análise da concepção de interdisciplinaridade.....	55
Quadro 8 – Categorização das concepções de interdisciplinaridade de ingressantes, formandos e professores.....	55
Quadro 9 – Títulos dos textos analisados os respectivos capítulos onde são encontrados.....	72
Quadro 10 – Exemplo de complementar cuja análise indicou somente marcas da disciplina Biologia.....	74
Quadro 11 – Exemplo de texto complementar cuja análise indicou somente marcas das disciplinas Física, Engenharia, Matemática e História.....	75
Quadro 12 – Exemplo de texto complementar cuja análise indicou somente marcas de mais de uma disciplina.....	76

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 – Número de empréstimos dos quatro primeiros livros da lista dos dez mais retirados, discriminado por ano, de 2012 a 2016. Para cada título, estão incluídas todas as edições .....34
- Gráfico 2 – Quantidade de exemplares dos quatro livros mais retirados de 2012 a 2016, somando BU e BE. Dados coletados em março de 2017.....36

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação esquemática do nível de aproximação do conteúdo de cada categoria.....	52
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATK	Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente (Atkins, Peter William)
BE	Biblioteca Exatas
BU	Biblioteca Universitária
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CDD	Código Decimal de Dewey
CDU	Classificação Universal Decimal
CEFET	Centros Federais de Educação Tecnológica
CFE	Conselho Federal de Educação
CGCO	Central de Serviços de Tecnologia da Informação do Centro de Gestão do Conhecimento Organizacional
CNE	Conselho Nacional de Educação
DQ	Departamento de Química
IES	Instituição de Ensino Superior ou Instituições de Ensino Superior
IF	Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia
Inep	Instituto Nacional de Pesquisas e Estudos Educacionais Anísio Teixeira
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry (União Internacional de Química Pura e Aplicada)
LD	Livro Didático
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
LDQG	Livro Didático de Química Geral
PER	Química: na abordagem do cotidiano (Peruzzo, Francisco Miragaia)
PNE	Plano Nacional de Educação
QUI9	Química: a ciência central (Brown, LeMay & Bursten)
Reuni	Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais
RUS	Química Geral (Russel, John Blair)
SIGA	Sistema Integrado de Gestão Acadêmica
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
UR	Unidade de Registro
USP	Universidade de São Paulo

# SUMÁRIO

<b>1 APRESENTAÇÃO</b> .....	15
<b>2 UNIVERSIDADE E ENSINO SUPERIOR – CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b> .....	18
<b>3 INTERDISCIPLINARIDADE E EDUCAÇÃO – CONTORNANDO POSSIBILIDADES</b> .....	26
<b>4 LIVRO DIDÁTICO DE QUÍMICA GERAL – LEITURAS E RELEITURAS</b> .....	33
<b>5 DOCÊNCIA UNIVERSITÁRIA – FORMAÇÃO DOS PROFESSORES E PRÁTICAS DOCENTES</b> .....	38
<b>6 QUESTÃO DE PESQUISA, OBJETIVOS E PERCURSO METODOLÓGICO</b> .....	43
6.1 OBJETIVO GERAL.....	43
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	43
6.3 PERCURSO METODOLÓGICO .....	43
<b>6.3.1 Parte 1: Escolha do livro</b> .....	44
<b>6.3.2 Parte 2: Levantamento das concepções</b> .....	48
<b>6.3.3 Parte 3: Delimitação dos textos complementares</b> .....	49
6.4 REFERENCIAIS DE ANÁLISE .....	50
<b>7 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	51
7.1 ESCOLHA DO LIVRO.....	51
<b>7.1.1 Dados de empréstimos nas bibliotecas</b> .....	51
<b>7.1.2 Questionário com docentes de Química Fundamental</b> .....	53
<b>7.1.3 Questionário com estudantes</b> .....	57
<b>7.1.4 Triangulando os dados</b> .....	63
7.2 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS E ENTREVISTAS.....	64
<b>7.2.1 Sobre os textos complementares</b> .....	65
<b>7.2.2 Sobre a interdisciplinaridade</b> .....	71
<b>7.2.3 Interdisciplinaridade e formação docente</b> .....	76
7.3 ANÁLISE DOS TEXTOS COMPLEMENTARES.....	83
<b>7.3.1 Panorama geral e intenções didáticas do livro selecionado</b> .....	83
<b>7.3.2 Dados gerais sobre os textos complementares</b> .....	86
<b>7.3.3 Análise dos textos selecionados</b> .....	88
<b>8 UMA PROPOSTA DE AÇÃO PEDAGÓGICA</b> .....	94
<b>9 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	97
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	100
<b>APÊNDICE</b> .....	107
<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO COM DOCENTES DE QUÍMICA FUNDAMENTAL</b> .....	107
<b>APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO COM INGRESSANTES</b> .....	111
<b>APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO COM FORMANDOS</b> .....	115
<b>APÊNDICE D – TCLE DOS QUESTIONÁRIOS ENTREGUES A PROFESSORES E     ESTUDANTES</b> .....	120
<b>APÊNDICE E – ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA COM DOCENTES DE     QUÍMICA FUNDAMENTAL</b> .....	122

APÊNDICE F – TCLE DAS ENTREVISTAS REALIZADA COM OS PROFESSORES .....	124
APÊNDICE G – ANÁLISES DE TODOS OS TEXTOS SELECIONADOS .....	126
<b>ANEXOS</b> .....	130
ANEXO 1 – PREFÁCIO DO LIVRO QUÍMICA: A CIÊNCIA CENTRAL (NONA EDIÇÃO).....	130
ANEXO 2 – TEXTOS ANALISADOS .....	136

## 1 APRESENTAÇÃO

A ideia desse projeto surge da vontade de pensar a interdisciplinaridade no ensino superior de química, em especial no curso de licenciatura, no sentido de que adotar tal perspectiva como orientadora dos processos de ensino-aprendizagem pode contribuir de forma positiva e significativa na formação dos professores de química.

Assim, dou início à essa dissertação relatando a experiência de uma atividade investigativa realizada por mim enquanto tutora de uma disciplina do curso de Química da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), a qual foi iniciada a partir da leitura interdisciplinar de um texto complementar:

Os bolsistas do Programa de Pós-Graduação em Química da UFJF têm como atividade obrigatória ser tutor de uma disciplina da graduação durante metade do tempo de vigência da bolsa. Fui tutora por um ano de duas disciplinas, sendo *Química das Soluções* uma delas.

Acompanhei a turma durante todo o semestre, auxiliando o professor com as dúvidas dos alunos e ministrando algumas aulas. A turma era composta por alunos dos cursos licenciatura em Química, bacharelado em Química e Ciências Exatas e ficou a meu encargo todo o conteúdo referente à hidrólise de sais<sup>1</sup>. O livro *Química: a ciência central* é um dos títulos da bibliografia principal da disciplina e esse tópico se encontra no capítulo 16 (Equilíbrio ácido-base).

Para a primeira aula a ser ministrada selecionei o texto intitulado *Aminas e cloridratos de aminas* para fazer uma investigação a partir do seguinte trecho: “Muitos medicamentos que são aminas são vendidos e administrados como sais ácidos”. Essa afirmação é seguida de uma imagem com alguns medicamentos fabricados com sais ácidos e que são vendidos sem receita médica, dentre eles um spray nasal à base de cloridrato de nafazolina.

À época, a intenção era contextualizar a aula a partir de um experimento com sais ácidos, questionando o porquê de se usar os sais ácidos e não os ácidos para fabricar certos medicamentos. Contudo, o professor regente da disciplina não permitiu que o experimento fosse realizado com os alunos devido à logística de reserva dos laboratórios. Ele sugeriu que eu realizasse o experimento e o registrasse em fotografias para discutir com os alunos, e assim eu fiz.

---

<sup>1</sup> Ementa da disciplina Química das Soluções disponível em:  
<http://www.ufjf.br/quimica/disciplinasdep/plano-de-ensino/?CodDisciplina=QUI084> – acessado em 10/01/2018.

O experimento proposto era bem simples: medir o pH de uma solução comercial de cloridrato de nafazolina com alguns indicadores ácido-base e com o pHmetro e comparar os valores obtidos com o valor calculado com base no  $pK_b$  da substância. Para isso, foi necessário:

- Comprar uma solução comercial de cloridrato de nafazolina;
- Ir ao laboratório de graduação e pedir aos técnicos para usar alguns indicadores (papel indicador universal, fenolftaleína e alaranjado de metila);
- Ir a um laboratório de pesquisa e pedir para usar o pHmetro;
- Encontrar o valor do  $pK_b$  do cloridrato de nafazolina na literatura;
- Calcular o pH com o valor do  $pK_b$  e com o valor da concentração da solução comercial.

Comparando dos valores obtidos, observa-se uma grande diferença: enquanto o cálculo teórico previa um pH igual a 2,99, o pHmetro mediu um pH de 5,46. Refiz a medida com o pHmetro para eliminar os erros que porventura tivessem sido cometidos na calibração do aparelho. Como o valor de 5,46 permaneceu, decidi investigar outras razões para a diferença observada.

Consultando a bula do medicamento, verifiquei que é utilizado em sua composição o cloreto de benzalcônio<sup>2</sup> como veículo. Retornei à literatura farmacêutica para investigar a razão de ser o cloreto de benzalcônio o sal escolhido para tal função. Essa substância é utilizada pela indústria farmacêutica como bactericida e sua solução é preparada em meio básico. Assim, ao se misturar com o cloridrato de nafazolina, ocorre um aumento do pH da solução.

Até esse momento, a explicação da diferença entre os valores de pH já era satisfatória, mas ainda cabia perguntar: mas o pH estar mais alto do que uma solução que contém somente a substância ativa do medicamento não é um problema? Para responder, precisei:

- Recorrer aos conhecimentos da Biologia e da Farmácia;
- Interpretar as informações encontradas de acordo com o contexto;
- Reelaborar uma explicação para a diferença encontrada entre os valores teórico e experimental do pH.

---

<sup>2</sup> Ficha técnica disponível em: [http://www.tebras.com.br/imagens/download/ficha\\_tecnica\\_benzalconio.pdf](http://www.tebras.com.br/imagens/download/ficha_tecnica_benzalconio.pdf) - acessado em 10/01/2018.

Encontrando a informação de que o pH da mucosa nasal é levemente ácido, entre 5,0 e 7,0, concluí que o pH 5,46 da solução comercial é ideal ao uso do spray comercial. Nesse medicamento o cloreto de benzalcônio é utilizado não só como bactericida, mas também para ajustar o pH da solução que, sem essa substância, teria um pH muito ácido para a mucosa nasal.

A abordagem tradicional do tópico “sais ácidos” é feita ensinando aos alunos como se calcula o pH das soluções desses sais, buscando levar à compreensão dos fenômenos de hidrólise que acontecem quando sais derivados de ácidos e/ou base fraca são solubilizados em água. Para abordar o assunto a partir do texto complementar não foi necessário eliminar os cálculos da aula, até mesmo porque eles são essenciais. Contudo, foi possível sair da abordagem tradicional, associando a investigação aos cálculos, o que ajudou a compreender de forma ampla a hidrólise de sais.

Todavia, a apresentação do experimento não foi suficiente para engajar os alunos na discussão das observações. Isso reafirma a importância do envolvimento pessoal do estudante com a investigação, para que, com a mediação do docente, a abordagem possa contribuir significativamente à sua aprendizagem e à sua formação.

Uso esse relato para ilustrar a potencialidade interdisciplinar dos textos complementares e como a atividade investigativa é capaz de engajar o estudante na busca por informações que possam esclarecer suas questões. À medida que o aluno desenvolve sua autonomia será preciso cada vez menos intervenções por parte do professor nas decisões tomadas por eles durante a atividade. Assim, cabe ao professor estar à frente do processo e dosar sua mediação conforme as necessidades da turma e os objetivos da disciplina.

Diante dessa potencialidade, o projeto que originou essa dissertação se solidificou. A seguir, apresento em quatro itens uma revisão da literatura que se espirala à medida que realizo as reflexões que me trouxeram até os objetivos do projeto: 1) Universidade e ensino superior – considerações iniciais; 2) Interdisciplinaridade e educação – contornando possibilidades; 3) Livro didático de Química Geral – leituras e releituras; 4) Docência universitária – formação dos professores e práticas docentes. Esses quatro itens me guiaram na proposta metodológica, que busca ajudar a compreender as articulações entre o uso dos livros de Química Geral, o uso dos textos complementares e as concepções de interdisciplinaridade de professores e estudantes.

## 2 UNIVERSIDADE E ENSINO SUPERIOR – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Dissertar sobre possibilidades no ensino superior pressupõe compreender o contexto atual da universidade, construído sobre um passado que, sem dúvida, não está morto. Mesmo que não extensivamente, conhecer o que engloba o foco de investigação contribui para não fornecer análises tão rápidas e ajuda a colocar as propostas. Longe de ser simples, é indispensável para este trabalho buscar entender como se chega ao que hoje se discute sobre alguns aspectos da instituição universitária brasileira, até mesmo porque é sob esses que os sujeitos desta pesquisa se situam.

Ainda que os parâmetros investigação, ciência, cultura, educação e ensino sejam constantes em qualquer instância da universidade, eles estão constantemente, sob pressões externas e internas. Um equilíbrio bastante complexo e dinâmico de vários pontos de tensão que, permeado pelos momentos históricos, ajusta esses parâmetros às transformações sociais e aos redirecionamentos dos objetivos econômicos do país. A própria história das universidades brasileiras, desde o surgimento até os entrelaces mais recentes, as mantém neste estado de rica complexidade que, do ponto de vista desta pesquisa, permite nutrir múltiplas possibilidades para o ensino superior.

A compreensão do contexto pode ser iniciada levantando a seguinte questão: como surge a universidade no Brasil? No período colonial, excetuando-se os colégios reais dos jesuítas, não haviam possibilidades de estudo universitário no Brasil (TEIXEIRA apud MENDONÇA, 2000). O acesso à formação superior era reservado à elite, que podia se formar em Teologia, Medicina e Direito em Portugal, na Universidade de Coimbra (SOUZA et al, 2013). Em 1808, com a vinda da família real e da corte para o Brasil, D. João VI funda, na Bahia, o primeiro curso superior de cirurgia e, após a independência em 1822, começam a surgir outros cursos e instituições de ensino superior (*ibidem*; MENDONÇA, 2000; TREVISOL; TREVISOL; VIECELLI, 2009). No entanto, a expansão de tais instituições não contou com os investimentos portugueses, ocorrendo de forma lenta até o início do século XX, quando passa a ser significativamente influenciada com a vinda das escolas superiores da França ao país (SOUZA et al, 2013).

Embora a Universidade da Bahia possa ser colocada como o marco inicial das universidades no Brasil, a instituição universitária é firmada oficialmente somente na década de 1930, já laica e estatal, com as Universidades de São Paulo (USP) e do Distrito Federal (*ibidem*; TREVISOL; TREVISOL; VIECELLI, 2009). Sua difusão no país ocorre após o impulso da revolução industrial e ao fim da era Vargas, incorporando fortes influências das

universidades norte-americanas, que além de estabelecerem importantes relações com o capitalismo em ascensão, tem um modelo de universidade originário da fusão de dois outros: o alemão e o francês (SOUZA et al, 2013). Dessa forma, a demanda por novas universidades, públicas e privadas, acontece com “o fim da Primeira República, a crise da economia agrária, o crescente processo de industrialização, o fortalecimento da burguesia industrial e a urbanização [...]” (TREVISOL; TREVISOL; VIECELLI, 2009, p. 219).

A pesquisa de Souza et al (2013) aponta que a instituição universitária brasileira em vigor é uma fusão dos três modelos clássicos: o alemão, o francês e o norte-americano. Mostrando-se híbrida em seus ideais, propostas e funcionamento, esta instituição incorpora significativas influências exteriores em sua identidade. Para definir melhor ao que me refiro ao mencionar os modelos clássicos, a seguir estão alguns esclarecimentos:

**Modelo alemão/humboldtiano/do conhecimento:** este modelo foi proposto em 1810 por Wilhelm von Humboldt para a Universidade de Berlim e preza pela autonomia da universidade, colocando a pesquisa como sua função primordial, ao lado do ensino. Assim, ensino, pesquisa e formação intelectual são indissociáveis (*ibidem*). A autonomia da universidade é garantida pelo Estado, pois seu desenvolvimento depende diretamente da formação dos cidadãos, uma relação que permitiria desenvolver atividades de pesquisa sob o princípio da ciência, não cedendo às pressões do mercado. Na visão de Humboldt, ceder às influências externas comprometeria a busca pelo conhecimento mais elevado, puro e verdadeiro (MACHADO; MENDES, 2010).

**Modelo francês/napoleônico/profissional:** em uma concepção funcionalista, este modelo é controlado tanto pelo Estado quanto pelo mercado. Não descarta a pesquisa, mas separa-a do eixo educacional, centralizando as atividades das universidades no ensino focando na formação coletiva das capacidades profissionais (MAGALHÃES, 2006; SOUZA et al, 2013).

**Modelo norte-americano:** com a importância dada pelos ingleses para a educação na colônia norte-americana, funda-se a Universidade John Hopkins no início do século XIX, inspirada no modelo alemão, mas que, ao criticar sua natureza elitista, agrega outros valores para mostrar relevância social. Surge assim, durante a ascensão do sistema capitalista e aumento de sua complexidade, um novo modelo a partir da fusão dos dois clássicos anteriores. De caráter privado ou quase privado, esse modelo fortalece suas conexões com a comunidade ao aproximar-se das empresas privadas, ajustando-se às necessidades da sociedade de consumo,

buscando inovação e priorizando o desenvolvimento da nação. É neste contexto que se consolida a proposta de extensão universitária, mais tarde também incorporada nas universidades brasileiras (*ibidem*).

Embora possam parecer bastante distintos, Magalhães (2006) aponta que os três modelos são “[...] narrativamente unificados, na medida em que partilham a celebração em comum do conhecimento, da razão e da crítica como processos educativos” (p. 19), favorecendo a consolidação do modelo híbrido apontado por Souza et al (2013):

[...] não se pode considerar que exista um modelo próprio, hegemônico de universidade brasileira, mas ela é reflexo das diversas influências que recebeu ao longo da história de sua formação. Assim, no contexto da universidade, convivem segmentos que representam concepções diferentes, sejam aquelas que defendem as políticas e práticas voltadas para a produção do conhecimento puro e crítico, sejam os que valorizam a prestação de serviços voltados para as demandas do mercado e da sociedade. (p. 231)

É dentro desse modelo híbrido que, na medida em que o governo vislumbra na democratização do ensino superior a possibilidade de desenvolvimento econômico, o quadro elitista das universidades brasileiras começa a ser notavelmente alterado. Assim, novas políticas são formuladas sob a perspectiva de que a formação superior tem papel fundamental no desenvolvimento de uma sociedade mais democrática, igualitária, instruída e capacitada profissionalmente.

Esta estratégia, que no Brasil é um processo que ganha maior expressividade com o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni)<sup>3</sup> (BORGES; AQUINO, 2012), é mobilizada por diversos países, mas apesar dos esforços e investimentos, a igualdade de acesso ao ensino superior não é realidade em nenhum deles (DUBET, 2015).

É preciso considerar que a instauração de políticas democráticas e de expansão só se torna realidade no Brasil após a Reforma Universitária de 1968, reivindicada, a duras penas, no turbulento contexto da ditadura militar. O movimento estudantil, fortemente reprimido na época, se junta a tantos outros brasileiros para lutar pelo fim da ditadura, lutando também pela autonomia das universidades, pois entendem que o desenvolvimento da nação se sustenta também no ensino superior (ROTHEN, 2008).

Em um país no qual era concedido pouco acesso às universidades, passa-se a ter um quadro de muitos excedentes nos vestibulares. Sujeitos aprovados pelo exame cujo ingresso não era possível devido às poucas vagas ofertadas. “Visando controlar o movimento estudantil

---

<sup>3</sup> O Reuni é uma das ações que integram o Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE) e foi instituído pelo Decreto nº 6.096, de 24 de abril de 2007.

e enfrentar o problema dos excedentes do exame vestibular [...]”, o governo militar forma comissões para deliberar sobre o assunto, elaborando possibilidades de ação (*ibidem*, p. 460).

A proposta de reforma, consolidada com a Lei 5.540/68, incluiu, dentre muitos itens: o fim da cátedra pela instituição obrigatória do sistema departamental; a reestruturação da carreira docente; a especificação das competências dos departamentos e do seu modelo de chefia; a definição das áreas fundamentais; e o envolvimento de professores e alunos em órgãos colegiados (*ibidem*).

Especialmente com a sanção da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) (Lei 9.394/96) e a elaboração do Plano Nacional de Educação (PNE) (BORGES; AQUINO, 2012), nos anos 1990 ocorrem ainda mais mudanças no ensino superior, como a valorização e garantia da autonomia e a gestão democrática mediante a existência dos órgãos colegiados e eleição para escolha de reitor e vice-reitor (CUNHA, 2003). Uma mudança bastante relevante é que a universidade passa a ter a “obrigação constitucional de promover a associação das atividades de ensino, de pesquisa e de extensão” (*ibidem*, p. 123). Esse é um importante aspecto da docência universitária dentro do modelo híbrido, pois coordena os esforços dos professores que dedicam mais ou menos tempo a um ou outro eixo, de acordo com seu próprio interesse, com as exigências postas pelos departamentos, e com o prestígio e o valor acadêmico de cada atividade.

A busca pela democratização levou a uma grande expansão no número de Instituições de Ensino Superior (IES) no Brasil ao longo do século XX. Trevisol, Trevisol e Viacelli (2009), ao compilarem dados do Instituto Nacional de Pesquisas e Estudos Educacionais Anísio Teixeira (Inep), verificaram que de 1920 a 1998 o número total de IES no país passa de 1 para 973, havendo um significativo salto na última década, quando o país contava com 94 IES em 1980 e passa a ter 920 em 1990, incluindo as federais (excetuando-se os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IF) e os Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFET)), estaduais, municipais e privadas. Os dados exibem o protagonismo do setor privado nesta expansão, já que ao final de 1998, das 973 IES, 764 (78,5%) eram privadas e apenas 209 (21,5%) eram públicas. Os dados mais recentes – coletados pelo INEP no Ano Censo 2013 e que incluem os IF e CEFET –, permanecem revelando esse protagonismo (Tabela 1):

**Tabela 1.** Número de IES no Brasil, por sub-categoria administrativa.

<b>Sub-categoria administrativa</b>	<b>Número de instituições</b>	<b>% de cada sub-categoria</b>
Federal	106	4,43
Estadual	119	4,98
Municipal	76	3,18
Privada	2090	87,41
<b>TOTAL</b>	<b>2391</b>	<b>100</b>

Fonte: INEP, ANO CENSO 2013. ADAPTADO.

A liderança do setor privado se deve, entre outros fatores, aos impactos nas políticas educacionais decorrentes da LDB que, em resposta ao déficit de ensino superior no Brasil, cria aberturas para o investimento privado, acabando por fortalecer a regulação do mercado sobre a educação superior. Este setor se encontra, portanto, fortemente atrelado a uma lógica de mercado, com o Estado assumindo menos o papel de investidor e mais o de controlador da educação superior (*ibidem*).

Outra grande influência sobre essa liderança certamente foi a presença, maioritária ou total, dos empresários da educação no Conselho Federal de Educação (CFE), resultado das afinidades políticas entre representantes das instituições privadas de ensino e governos militares, que passaram a legislar em causa própria. O CFE foi dissolvido no governo interino Itamar Franco devido às muitas denúncias de corrupção, e o então presidente encaminhou projeto de lei para criar o Conselho Nacional de Educação (CNE) (Lei 9.131/95) (CUNHA, 2003).

Usando dispositivos para minimizar a corrupção, como o modo de escolha de seus membros, o CNE passa então a controlar as decisões finais sobre o “[...] reconhecimento de cursos, à criação de instituições de ensino superior e ao credenciamento de universidades, assim como é sua responsabilidade a última etapa do processo de avaliação das universidades visando ao credenciamento periódico” (*ibidem*, p. 48). Cunha (2001) ainda comenta que, mesmo sendo composto por um número significativo de conselheiros que se posicionavam em defesa do ensino público, o CNE não foi impermeável ao privatismo, sendo também alvo de investigação ao término do governo Fernando Henrique Cardoso devido às denúncias de irregularidades e de tráfico de influência.

Os interesses e práticas dessa educação são, portanto, formulados sob a lógica da demanda e do retorno econômico dos investimentos nela feitos e, embora isso seja mais evidente no setor privado, o público não pode ser excluído desta cena, pois também se relaciona com o mercado ao receber financiamentos para pesquisas e desenvolvimento de tecnologia.

Os movimentos de expansão são mantidos no início do século XXI e, quer seja no setor público ou no privado, nas últimas duas décadas as universidades brasileiras vem amenizando (paulatinamente) seu caráter de elite e passam a ser um espaço de muitos: de 2000 a 2012 o número de matrículas nas IES públicas passa de 887.026 para 1.775.359, isto é, o número de matriculados mais que dobrou em 12 anos (NUNES; FERNANDES; ALBRECHT, 2016, p. 60). Os dados atuais do Inep permanecem mostrando a disparidade de matrículas entre o setor público e privado (Tabela 2):

**Tabela 2.** Número de matrículas nas IES no Brasil, por sub-categoria administrativa

<b>Sub-categoria administrativa</b>	<b>Número de matrículas</b>	<b>% de matrículas</b>
Federal	1.137.851	15,57
Estadual	604.517	8,27
Municipal	190.159	2,61
Privada	5.373.450	73,55
<b>TOTAL</b>	<b>7.305.977</b>	<b>100</b>

Fonte: INEP, ANO CENSO 2013. ADAPTADO.

As políticas de expansão se tornam ainda mais representativas em 2007 com a instituição do Reuni, que tem as seguintes diretrizes:

- I - redução das taxas de evasão, ocupação de vagas ociosas e aumento de vagas de ingresso, especialmente no período noturno;
- II - ampliação da mobilidade estudantil, com a implantação de regimes curriculares e sistemas de títulos que possibilitem a construção de itinerários formativos, mediante o aproveitamento de créditos e a circulação de estudantes entre instituições, cursos e programas de educação superior;
- III - revisão da estrutura acadêmica, com reorganização dos cursos de graduação e atualização de metodologias de ensino-aprendizagem, buscando a constante elevação da qualidade;
- IV - diversificação das modalidades de graduação, preferencialmente não voltadas à profissionalização precoce e especializada;
- V - ampliação de políticas de inclusão e assistência estudantil; e
- VI - articulação da graduação com a pós-graduação e da educação superior com a educação básica. (BRASIL, 2007, Art. 2º)

Ainda que a LDB tenha aberto as portas para o crescimento vertiginoso das IES particulares e que as controvérsias existentes entre o discurso político e o financiamento das IES públicas seja palco de relevantes discussões sobre o sucateamento das universidades, o Reuni afeta significativamente o panorama das universidades. Dos esforços de expansão, decorre que no Brasil pode-se perceber um quadro bastante diverso de estudantes, especialmente quanto aos aspectos culturais e socioeconômicos.

O percurso da universidade brasileira, indissociável da conjuntura política de cada época, continua suscetível a mudanças. Os três momentos abordados brevemente neste

capítulo se conectam de modo que permite compreender um pouco melhor o cenário atual: a história inicial da instituição universitária no Brasil revela a origem de alguns valores arraigados sobre a natureza e a função dos conhecimentos aos quais a universidade se dispõe; a Reforma de 1968 altera completamente o funcionamento e a organização das IES públicas na busca pela autonomia institucional; e as políticas de democratização se concretizam nos movimentos de expansão de vagas proporcionadas pela instituição do Reuni.

Deriva desses, e de outros fatores que aqui não cabe explorar, que a complexa instituição universitária se encontra em uma também complexa crise de identidade, fundamentada em contradições internas geradas, principalmente, durante a expansão. Fávero (2010) resume a análise de Santos (1999) ao dizer:

A universidade vive atualmente uma tripla crise: crise de hegemonia, de legitimação e institucional. A primeira crise (hegemonia) resulta da contradição entre a produção da alta cultura incumbida de formar elites desde os seus primórdios e a produção de padrões culturais médios responsáveis por produzir conhecimentos úteis para as modificações sociais e para a formação da força de trabalho. A segunda crise (legitimidade) decorre da contradição entre a hierarquização dos saberes especializados, o que se deve às restrições do acesso e à credencialização das competências, as exigências sociopolíticas da democratização e da igualdade de oportunidades. Por fim, a terceira crise (institucional), se segue da contradição entre a reivindicação da autonomia na definição de valores e objetivos e a submissão crescente a critérios de eficácia e de produtividade de origem e natureza empresariais. As três crises conjugadas são responsáveis por caracterizar a grande crise de identidade que a universidade vive atualmente. (p. 83)

O autor concede um toque de otimismo a esta crise ao ressaltar que, mesmo sendo conflituosa, nesta situação residem possibilidades de mudança e reorganização de concepções, objetivos e foco, para todo o tripé ensino, pesquisa e extensão (*ibidem*), o que considero válido para todas as instâncias da universidade. Santos (1999) explora essa crise e elabora onze teses que podem servir de guias para enfrentar os desafios rumo à sua superação. Da décima tese, seleciono o trecho abaixo para compor este trabalho:

A universidade não poderá promover a criação de comunidades interpretativas na sociedade se não as souber criar no seu interior, entre docentes, estudantes e funcionários. Para isso é necessário submeter as barreiras disciplinares e organizativas a uma pressão constante. (p. 195) (Grifo meu)

Concordo com a leitura de Fávero (2010) dessa tese que, segundo o autor, o grifado acima deve ocorrer “[...] para que na universidade não impere a burocracia, mas haja espaços para a interdisciplinaridade” (p. 94). É no viés de superação da crise atual e no desenvolvimento de novas formas de pensar o conhecimento que propostas interdisciplinares

*devem* ser desenvolvidas para e no ensino superior, estimulando mudanças também na educação básica.

Inclusive, devido ao modo como ocorreu a institucionalização da universidade no Brasil, “[...] as demais instituições não-universitárias posicionam-se sempre, em certa medida, com relação a ela e podem, portanto, ser estudadas tomando-a como referência” (MENDONÇA, 2000, p. 132). Isto permite pensar na interdisciplinaridade como um dos caminhos para interferir de modo direto e significativo no que está posto para a educação e para o ensino, sem, contudo, negar sua história e sua missão social e humana.

### 3 INTERDISCIPLINARIDADE E EDUCAÇÃO – CONTORNANDO POSSIBILIDADES

As questões que se colocam para a interdisciplinaridade são muitas, afinal, trata-se de um termo polissêmico. Japiassu (1976) defende que empreendimentos dessa natureza são aqueles que exploram as fronteiras das disciplinas:

Podemos dizer que nos reconhecemos diante de um empreendimento interdisciplinar todas as vezes em que ele conseguir incorporar os resultados de várias especialidades, que tomar de empréstimo a outras disciplinas certos instrumentos e técnicas metodológicos, fazendo uso dos esquemas conceituais e das análises que se encontram nos diversos ramos do saber, a fim de fazê-los integrarem e convergirem, depois de terem sido comparados e julgados. Onde podemos dizer que o papel específico da atividade interdisciplinar consiste, primordialmente, em **lançar uma ponte** para religar as fronteiras que haviam sido estabelecidas anteriormente entre as disciplinas com o objetivo preciso de assegurar a cada uma seu caráter propriamente positivo, segundo modos particulares e com resultados específicos. (p. 75) (Grifo meu)

Para Japiassu, a ideia que estrutura a interdisciplinaridade é a de exploração das fronteiras *teórico-metodológicas* que separam as disciplinas. Enquanto a disciplina se fortalece na necessidade de organização e dissecação do conhecimento, a interdisciplinaridade se interessa pelas possibilidades de compreensão de determinado objeto de forma ampla, algo que somente a integração das disciplinas pode proporcionar (*ibidem*).

Entendendo as disciplinas como conjuntos de saberes e métodos bem delimitados, seu papel na educação vem sendo questionado a partir dos anos 1960, quando se inicia a percepção de que a excessiva fragmentação e compartimentalização do conhecimento distancia o saber do sujeito social, impedindo a percepção da realidade em sua complexidade (MINAYO, 2010). Segundo Gattás e Furegato (2007), apoiando-se em Heloísa Lück e Georges Gusdorf, o grande objetivo da interdisciplinaridade é promover a superação da visão parcelar de mundo.

Entretanto, este processo encontra diversos entraves, tanto de ordem epistemológica quanto de ordem prática (LÜCK, 2013; ZANON; PEDROSA, 2014). Dentre eles, a força das disciplinas enquanto domínios isolados. Minayo (2010) propõe que o desenvolvimento da Ciência Moderna no século XIX fortaleceu a compartimentalização do conhecimento, servindo bem à época. Devido à larga difusão do pensamento cartesiano, entendia-se que o único modo de conhecer o mundo era por partes, pois é impossível dar conta do todo. Berti (2007), referenciando-se principalmente em Alice Lopes, nos diz que a disciplinaridade

prevalece pois atende às necessidades de organização social e controle institucional. Abreu e Lopes (2010) complementam esta concepção histórica de disciplina defendendo que, inevitavelmente, nosso modelo de conhecer está constantemente sob pressões do cenário socioeconômico de cada época.

Enquanto durante a industrialização foi economicamente interessante conhecer por partes e em detalhes, a partir do século XX torna-se desejável ter um conhecimento amplo, globalizado, flexível, criativo. As autoras também colocam que os entraves políticos das comunidades disciplinares em torno dos currículos e propostas para a educação também têm efeito sobre as aberturas para a interdisciplinaridade. Valendo-se da perspectiva de Eduardo Galeano, Silva e Pinto (2009) acrescentam outro parâmetro que não pode ser desconsiderado: o fortalecimento das disciplinas também se dá na medida em que há o interesse, por parte dos grupos dominantes, de impossibilitar o acesso ao conhecimento amplo em benefício do capitalismo, pois este se ancora na alienação do sujeito em prol da produtividade e da formação da sociedade de consumo.

Parece-me que a força exercida pela estrutura disciplinar sobre a educação não pode ser entendida por apenas um desses ângulos, mas sim pela conjugação de todos eles. É na contramão dessa estrutura disciplinar complexa e culturalmente arraigada que caminha a interdisciplinaridade. Contudo, concordo com Japiassu (1976) quando ele nos diz que o problema da disciplina não se situa sobre ela como tal, mas sobre o excesso de sua valorização enquanto modo de conhecer. Assim,

Independentemente das motivações daqueles que defendem a interdisciplinaridade, o fato é que esta se apresenta, hoje, como uma oposição sistemática a um tipo tradicional de organização do saber, que constitui um convite a lutar contra a multiplicação desordenada das especialidades e das linguagens particulares nas ciências (*ibidem*, p. 54).

A este argumento associa-se a ideia de que a multiplicação das disciplinas/especialidades nos leva a conhecer muitos detalhes sobre coisas muito restritas e que apenas isto não é suficiente para compreendermos o mundo em complexidade. Aliás, é um movimento que impede essa compreensão, já que estamos sempre a criar mais e mais linguagens e conhecimentos particulares. Também não nos permite entender e solucionar os problemas com os quais temos nos deparado, porque este modelo nos ensina a pensar sob apenas um ângulo, ignorando a contribuição dos demais (JAPIASSU, 1976; GATTÁS; FUREGATO, 2007).

A oposição ao modo tradicional de organizar o conhecimento não vem negar seu papel benéfico à construção de tudo que dispomos hoje, mas vem questionar, principalmente, sua

utilidade frente ao que desejamos para a formação dos sujeitos submetidos à lógica exclusivamente disciplinar de educar. Dessa forma, a interdisciplinaridade aspira por uma unidade/integração/interação do saber sem pressupor que para isso deva ocorrer o fim das disciplinas. O que interessa descontinuar é apenas a exclusividade e a supervalorização da formação fragmentada.

Embora Japiassu (1976) tenha proposto uma interdisciplinaridade bastante focada nas ciências humanas, ele aponta que essa concepção do conhecimento seria mais facilmente colocada em prática no campo das ciências da natureza, devido ao fato de que todos os seus ramos já estiveram juntos no passado. E mesmo tendo sido escrita mirando as atividades de pesquisa, os desdobramentos de sua teoria foram largamente difundidos no Brasil nas décadas de 1960 e 1970, influenciando fortemente a educação.

Desde então, o termo interdisciplinaridade vem sendo colocado sob várias luzes: históricas, filosóficas, sociológicas, antropológicas. Da definição, do método, da teoria. Em 1971, a interdisciplinaridade chega às universidades na forma de ideais de inovação do ensino e de coletivizar a pesquisa (FAZENDA, 2012), o que acarretou inúmeras críticas e propostas sobre os currículos, as estruturas acadêmicas, as pesquisas e os métodos de ensino.

Partindo do que propõe Santos (1999) para a superação da crise de identidade da universidade, da perspectiva de Japiassu (1976) sobre o que vem a ser um empreendimento interdisciplinar e da visão de Fazenda (2012) sobre como a interdisciplinaridade é mais um processo do que um produto, é interessante nos questionar: como isto tudo pode se conjugar e chegar à sala de aula? Considerando que “[...] nada mais há que nos obrigue a fragmentar o real em compartimentos estanques ou em estágios superpostos” (JAPIASSU, 1976, p. 40), como aproximar e interagir/integrar as disciplinas? De onde partir? Como começar?

O conceito de interdisciplinaridade não é unívoco e a busca pelo consenso parece pouco produtiva. Mas podemos dizer, com certa tranquilidade, que a teoria interdisciplinar sempre está associada ao estabelecimento de relações entre as disciplinas, o que aparece sob vários termos: integração, interação, aproximação, união, comunicação, diálogo, entre outros (BERTI, 2007; ZANON; PEDROSA, 2014). A própria linguagem pode tornar o conceito de difícil compreensão. Pretendo colocar a questão da prática em foco, pois na intensa busca pelo consenso conceitual não se abarca o fazer docente na sala de aula. Por outro lado, a prática docente precisa de um conceito para se apoiar. Nem que este conceito seja tão somente o que o termo *interdisciplinaridade*, morfológicamente, suscita.

Segundo Fazenda (2012), é de extrema importância, para a prática, o ato de perceber-se interdisciplinar, pois isso leva a uma disponibilidade interna de cada profissional em

explorar as fronteiras das disciplinas, sem a qual o trabalho interdisciplinar não é possível. Além disso, é válido ressaltar que não existe modelo a ser seguido, pois o fazer interdisciplinar ainda está sendo construído (*ibidem*; GATTÁS; FUREGATO, 2007). Minayo (2010) coloca a prática interdisciplinar na linha da solução de problemas: “[...] a interdisciplinaridade constitui uma articulação de várias disciplinas em que o foco é o objeto, o problema ou o tema complexo, para o qual não basta a resposta de uma área só” (p. 436).

Assim, encontram-se relatos de práticas interdisciplinaridade que se realizam por variadas vias metodológicas, como o ensino investigativo, a aprendizagem baseada em problemas, os casos simulados, as abordagens temáticas, a contextualização, as abordagens lúdicas, entre outras. Penso essa variedade como extremamente benéfica ao fazer interdisciplinar, pois fornece opções aos professores através do relato de casos bem-sucedidos. Entretanto, a maior parte destes relatos se referem à escola básica e não à universidade. Mesmo que muito possa ser transposto, escola e universidade são contextos bastante diferentes, a começar pela formação dos professores.

No geral, professores universitários têm uma formação bastante extensa (mestrado, doutorado e, muitas vezes, pós-doutorado), mas também muito específica. Além disso, muitos não são licenciados, ou cursaram a licenciatura em um modelo que não explorava as metodologias de ensino-aprendizagem. No caso da química, isso não é diferente, porque os currículos dos cursos de química “[...] enfatizam o desenvolvimento de habilidades quantitativas, como a efetuação de cálculos e resolução de problemas, em prejuízo do desenvolvimento de habilidades qualitativas, como a escrita” (QUEIROZ, 2001, p. 143). Os químicos terminam seu curso com o modelo cartesiano de pensamento bastante estruturado, continuando a desenvolvê-lo na pós-graduação, o que leva a dificuldades na exploração das fronteiras disciplinares. Devido a este histórico, as barreiras da interdisciplinaridade no ensino superior são acentuadas, somando-se ainda o fato de o professor estar constantemente envolvido com ensino, pesquisa, extensão, eventos acadêmicos, e afazeres burocráticos.

Formados sob uma lógica estritamente disciplinar e inseridos em um ambiente universitário compartimentado, naturalmente o ensino universitário prevalecerá disciplinar (BERTI, 2007). Isto se configura como um problema devido à demanda social por um conhecimento mais amplo, que dê conta dos problemas prementes. Essa demanda desponta nos documentos oficiais como diretrizes e parâmetros para o ensino superior, colocando um grande desafio aos professores universitários.

As Diretrizes Curriculares Nacionais para o Curso de Química (BRASIL, 2001) traçam a estrutura geral para bacharelado e licenciatura em Química da seguinte forma:

O curso poderá ser estruturado em módulos semestrais, anuais ou híbridos. Deve-se evitar a compartimentalização do conhecimento, buscando a integração entre os conteúdos de Química e correlações entre a Química e áreas afins, objetivando a interdisciplinaridade. (p. 8)

Neste trecho, integrar conteúdos e evitar a compartimentalização do conhecimento são atitudes colocadas como meios para se chegar a um objetivo, a interdisciplinaridade. Para além da definição da estrutura geral dos cursos, o termo *interdisciplinaridade* é colocado em três outros momentos ao longo das diretrizes: ao falar sobre a preocupação com uma formação que propicia “a reflexão sobre caráter, ética, solidariedade, responsabilidade e cidadania” (*ibidem*, p. 2); ao pontuar as competências e habilidades que os licenciados devem possuir com relação à formação pessoal, devendo ser capazes de “acompanhar as rápidas mudanças tecnológicas oferecidas pela interdisciplinaridade, como forma de garantir a qualidade da educação em química” (*ibidem*, p. 7); e ao definir os estágios e atividades complementares como “[...] essenciais para a formação humanística, interdisciplinar e gerencial” (*ibidem*, p. 9).

Também estando presente nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica a interdisciplinaridade e a contextualização “[...] devem ser constantes em todo o currículo, propiciando a interlocução entre os diferentes campos do conhecimento e a transversalidade do conhecimento de diferentes disciplinas” (BRASIL, 2013, p. 34).

É interessante perceber que as diretrizes da educação básica sugerem que os agentes escolares busquem a integração do currículo como um todo, sendo recorrente a recomendação do uso de eixos temáticos e temas transversais para as escolas. Contudo, propostas metodológicas para o desenvolvimento da interdisciplinaridade nas IES não estão presentes no documento análogo, cabendo a outros textos, como artigos científicos e livros que divulgam os resultados de pesquisas com o ensino interdisciplinar ou até mesmo o Plano de Curso.

Em certa medida, as diretrizes dialogam no sentido de que se idealiza algum nível de formação interdisciplinar para o licenciado e se sugere fortemente, ao estudante da educação básica, o acesso a um currículo integrado, de forma contextualizada e interdisciplinar ao longo de toda a sua formação escolar. Parece-me, portanto, que tornar a interdisciplinaridade uma realidade na educação básica, especialmente para a química do ensino médio, pode ser um imenso desafio se não desenvolvermos condições para sua existência no ensino superior de química. Podemos estar diante de uma barreira do *não fazer* fundamentada no *não viver*.

Na lógica do ensino, o *não fazer* funciona ciclicamente com o *não viver*. De forma bastante resumida, podemos colocar esse ciclo da seguinte forma: o professor universitário se

formou sob um currículo altamente disciplinar e trabalha em uma universidade compartimentalizada, de modo que ensina também de forma altamente disciplinar; o estudante de graduação também se formará sob um currículo acadêmico disciplinar, tendendo a ensinar na educação básica de forma fragmentada; o estudante que ingressa na universidade encontra dificuldades em elaborar um pensamento amplo, pois se formou disciplinarmente na escola, fazendo sentido estar sob a mesma lógica na universidade. Como mencionado anteriormente, as demais instituições educacionais sempre se posicionam em relação à universidade e, por isso, entendo que nessa instituição reside poder para modificar esse ciclo.

O que coloco aqui não é uma crítica aos professores universitários ou uma atribuição de culpas a este grupo de profissionais. Esses sujeitos são parte de um ciclo historicamente construído e de difícil ruptura. Inclusive, acredito que sem o apoio institucional, muito pouco pode ser modificado pelos professores em termos de ensino disciplinar/interdisciplinar. Não por incompetência ou acomodação – embora a acomodação possa representar um grande entrave –, mas sim porque faltam propostas metodológicas interdisciplinares para o ensino superior.

Sem enveredar para uma perspectiva maternalista, devemos nos manter empáticos aos professores, pois também o somos. Seu fazer pedagógico deve ser compreendido em sua complexidade, jamais podendo ser reduzido à crítica simplória e pouco refletida: “não faz porque não quer”. É preciso prover alternativas sensíveis ao dia a dia dos professores universitários para que desenvolvam seu interesse pelas propostas interdisciplinares. Caso contrário, a interdisciplinaridade caminhará ignorada nas universidades.

É precisamente por essas razões que o fazer interdisciplinar não é trivial. Sempre se mostra complexo, de difícil entendimento e concretização. A história e a memória sempre estarão postas, mediando as relações entre professores, estudantes e conhecimento nas salas de aula. Essas questões importam imensamente ao fazer interdisciplinar pois se referem à prática docente. Se referem ao que de fato ocorre ou pode ocorrer em uma sala de aula no processo de concretização de toda a teoria interdisciplinar.

Tenho como impossível e contraproducente a tentativa de enquadrar a interdisciplinaridade em um único conceito e um único método, pois me parece incoerente que uma teoria com vistas na ampliação do pensamento seja reduzida a poucas linhas definitivas. No ponto em que nos encontramos parece mais frutífera a multiplicação de concepções, a divulgação de práticas bem-sucedidas e de investigação, e a elaboração de possibilidades metodológicas.

É no viés da elaboração de propostas metodológicas que questiono a possibilidade de que um livro didático de química geral de ensino superior seja intercessor da interdisciplinaridade nos cursos de química, especialmente no que se refere à formação de professores da educação básica, os estudantes de licenciatura.

#### 4 LIVRO DIDÁTICO DE QUÍMICA GERAL – LEITURAS E RELEITURAS

Dentre diversos autores, Chartier (1998) compreende a leitura como um ato de significação do texto, de modo que “apreendido pela leitura, o texto não tem de modo algum – ou ao menos totalmente – o sentido que lhe atribui seu autor, seu editor ou seus comentadores” (p. 77). Nessa concepção, as possibilidades de leitura são infinitas e os livros carregam uma quantidade muito maior de sentidos do que aquelas pretendidas pelo autor, pois as histórias de leitura supõem a liberdade de interpretação do leitor sobre aquilo que o livro lhe impõe. Todavia, a essa liberdade

[...] é cercada por limitações derivadas das capacidades, convenções e hábitos que caracterizam, em suas diferenças, as práticas de leitura. Os gestos mudam segundo os tempos e os lugares, os objetos lidos e as razões de ler. Nova atitudes são inventadas, outras se extinguem” (*ibidem*).

Podemos pensar que o mesmo seja válido para as potencialidades didáticas. Propor que o livro didático (LD)<sup>4</sup> seja intercessor da interdisciplinaridade é propor uma leitura que busca perceber outras dimensões nessas obras que exercem fortes influências sobre os currículos das instituições e sobre o planejamento dos professores, sendo improvável que se desvinculem totalmente da prática docente (SOUZA; MATE; PORTO, 2011). Embora se encontre muitas investigações acerca dos LD da educação básica, aqueles utilizados no ensino superior<sup>5</sup> permanecem às margens das pesquisas (*ibidem*). Isso é um problema porque, novamente, o contexto da prática docente universitária se difere da educação básica em uma série de aspectos. O foco que se coloca aqui é, portanto, sobre os LD destinados a este nível de ensino. Mais especificamente sobre os textos complementares presentes em livros de química geral de ensino superior (LDQG).

Ao pesquisarem sobre o uso do livro didático no ensino superior de química, estudando o caso da USP, Souza, Mate e Porto (2011) verificaram que antes da Reforma Universitária de 1968, o ensino dessa disciplina era completamente centrado no professor. Os alunos tinham como base de estudos tão somente suas anotações feitas durante a aula, o que consistia basicamente em uma reprodução da fala do professor. Isso acontecia principalmente porque não se dispunha de livros específicos traduzidos para o português, dificultando o acesso dos estudantes.

---

<sup>4</sup> Livro didático: encadernação ou brochura destinada ao ensino, à instrução. No caso do ensino superior, entende-se como didáticos os livros nos quais os autores expressam a intenção didática em algum momento, mais comumente no prefácio.

<sup>5</sup> Também denominados livros-texto ou livros universitários.

Após a reforma, o mercado editorial produziu mais traduções de livros do ensino superior, corroborando para modificar o modelo de aula das universidades. Alguns títulos disponíveis no mercado passaram a ser usados para planejar aulas na universidade e também começaram a ser indicados para serem adquiridos pelos alunos. Mais à frente em 2007, a expansão do número de vagas impulsionou as universidades a comprar mais exemplares desses livros, tornando-os mais acessíveis por estarem disponíveis nas bibliotecas.

É importante ter em mente que “a forma de utilização do livro didático parece estar diretamente relacionada com a percepção que o professor tem de seus próprios estudantes no que se refere às suas preferências, práticas e, sobretudo, potencialidades” (*ibidem*, p. 882). Isto é, além dos outros fatores que afetam a escolha e o uso do livro na universidade e que precisam ser melhor compreendidos pela pesquisa, a resposta dos estudantes a um determinado livro afeta a escolha do professor pelo título mais adequado ao ensino de sua disciplina. Se o livro não corresponde às necessidades dos alunos, ele é substituído por outro que, na concepção do professor, seja capaz de fazê-lo. A escolha do livro que será usado por alunos e professores ultrapassa a esfera da comodidade, estando sujeita a constantes tensões advindas das mudanças na educação, das pressões sociais e econômicas sobre a universidade, e das ofertas do amplo mercado editorial (*ibidem*).

Sobre o uso dos LD, Choppin (2004) nos coloca que ele não existe de forma independente dos demais instrumentos de ensino-aprendizagem, sendo parte indissociável de um conjunto plural de recursos. O autor aponta ainda um importante papel do LD, que é o de ser usado como ferramenta de unificação e uniformização nacional, linguística, cultural e ideológica. Isso se torna relevante se pensarmos que os LD do ensino superior são, em sua maioria, exógenos. Modelos exportados e traduzidos para serem usados no Brasil, influenciando o modo como pensamos a química, em uma intensa troca cultural. Esta troca aconteceria mesmo que os LD usados fossem nacionais, mas isso não significa que esse aspecto dos livros de ensino superior deva ser ignorado ao serem tomados como referência.

As pesquisas que levantam questões sobre as relações dos professores e alunos com esse instrumento alavancaram somente a partir de meados da década de 1980 e, desde então, foram percebidas quatro principais funções dos livros didáticos. Primeiro, a *função referencial*, quando ele se faz como suporte de conteúdos, conhecimentos, técnicas e habilidades que um grupo social deseja passar às próximas gerações. Segundo, a *função instrumental*, que põe em prática os métodos de aprendizagem de uma disciplina. Terceiro, a *função ideológica* ou cultural, porque é um vetor da língua e da cultura, sendo também disseminador dos valores das classes dirigentes. E por último, a *função documental*, quando é

entendido como um conjunto de documentos que podem, através da abordagem adequada, desenvolver o espírito crítico do aluno (*ibidem*). Nesse sentido, esta pesquisa se concentra sobre as funções referencial e instrumental sem ignorar que as demais estão sempre presentes na dinâmica do ensino.

Dentre os muitos recursos utilizados na universidade cujo potencial para a prática docente interdisciplinar poderia ser explorado, penso o LDQG como privilegiado, devido à amplitude de seu uso nos cursos de química. Além disso, esses livros abordam os temas centrais da química e são familiares a estudantes e docentes.

Olhar para o LDQG é investigar se existem traços, marcas, indícios que possam ajudar a realizar uma interdisciplinaridade que se idealiza, mas que encontra dificuldades de existir. Selecciono o LDQG admitindo como insensato partir de um recurso utilizado com menos frequência para ir em direção àquilo que é tido como barreira ou até mesmo impossibilidade. Seria algo como somar obstáculos.

Souza, Mate e Porto (2008) apontam um problema central para pensarmos o uso do LD: a atribuição de caráter canonizado e irrevogável a todo o conhecimento nele sistematizado. Dentre muitos desdobramentos, ter o livro como uma fonte de verdades em uma busca pela assimilação de informação silencia o questionamento e a exploração dos múltiplos sentidos que carrega. Compreendendo que a leitura é uma relação entre o leitor e o texto em um determinado momento e que “cada leitor, para cada uma de suas leituras, em cada circunstância, é singular” (CHARTIER, 1998, p. 92), nenhum texto carrega sentido único e inequívoco, podendo sempre ser explorado, questionado, ampliado.

Francisco Junior e Lima (2013), ao analisarem a leitura de textos complementares presentes em livros de ensino médio, reforçam que a concepção da leitura como passível de várias interpretações é praticamente desconsiderada na medida em que ler nas aulas de química é constantemente uma ação realizada como *decodificação* da palavra lida. Essa desconsideração está atrelada, especialmente no caso das ciências exatas, à não compreensão de que

[...] a relação da leitura com um texto depende, é claro, do texto lido, mas depende também do leitor, de suas competências e práticas, e da forma na qual ele encontra o texto lido ou ouvido. Existe aí uma trilogia absolutamente indissociável se nos interessamos pelo processo de produção de sentido. O texto implica significações que cada leitor constrói a partir de seus próprios códigos de leitura, quando ele recebe ou se apropria desse texto de forma determinada (CHARTIER, 1998, p. 152).

Nesse mesmo sentido, Flôr (2015) nos coloca que não importa tanto *o que* os alunos leem, mas *como* eles leem. Embora o que descreve Chartier no trecho acima seja algo que

acontece de forma natural, que não depende do nosso controle consciente, não significa que não podemos interferir conscientemente nesse processo. Se sabemos que várias leituras são possíveis, podemos ler, intencionalmente, um mesmo texto de várias formas, almejando outros objetivos de leitura que não a decodificação.

Entende-se por textos complementares aqueles que se diferem fisicamente do texto principal nos seguintes aspectos: posição na página, gênero textual, diferença na fonte (cor, forma, tamanho), e/ou pertencem a seções que se destacam visualmente (FRANCISCO JUNIOR; LIMA, 2013). Além disso, esses textos podem ou não ter os mesmos objetivos do texto principal, dando continuidade ou aprofundando um assunto tratado antes de sua exposição, ou ainda apresentando um novo assunto que será abordado logo em seguida. Tais textos são inseridos nos LD com o objetivo primário de contextualizar o conteúdo, contudo muitas vezes são tratados por professores e alunos como uma leitura deleite e opcional, não sendo explorado seu potencial educativo.

Conjugando essas ideias, questiono: que movimentos podem ser realizados na contramão da concepção da leitura apenas como decodificação? Como podemos extrapolar um texto, partindo das palavras ali contidas para buscar um conhecimento de natureza interdisciplinar? Será possível fazer isso? Os textos complementares guardam essa possibilidade?

É comum que professores expressem a vontade de que suas aulas possam significar mais para os estudantes, no sentido de que eles compreendam a natureza do que se está estudando de modo a possibilitá-los mobilizar seus conhecimentos de forma útil e racional, ao invés de simplesmente reproduzir o que lhes foi dito e/ou o que leram nos livros e artigos.

Também não é raro que professores universitários, recorrentemente dos cursos de ciências exatas, se indignem quanto à habilidade de leitura e escrita dos estudantes de graduação, que não correspondem às suas expectativas. Isso se desdobra em muitas críticas aos alunos. Por outro lado, as ofertas de possibilidades para desenvolver essas habilidades ainda são poucas. As aulas de química da graduação permanecem contemplando a leitura textual, em maior parte, no campo da compreensão e interpretação de textos científico-tecnológicos.

Sem negar sua utilidade para a ciência, a leitura técnica está longe de ser suficiente para a interdisciplinaridade, sobretudo se considerarmos a autonomia frente ao conhecimento proposta por esta linha de pensamento. Tampouco o estudante que ainda não desenvolveu a leitura técnica terá desenvoltura – ou até mesmo motivação, no escopo de tudo o mais que lhe é cobrado durante a graduação – de realizar uma leitura que visa a interdisciplinaridade.

A superação das questões da leitura – e também da escrita – no ensino de química é bastante árdua, pois demanda que professores e alunos compreendam que a “inabilidade” não é intrínseca do aluno, mas sim construída ao longo de sua trajetória escolar. É preciso assumir também que essa trajetória não o define ou o limita. Perceber a “inabilidade” como construída é um bom começo e já nos aponta caminhos e possibilidades de superação. Assim, relacionar o livro didático à interdisciplinaridade é uma perspectiva centrada na prática docente e na inserção da leitura nas aulas de química.

## **5 DOCÊNCIA UNIVERSITÁRIA – FORMAÇÃO DOS PROFESSORES E PRÁTICAS DOCENTES**

A expansão das IES é acompanhada de um aumento no número de cursos ofertados e, obviamente, no número de alunos, aumentando também a demanda por professores (CONFORTIN, 2015). Sobre estes profissionais, o Censo 2013 do Inep indica uma diferença entre a quantidade de professores das redes privada e pública, o que é coerente com os dados acerca do número de IES e do alunado de cada rede, já comentados anteriormente. Enquanto a rede privada tem 212.063 docentes, a rede pública conta com 155.219. Todos esses professores se relacionam diariamente com um quadro de alunos bastante diverso, sendo necessária uma prática docente que se adeque ao contexto atual do ensino superior, permeado por grandes desafios quando se fala de formação de professores.

Diante dessa reconhecida necessidade, tomam forma muitas pesquisas, teóricas e empíricas, que se dedicam a compreender o papel do professor universitário, especialmente seus saberes e suas práticas. Embora as pesquisas empíricas ainda não estejam tão alavancadas o quanto seria desejável, ambas já descrevem alguns problemas e algumas soluções para a formação e para a prática docente universitária mantendo vistas em uma capacitação para a docência que possa melhorar a qualidade do ensino nesse nível. Assim, para qualquer que seja o curso, é um consenso entre os pesquisadores da educação que a docência universitária deve ser repensada para formar, minimamente, cidadãos que exerçam sua profissão de modo ético, socialmente comprometido e aptos a solucionar os problemas da sociedade contemporânea (FÁVERO; TONIETO, 2015).

É comum os professores terem queixas sobre seus alunos, como a falta de base para acompanhar a aula, falta de motivação e falta de dedicação (BARONEZA; SILVA, 2007). E vice-versa: a principal reclamação dos alunos é de que, embora dominem o conteúdo, muitos professores não sabem explicar ou não têm experiência na área que lecionam (CONFORTIN, 2015). Contudo, não é tão comum encontrar relatos sobre como esses problemas foram sanados. Devido ao modo como se formam, os professores tendem a reproduzir o comportamento que apreenderam com seus próprios professores ao longo da trajetória escolar e acadêmica, resultando em uma prática não refletida e que perpetua os problemas ao invés de solucioná-los (FÁVERO; TONIETO, 2015).

É esse o movimento que leva à permanência das práticas tradicionais no ensino superior, baseadas em improvisos que não são frutos de um conjunto de habilidades e

competências para a docência, mas sim da crença de que saber o conteúdo é suficiente para ensinar (*ibidem*). É importante perceber que tal reprodução não só não é capaz de motivar os alunos que a universidade tem atualmente, com perfis e interesses diversos, como é inundada de incoerência, pois quando alunos os professores certamente já proferiram ao menos uma vez as mesmas reclamações das quais agora são alvo.

O problema central da reprodução é a continuidade que ela cria para a visão da transmissão do conhecimento como concepção de ensino, dificultando que os aspectos pedagógicos da construção do conhecimento sejam o cerne do ensino superior. Assim, a prática tradicional degrada a qualidade do ensino superior tão intensamente quanto for o nível de tradicionalismo adotado (ROJAS-BETANCUR, 2011). Trata-se de um problema que se fortalece em uma prática que não reflete sobre si mesma. Dessa forma, as soluções sugeridas pelos pesquisadores para melhorar a qualidade da formação superior recaem sobre dois aspectos principais: investir em formação continuada e incentivar e desenvolver uma prática reflexiva na universidade (SCHÖN, 1995; TARDIF, 2000; CUNHA, 2006; BOLZAN, AUSTRIA; LENZ, 2010; ALMEIDA, 2012; FÁVERO; TONIETO, 2015; CONFORTIN, 2015; LEVINSKY; CORREA; MATTOS, 2015; JUNGES; BEHRENS, 2016;).

Essas posturas são tomadas porque é consensual entre os pesquisadores a posição que defende que o domínio do conteúdo, embora essencial, está longe de ser suficiente para a docência universitária no século XXI. Todavia, não há iniciativas legais para definir a formação pedagógica dos professores do ensino superior, sendo exigidos apenas os títulos de mestre, doutor ou especialista (ARANTES; GEBRAN, 2012). Segundo o Censo 2013, 39,71% dos professores das IES tem mestrado, 33,00% tem doutorado, 24,84% tem especialização, e 2,45% tem apenas a graduação. Isto é, aproximadamente 72% desses profissionais se formaram em programas *stricto sensu*, que privilegiam a pesquisa, a imersão e a exploração profunda de um ponto específico de um dos campos do saber, não envolvendo a formação pedagógica que se considera imprescindível (BARONEZA; SILVA, 2007).

É natural, portanto, que a interdisciplinaridade esbarre em muros muito concretos na universidade. Não se trata de desqualificar a formação *stricto sensu*, mas sim de promover a conjugação entre os saberes da pesquisa e os saberes da docência, pois eles potencializam um ao outro (JUNGES; BEHRENS, 2016).

Segundo Tardif (2000; 2014), os saberes docentes são plurais e temporais, englobando muitos aspectos além do conhecimento do conteúdo e tendo diferentes origens: pessoais, da formação escolar anterior, da formação profissional, dos programas curriculares e dos livros didáticos, e da experiência na escola, na sala de aula e na profissão. Os professores mobilizam

seus saberes de diferentes formas em diferentes contextos e situações para atingir variados objetivos, fazendo com que a docência permaneça em movimento. Contudo, no ensino superior nem sempre os professores têm consciência da existência desses saberes, o que os impede de racionalizá-los para melhor objetivá-los (CONFORTIN, 2015).

Pesquisando um grupo de professores do curso de Pedagogia em um contexto de formação continuada, Arantes e Gebran (2015) relataram alguns problemas centrais para a docência no ensino universitário, como a predominância de aulas expositivas, a falta de aprendizagem sobre a docência com os pares, e a concepção de teoria e prática como aspectos dissociados da profissão.

Esses problemas permeiam todos os cursos e é um grande desafio solucioná-los, especialmente por estar o professor no centro deles, podendo se traduzir em infértil atribuição de culpas a esses sujeitos. A pesquisa das autoras revelou que a formação continuada foi capaz de resultar em mudanças nas práticas dos professores, que relataram ter sido uma iniciativa proveitosa, já que estavam conhecendo novos aspectos da docência e refletindo e debatendo sobre pontos que nunca antes haviam parado para analisar.

Assim, apresentando formação em licenciatura ou não, é necessário o investimento em formação continuada para os professores universitários, consistindo em momentos de reflexão sobre a própria prática em diálogos com seus pares, além de ser um espaço fértil ao debate sobre novas metodologias de ensino.

Tal espaço de formação não só contribui para a formação do professor reflexivo, que faz o processo de ação-reflexão-ação e de reflexão-na-ação proposto por Schön (1995), mas também para a construção de saberes docentes. Não se trata de abandonar o que já se sabe, mas sim de repensar, refletir e ressignificar os saberes, compreendendo o que se sabe e o que não se sabe para então mudar a prática de modo objetivo e esclarecido, em oposição ao jogo de tentativa e erro resultante de uma prática não refletida (CONFORTIN, 2015).

A Resolução nº2 de 1º de julho de 2015 do CNE, contendo resoluções para a formação de professores que devem ser atendidas em um prazo de três anos a partir da data de sua publicação, compreende a docência como

[...] ação educativa e como processo pedagógico intencional e metódico, envolvendo conhecimentos específicos, interdisciplinares e pedagógicos, conceitos, princípios e objetivos da formação que se desenvolvem na construção e apropriação dos valores éticos, linguísticos, estéticos e políticos do conhecimento inerentes à sólida formação científica e cultural do ensinar/aprender, à socialização e construção de conhecimentos e sua inovação, em diálogo constante entre diferentes visões de mundo (BRASIL, 2015, p. 3).

Dentre os princípios para a formação dos profissionais do magistério da educação básica, o documento traz a necessidade de “um projeto formativo nas instituições de educação sob uma sólida base teórica e interdisciplinar que reflita a especificidade da formação docente, assegurando organicidade ao trabalho das diferentes unidades que concorrem para essa formação” (BRASIL, 2015, p. 4). Contudo, diante do contexto de formação dos professores universitários exposto até aqui, penso que a exigência por um ensino interdisciplinar pode se traduzir em um grande empecilho à docência universitária.

A alteração da prática não só requer um ajuste interno de concepções que permitam a saída da inércia, mas também demanda mais leitura, planejamento, comprometimento e participação de todas as partes: professores, alunos e instituição. Isso pressupõe uma mudança no hábito de pensar a educação e o papel de cada sujeito na sala de aula, conferindo complexidade ao processo.

Mudanças sempre esbarram em resistências. No caso da interdisciplinaridade, os professores precisam ainda entender o conceito para então buscar ou desenvolver uma metodologia que seja, no mínimo, coerente com a teoria para que possam se perceber interdisciplinares e dar continuidade a essa construção (FAZENDA, 2012). Diante disso, penso que podemos partir do livro para traçar um caminho para a prática interdisciplinar, pois se trata de um instrumento palpável, familiar.

Entendo que usar o livro como intercessor da interdisciplinaridade é a materialização da ideia de que estabelecer pleno conformismo e abrir mão de novas alternativas para o ensino certamente não constitui um caminho viável. Entretanto, para que este conceito possa existir sob a forma de um processo pedagógico, também não é necessário negar e abandonar o que já existe e é útil para propor algo absolutamente inédito.

O fato de estar sendo construída não exige que todos os locais de partida rumo à interdisciplinaridade devam ser inéditos. Parece óbvio, mas a proposta interdisciplinar pode soterrar o professor de informação, levando-o a pensar que se trata de uma vertente complexa demais, impossível de ser executada, bloqueando sua ação de construí-la. Exigir uma mudança radical na prática docente não me parece razoável, então proponho uma transição. Partindo do que conhecemos rumo ao que almejamos, aos poucos, construir: a interdisciplinaridade. Ademais, começar a pensar em uma aula interdisciplinar é um bom começo para estimular tanto a reflexão quanto o diálogo, o que certamente é um benefício à docência no ensino superior.

Nessa perspectiva existem possibilidades para pensar a interdisciplinaridade nos cursos de licenciatura em Química a partir dos textos complementares presentes em livros de

química geral do ensino superior, sendo interessante articular o uso desses livros, dos textos complementares e das concepções de interdisciplinaridade de professores e estudantes.

Propor a análise desses textos é compreender que os sentidos que eles carregam extrapolam as bordas dos quadros onde normalmente são posicionados e, por isso, podem servir para explorar as fronteiras teórico-metodológicas entre as disciplinas. Buscar marcas de outras áreas de conhecimento pode permitir lançar pontes e estabelecer diálogos entre a química e as demais disciplinas (JAPIASSU, 1976).

Ressalto que analisar tais textos sob esse olhar é apenas um dos modos possíveis de lê-los e, portanto, as discussões, resultados e conclusões das análises não pretendem refletir as concepções ou qualidades de toda a obra. Pretendem, porém, criar subsídios para que os docentes e futuros docentes dos cursos de química disponham de novos olhares sobre os textos complementares dos LDQG no que tange a interdisciplinaridade, para que esses cursos possam formar professores de química que consigam fazer o mesmo.

Atribuo a realização dessa leitura aos professores universitários por estarem eles à frente do preparo e condução das aulas da graduação e também por possuírem uma extensa bagagem de leitura que os possibilita articular diferentes conhecimentos (SANTOS, 2001). Contudo, isso não impede que os alunos possam tomar esta frente quando se sentirem aptos e inclinados a fazê-lo.

É importante perceber que tornar a interdisciplinaridade possível na universidade é interferir no equilíbrio intrinsecamente dinâmico entre ensino superior e educação básica, pois ao viverem uma prática interdisciplinar na universidade aumenta-se as chances de continuidade dessa prática na educação básica (BORGES; TAUCHEN; SOUZA, 2015). E os alunos da escola básica que se formarem em contato com a interdisciplinaridade responderão mais facilmente à esta proposta na universidade, alimentando positivamente o equilíbrio existente entre universidade e escola.

## 6 QUESTÃO DE PESQUISA, OBJETIVOS E PERCURSO METODOLÓGICO

Diante do referencial teórico e das reflexões expostas até aqui, a questão de pesquisa que emerge é: qual é o potencial dos textos complementares presentes em livros didáticos de química geral do ensino superior para serem usados como intercessores da interdisciplinaridade na formação de professores de química?

### 6.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar os textos complementares do livro mais consultado de química geral para verificar sua potencialidade em serem intercessores de uma prática docente interdisciplinar.

### 6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar o uso dos livros de química geral e de seus textos complementares por docentes e discentes do curso de licenciatura.
- Investigar quais os dez livros de química geral mais retirados na Biblioteca Universitária (BU) e Biblioteca Exatas (BE) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).
- Analisar o conteúdo dos textos complementares do livro de química geral mais lido para verificar se os temas abordados apresentam possibilidades interdisciplinares.
- Comparar o modo de seleção e uso do livro de química geral e dos textos complementares entre docentes que ministram a disciplina Química Fundamental.
- Indicar uma proposta de trabalho com os textos complementares.

### 6.3 PERCURSO METODOLÓGICO

Toda a pesquisa foi realizada com alunos e professores do Departamento de Química (DQ) da UFJF. A metodologia realizada consiste na associação de procedimentos quantitativos e qualitativos, e se divide em três partes – *Parte 1: escolha do Livro*, *Parte 2: Levantamento das concepções* e *Parte 3: Delimitação dos textos*. Na *Parte 1* utilizei um levantamento numérico, analisando-o quantitativamente, e na *Parte 2* apliquei questionários e entrevistas semiestruturadas, analisando-os por Análise de Conteúdo. Os textos complementares selecionados na *Parte 3* também foram analisados de forma quantitativa e

qualitativa, sob o mesmo referencial teórico das demais partes. No Quadro 1 estão dispostas as partes do percurso metodológico:

**Quadro 1.** Identificação de cada etapa do percurso metodológico.

<b>PARTE 1</b>	ESCOLHA DO LIVRO	1ª ETAPA	LEVANTAMENTO JUNTO ÀS BIBLIOTECAS
		2ª ETAPA	QUESTIONÁRIO COM DOCENTES DE QUÍMICA FUNDAMENTAL
		3ª ETAPA	QUESTIONÁRIO COM ESTUDANTES
	COMPLEMENTO	NÚMERO DE EXEMPLARES	
<b>PARTE 2</b>	LEVANTAMENTO DAS CONCEPÇÕES	1ª ETAPA	ENTREVISTA COM DOCENTES DE QUÍMICA FUNDAMENTAL
		2ª ETAPA	QUESTIONÁRIO COM ESTUDANTES
<b>PARTE 3</b>	DELIMITAÇÃO E ANÁLISE DOS TEXTOS COMPLEMENTARES		

Fonte: elaborado pela própria autora.

A seguir estão descritas as três partes e suas etapas, justificando as escolhas relevantes e descrevendo a execução de cada passo.

### 6.3.1 Parte 1: Escolha do livro

Sob a intenção de que este projeto possa ser significativo e útil para a educação em química no ensino superior, propus escolher o livro a partir de uma triangulação metodológica. Adota-se a triangulação quando “[...] se utilizam diferentes métodos de investigação para a recolha de dados e a análise do objeto em estudo” (FIGARO, 2014, p. 128). Essa metodologia não garante a confluência dos dados, tendo seu valor na construção de um olhar mais apurado sobre o objeto de pesquisa, pois possibilita entendê-lo além de uma única perspectiva, inclusive, relacionando três ou mais. Assim, o método também auxilia na prevenção de “possíveis distorções relativas tanto à aplicação de um único método quanto a uma única teoria ou um pesquisador” (*ibidem*, p. 127).

Atribuo esta importância à seleção do livro porque é a partir dele que serão selecionados os textos complementares e, visando a utilidade das análises para docentes e futuros docentes, a escolha do livro não deve se basear apenas em minha vivência. Nesta pesquisa, a grande contribuição da triangulação foi ajudar a identificar relações entre: dados de retiradas de livros de química geral nas bibliotecas e dados de seleção e leitura de livros de química geral por docentes e estudantes da licenciatura em Química na UFJF. Abaixo estão descritas as três etapas da Parte 1:

1ª Etapa – Levantamento junto às bibliotecas: solicitei à gerência da BU, localizada no Campus Juiz de Fora, um levantamento dos dez livros de química geral mais retirados tanto na BU quanto na BE, do início de 2012 ao final de 2016 (intervalo [2012, 2016]<sup>6</sup>).

2ª Etapa – Questionário com docentes de Química fundamental (Apêndice A): elaborei e apliquei um questionário sobre a seleção e o uso dos quatro primeiros livros da lista obtida na 1ª etapa a todos os docentes que estavam ministrando a disciplina Química Fundamental em 2016/2º.

3ª Etapa – Questionário com estudantes (Apêndices B e C): elaborei e apliquei um questionário sobre o uso dos quatro primeiros livros da lista obtida na 1ª etapa aos alunos do curso de licenciatura em Química do campus Juiz de Fora: ingressantes em 2012/2º e em 2016/2º. São selecionados os segundos semestres para aplicação dos questionários, pois o ingresso direto no curso de licenciatura em Química noturno ocorre apenas nesses semestres.

Solicitei os dados de empréstimo de 2012 a 2016 porque as informações referentes a apenas a um ou dois anos letivos não seriam suficientes, visto que o uso dos livros pode variar conforme: a disponibilidade dos mesmos, a indicação dos professores de diversos cursos, o interesse dos estudantes, ou outros fatores. Além disso, essa faixa permite verificar possíveis variações no total de empréstimos das obras e manter a coerência entre a seleção dos sujeitos e levantamento de empréstimos.

Focar nos livros de química geral fundamenta-se na percepção de que abrangem grande parte do conteúdo a ser desenvolvido no ensino superior, em nível de graduação – em maior ou menor detalhamento – e, portanto, são consultados em diferentes momentos do percurso acadêmico de discentes e docentes do curso. Todavia, sujeitos inseridos em outros contextos de formação da UFJF também têm livre acesso a estas obras, fazendo com que o livro mais retirado no intervalo [2012, 2016] não seja, necessariamente, o mais consultado por estudantes e professores da licenciatura em Química. Assim, foi importante relacionar os

---

<sup>6</sup> O período [2012, 2016] não coincide com o semestre de ingresso da turma de 2012/2º. Devido a uma longa greve no ano de 2012, o segundo semestre só teve início em novembro, terminando em maio de 2013. Todavia, uma vez que os dados do levantamento certamente englobaram os empréstimos de todos os participantes em ambas as bibliotecas, mantém-se uma coerência satisfatória entre os dados coletados e o período em que os sujeitos da pesquisa estavam matriculados no curso. O interesse do levantamento é apenas indicar quais são os livros de química geral mais retirados na biblioteca de 2012 a 2016 para guiar a elaboração dos questionários, não importando em qual semestre foram retirados. Além disso, os dados de 2012/2º se sobreporiam aos de 2013/1º, comprometendo as análises.

dados das bibliotecas e as escolhas de professores e estudantes. Para isso, selecionei os quatro primeiros livros da lista construída a partir do levantamento de empréstimos para elaborar algumas perguntas dos questionários.

Selecionei os docentes que estavam atuando na disciplina Química Fundamental para aplicar o questionário por ser esta a primeira disciplina de química da matriz curricular do curso, iniciando o uso dos LDQG ao sugeri-los como bibliografia.

Em relação aos estudantes, selecionei os ingressantes e os formandos de 2016 para responder ao questionário, pois é nesse ano que o aplicaria. Assim, responderam aos questionários os seguintes alunos do curso licenciatura em Química: ingressantes em 2016/2º e formandos neste mesmo semestre (isto é, os que ingressaram em 2012/2º).

Para solicitar os dados de empréstimo acima descritos entrei em contato com a gerência da Biblioteca Universitária da UFJF em agosto de 2016, que por sua vez solicitou os dados à Central de Serviços de Tecnologia da Informação do Centro de Gestão do Conhecimento Organizacional (CGCO).

A UFJF, e muitas outras universidades no Brasil e no mundo, usa o sistema de Classificação Universal Decimal (CDU)<sup>7</sup> para organizar seu acervo. O CDU coloca todos os livros de química sob o código 54, sendo que este código (como todos os outros) apresenta subseções, anexando outros símbolos junto ao 54 para indicar, por exemplo, que se trata de um livro de química orgânica. Como a lista de títulos é bastante extensa, reduzimos a busca aos códigos 54 e 54+códigos<sup>8</sup> para restringir o levantamento aos livros de química geral.

Quinze dias após o pedido, a biblioteca me encaminhou, por e-mail, três planilhas com os dados de retiradas dos livros sob estes códigos, de 2012/1º a 2016/2º, agrupadas por ano: uma com os dez livros mais retirados na BU; uma com os dez livros mais retirados na BE; e um relatório analítico com todas as retiradas dos anos na BU e na BE, separadamente. Nas duas primeiras planilhas ocorreu de um mesmo livro se repetir em uma mesma lista. Como no ano de 2012, por exemplo, em que a lista dos dez mais retirados na BE era composta de apenas dois títulos que se repetiam. Ao pedir informações sobre esse dado à gerência da biblioteca, foi esclarecido que isso acontece porque o sistema do CGCO considera exemplares de mesmo título e edição como livros diferentes, por terem códigos de barra diferentes. Como o sistema faz a listagem dos dez mais retirados baseando-se apenas no número de empréstimos de cada exemplar, e não no total de empréstimo por título, foi preciso refazer as

---

<sup>7</sup> Algumas instituições usam CDD (Código Decimal de Dewey) para organizar seus acervos.

<sup>8</sup> A classificação generalizada como 54+códigos se refere a um conjunto de símbolos que são anexados ao 54 para classificar os livros de química geral. Foram solicitados, portanto: 54, 54+, 54/, 54=, 54( ), 54“ “, 54\*, 54- e 54A, sendo que o código 54A se refere ao código 54 associado a qualquer letra.

listagens. Vale pontuar que os empréstimos que constam no relatório analítico incluem as renovações e as retiradas dos livros que não circulam.

Refeitas as listas dos dez livros mais retirados, elaborei um questionário para ser respondido pelos professores e professoras que estavam ministrando a disciplina Química Fundamental em 2016/2º. Seguindo as recomendações de Bell (2008), o questionário foi elaborado e testado para aprimorar a clareza e a estrutura das perguntas, eliminar as possíveis ambiguidades e perguntas duplas, ajustar as alternativas e diminuir a imprecisão. Também foram revistas a estrutura e organização das perguntas, a aparência e o modo de apresentação.

Em novembro de 2016 contatei os professores pessoalmente, um a um em seus gabinetes para esclarecer as linhas gerais do projeto e os objetivos da aplicação do questionário. Perguntei se eles gostariam de participar da pesquisa e, em caso afirmativo, o questionário e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice D) foram entregues. Aos que solicitaram, encaminhei o questionário por e-mail. Em quase todos os casos os professores pediram para devolver o questionário respondido na próxima semana, mas devido às suas tarefas, esse prazo se estendeu por cerca de um mês.

Também utilizando as listas dos dez livros mais retirados, elaborei um questionário para ser respondido pelos alunos do curso de licenciatura em Química: ingressantes em 2012/2º e 2016/2º. Estes questionários também foram elaborados e testados conforme os parâmetros descritos acima.

Iniciei o contato com os estudantes em novembro de 2016, depois de solicitar à coordenação do curso, em setembro de 2016, uma listagem com seus nomes, e-mails e números de telefone. Esta listagem pode ser acessada pelo Sistema Integrado de Gestão Acadêmica (SIGA) no *login* da coordenação.

Para encontrar os ingressantes compareci, previamente autorizada pela professora da turma, à aula de Química Fundamental do curso licenciatura para conversar com os estudantes sobre o projeto e perguntar se gostariam de participar da pesquisa. Como nem todos os alunos estavam presentes na primeira intervenção, compareci a esta aula mais três vezes. Ainda não tendo contactado todos eles, recorri ao envio de e-mail e mensagens por telefone, conseguindo mais algumas respostas. Os poucos formandos foram mais facilmente encontrados. Alguns eu já conhecia e outros consegui agendar, por telefone, um encontro para que pudessem responder ao questionário. Para ambos os grupos também foi entregue o TCLE (Apêndice D).

Ao elaborar a metodologia, senti a necessidade de verificar a existência de relações entre empréstimos e disponibilidade dos livros. E, entendendo que as turmas de Química Fundamental são compostas por alunos de diversos cursos oferecidos na UFJF, além da

licenciatura em Química, e que os demais docentes do departamento também são potenciais leitores dos quatro livros, surgiram mais questões. Assim, adicionei um complemento à *Parte I* para enriquecimento da discussão:

Número de exemplares: verifiquei o número de exemplares dos quatro livros de Química Geral mais retirados nas bibliotecas consultadas.

O número de exemplares dos quatro livros mais retirados foi verificado em março de 2017 pelo SIGA. No item Biblioteca é possível fazer uma pesquisa multicampo, filtrando simultaneamente por título e autor. Ao fazer essa consulta, clica-se na ação *detalhes* para verificar: em qual biblioteca está o livro, a disponibilidade de cada exemplar, e o número de exemplares de cada edição.

### **6.3.2 Parte 2: Levantamento das concepções**

Para pensar as possibilidades dos textos complementares na direção da interdisciplinaridade é valioso conectar as concepções de professores e estudantes acerca dessa temática à literatura. Aliás, numa pesquisa que se presta a futuros professores da escola básica e a professores do ensino superior de química, é bastante razoável que suas ideias sobre o tema sejam levadas em consideração nas análises. Assim, executei as duas etapas abaixo:

1ª Etapa – Entrevista com docentes (Apêndice E): Elaborei e realizei uma entrevista semiestruturada sobre as concepções acerca da interdisciplinaridade com todos os docentes que estavam ministrando a disciplina Química Fundamental em 2016/2º.

2ª Etapa – Questionário com estudantes (Apêndices B e C): Elaborei e apliquei um questionário sobre as concepções acerca da interdisciplinaridade aos discentes do curso de licenciatura em Química, ingressantes nos semestres e 2016/2º e 2012/2º.

Escolhi a disciplina Química Fundamental para selecionar os entrevistados, que são os mesmos professores que responderam ao questionário, pois sua ementa possibilita desenvolver diversos temas e metodologias com os estudantes, o que pode ser propício à interdisciplinaridade.

Em 2016/2º, o grupo de professores lecionando Química Fundamental era composto por apenas seis pessoas, o que favorece a realização de entrevista semiestruturada. Além

disso, este método de coleta de dados permite que “[...] o sujeito discorra e verbalize seus pensamentos, tendências e reflexões sobre os temas apresentados” (ROSA; ARNOLDI, 2008, p. 31), proporcionando um diálogo no qual podem ser feitas perguntas além daquelas pré-estabelecidas.

Assim como para entregar os questionários, em novembro de 2016 os docentes foram abordados em seus gabinetes, um a um, sendo convidados para a entrevista (TCLE em Apêndice F). Todos os professores contribuíram com esta etapa, sendo excluída apenas a professora orientadora deste projeto. As cinco entrevistas duraram de 25 a 40 minutos, foram registradas em áudio e transcritas para posterior análise.

Evitando ter que contatar todos os estudantes duas vezes, as perguntas deste questionário foram inseridas naquele aplicado na 3ª etapa da parte 1 (novembro de 2016) sendo posicionadas ao final para melhor organização de sua leitura e possibilitando o recorte no momento das análises. Ao fazer este questionário “dois em um” foi necessário apenas um TCLE, dando ainda mais praticidade à aplicação. As perguntas sobre a interdisciplinaridade foram iguais para os dois grupos de estudantes – ingressantes e formandos.

### **6.3.3 Parte 3: Delimitação dos textos complementares**

Associados ao tempo para realizar esta pesquisa, o tamanho e a complexidade dos livros de química geral torna inviável analisá-lo em toda sua extensão, ainda que se trate de apenas um livro. Por isso, foquei nos textos complementares porque comumente trazem aplicações dos conhecimentos presentes no texto principal. Em suma, as análises se prestaram a entender se os temas explorados nestes textos têm traços e marcas de outras disciplinas que os tornem potenciais para serem usados como intercessores de uma prática de ensino interdisciplinar.

Em abril de 2017, depois de feita a triangulação dos dados obtidos na Parte 1 e analisadas as entrevistas e questionários da Parte 2, foi feito o empréstimo do livro selecionado para análise na biblioteca. Contabilizei os textos complementares para decidir quais seriam considerados para aplicar os procedimentos da Análise de Conteúdo.

Diante de um grande número de textos, decidi delimitar as análises aos textos presentes nos capítulos que, possivelmente, podem ser os usados na disciplina Química

Fundamental. Esta relação foi feita cruzando-se a ementa<sup>9</sup> da disciplina e o índice do livro, selecionando apenas os capítulos que contém os itens da ementa.

#### 6.4 REFERENCIAIS DE ANÁLISE

Os dados coletados junto à BU foram analisados quantitativamente, consistindo na “[...] recolha, apresentação, análise e interpretação de dados numéricos através da criação de instrumentos adequados: quadros, gráficos e indicadores numéricos” (REIS, 2008, p. 15). Este método se mostra como o mais adequado à natureza quantitativa dos dados, já que nos permite descrever e compreender as relações entre diferentes variáveis de forma bastante visual, facilitando as descrições, interpretações e inferências.

Todos os questionários e entrevistas foram analisados com os procedimentos da Análise de Conteúdo, que entende que a mensagem expressa significado e sentido. Assim, o analista pode criar categorias para analisar e inferir sobre o que foi dito pelo participante da pesquisa (FRANCO, 2007; BARDIN, 2011).

Preservando a identidade dos participantes, foram atribuídos nomes fictícios a cada um deles em todas as análises.

A análise dos textos complementares foi feita tanto de modo quantitativo quanto pela Análise de Conteúdo. A primeira para fornecer um panorama geral em termos numéricos e a segunda para explorar os temas dos textos, consistindo na criação de categorias que permitam verificar seu potencial interdisciplinar.

---

<sup>9</sup> Disponível em <http://www.ufjf.br/quimica/disciplinasdep/plano-de-ensino/?CodDisciplina=QUI125> (acessado em 13/04/17).

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1 ESCOLHA DO LIVRO

#### 7.1.1 Dados de empréstimos nas bibliotecas

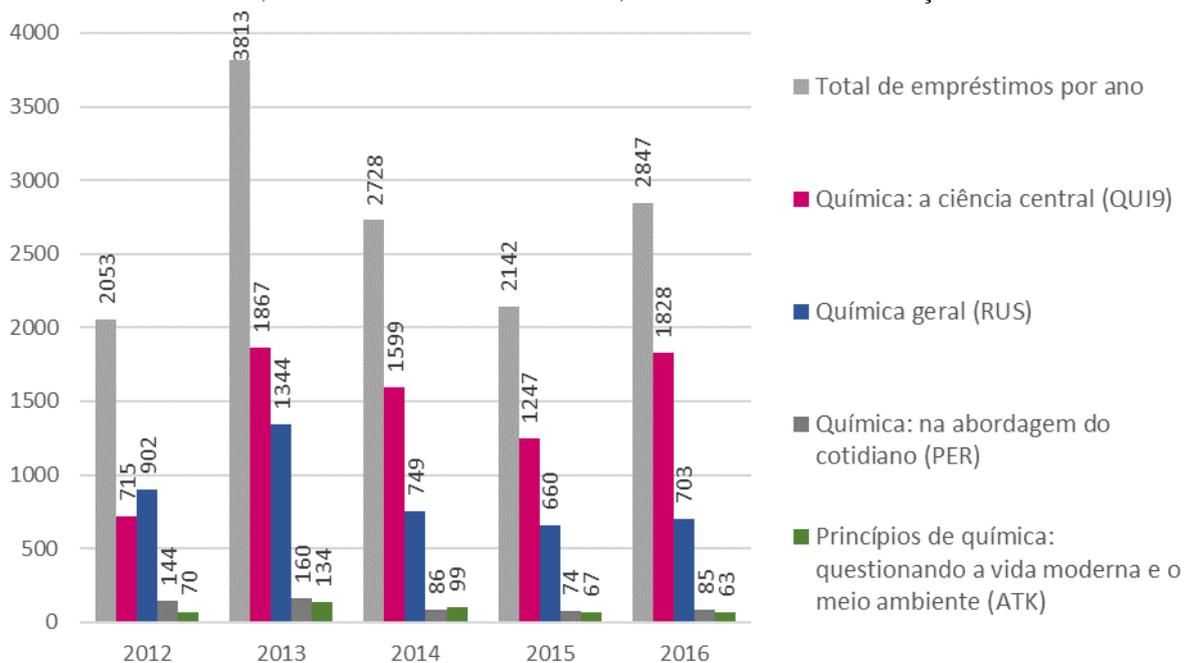
Os dados desta etapa da triangulação são numéricos, cabendo utilizar a análise quantitativa para interpretá-los. Como os dados brutos se traduziram em várias tabelas, apresento-os resumidos para uma melhor compreensão.

Ao refazer as listas dos dez livros mais retirados, obtive cinco listas finais (uma por ano) que apresentam os empréstimos de ambas as bibliotecas. A partir dessas listas recortei os quatro livros de química geral mais retirados na BE e na BU:

- Química: a ciência central (Brown, LeMay & Bursten) (QUI9)
- Química Geral (Russel, John Blair) (RUS)
- Química: na abordagem do cotidiano (Peruzzo, Francisco Miragaia) (PER)
- Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente (Atkins, Peter William) (ATK)

O Gráfico 1 mostra o número de empréstimos de cada um destes livros ao lado do total de empréstimos de cada ano:

**Gráfico 1.** Número de empréstimos dos quatro primeiros livros da lista dos dez mais retirados, discriminado por ano, de 2012 a 2016. Para cada título, estão incluídas todas as edições.



\* As siglas QUI9, RUS, PER e ATK são as mesmas utilizadas pela Biblioteca Universitária para indicar a autoria do livro. Fonte: elaborado pela própria autora.

Após analisar esses dados, verifiquei não há um padrão na variação do número de empréstimos, nem total e nem por exemplar. Contudo, o ano de 2013 apresenta um total de empréstimos significativamente maior que os demais. Possivelmente, isto decorre da disponibilidade desses títulos na internet e/ou em fotocópia a partir de 2014, não necessariamente indicando que os alunos vêm lendo menos este tipo de livro.

Os livros PER e ATK são os menos retirados entre os quatro títulos, o que pode ser observado pela discrepância evidenciada no Gráfico 1. Decidi focar nestas quatro obras para dar seguimento à *Parte 1*, pois o número de empréstimos dos demais livros da lista dos dez mais retirados é ainda menor. Abranger também PER e ATK nos questionários permite verificar se o uso dos alunos e professores do curso de química correspondem ao que indica o Gráfico 1.

A presença do livro PER na lista acima surpreende, pois é um título direcionado ao Ensino Médio. Embora o foco da pesquisa sejam os livros didáticos de química geral de ensino superior, optei por mantê-lo na elaboração dos questionários porque os empréstimos de PER e ATK são muito próximos. Para compreender a que parcela dos empréstimos corresponde cada título, apresento a Tabela 3:

**Tabela 3.** Porcentagem representada por cada título dos quatro livros mais retirados, de 2012 a 2016.

Ano	Total de empréstimos por ano	Porcentagem de cada título				
		QUI9	RUS	PER	ATK	Demais títulos
<b>2012</b>	2053	<b>35%</b>	<b>44%</b>	7%	3%	11%
<b>2013</b>	3813	<b>49%</b>	<b>35%</b>	4%	4%	8%
<b>2014</b>	2728	<b>59%</b>	<b>27%</b>	3%	4%	7%
<b>2015</b>	2142	<b>58%</b>	<b>31%</b>	3%	3%	4%
<b>2016</b>	2847	<b>64%</b>	<b>25%</b>	3%	2%	6%

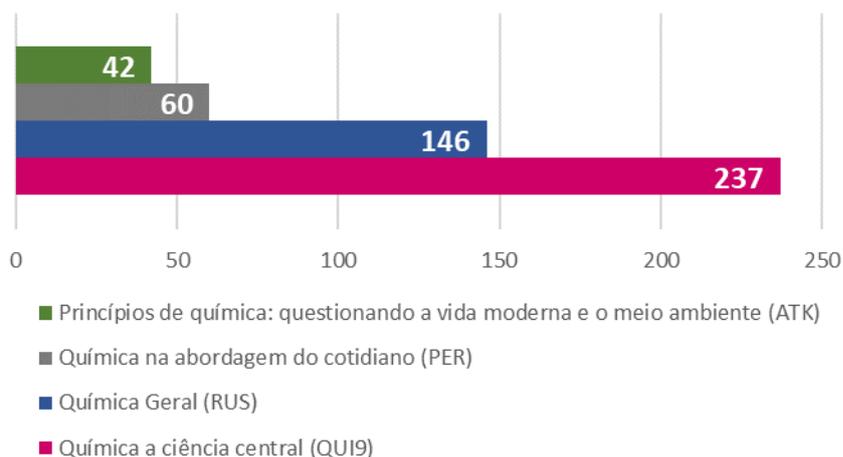
Fonte: elaborado pela própria autora.

Observando as colunas em destaque é possível perceber que a porcentagem de retiradas do QUI9 ultrapassa a de retiradas do RUS em todos os anos, exceto em 2012. Há também uma predominância do uso do livro QUI9, que de 2014 a 2016 representa mais de 50% das retiradas, sendo próximo do dobro de retiradas do RUS.

Diante destes dados, percebe-se uma predominância do uso do livro *Química: a ciência central*, que pode estar associado a vários fatores, dentre eles o número de exemplares

disponíveis na biblioteca. O Gráfico 2 apresenta o total de exemplares de cada um dos títulos, somando-se ambas as bibliotecas consultadas:

**Gráfico 2.** Quantidade de exemplares dos quatro livros mais retirados de 2012 a 2016, somando BU e BE. Dados coletados em março de 2017.



Fonte: elaborado pela própria autora.

A diferença entre a quantidade de exemplares indica a existência de uma relação direta entre disponibilidade dos livros e empréstimos realizados na biblioteca. Porém, o número de retiradas pode estar associado a outros fatores que não podem ser investigados a partir destes dados, sendo necessário complementar estes dados com os dois outros ângulos dessa triangulação.

### 7.1.2 Questionário com docentes de Química Fundamental

O questionário que foi respondido pelos docentes foi elaborado à luz dos objetivos da pesquisa e incorporando a interpretação dos dados acima discutidos. Assim, as perguntas incidiram sobre: formação e trabalho, uso do livro de química geral, uso dos quatro livros mais retirados nas bibliotecas, e uso dos textos complementares.

Contribuíram para a pesquisa quatro mulheres e um homem, formados em química e com pós-graduação em diferentes áreas, todos professores do DQ da UFJF. Todos estavam atuando na disciplina Química Fundamental no segundo semestre de 2016. A professora orientadora dessa dissertação, também atuante na disciplina neste período, foi excluída da aplicação do questionário.

O Quadro 2 situa a formação acadêmica, o tempo de trabalho no DQ da UFJF e as disciplinas em que os professores utilizam os LDQG:

**Quadro 2.** Formação acadêmica e uso dos LDQG informado pelos professores de Química Fundamental.

	Formação	Tempo de trabalho no DQ; tipo de contrato	Disciplinas em que usam LDQG; livros que usa com mais frequência	
			para planejar aulas	para indicar aos alunos
<b>Débora</b>	Bacharel em Química; mestrado, doutorado e pós-doutorado em Química Orgânica	6 meses; substituta	Química Fundamental e Lab. de Química; <b>QUI9</b> e <b>RUS</b>	Química Fundamental e Lab. de Química; <b>QUI9</b>
<b>Paola</b>	Bacharel e licenciada em Química; mestrado e doutorado em Química Orgânica	13 meses; substituta	Química Fundamental, Lab. de Química, e Lab. de Ciências; <b>QUI9</b> e <b>RUS</b>	Química Fundamental; <b>QUI9</b>
<b>Vicente</b>	Bacharel em Química; mestrado, doutorado e pós-doutorado em Físico-Química Inorgânica	8 anos; efetivo	Química Fundamental; <b>QUI9</b>	Química Fundamental; <b>QUI9, RUS</b> e <b>ATK</b>
<b>Bianca</b>	Bacharel e Licenciada em Química; mestrado e doutorado em Inorgânica	7 anos; efetiva	Química Fundamental e Lab. de Química; <b>QUI9, RUS</b> e <b>Química Geral Aplicada à Engenharia (Brown e Holme)</b>	Química Fundamental e Lab. de Química; <b>QUI9</b> e <b>RUS</b>
<b>Isaura</b>	Bacharel e Licenciada em Química; mestrado e doutorado em Química Inorgânica	3,5 anos; efetiva	Química Fundamental, Lab. de Química, Lab. de Ciências e Fundamentos de Química; <b>QUI9, ATK, Chemistry<sup>3</sup> (Burrows)</b> e <b>Chemistry (Zundahl)</b> .	Química Fundamental e Fundamentos de Química; <b>QUI9</b>

Fonte: elaborado pela própria autora.

A formação dos cinco professores é diversa, assim como a experiência com a docência no ensino superior. O Quadro 2 mostra que apenas o livro QUI9 é utilizado por todos os professores para planejar aulas e para indicar aos estudantes. São mencionados três dos títulos pertencentes à lista dos quatro mais retirados: QUI9 (nove vezes), RUS (cinco vezes) e ATK (duas vezes). São incluídos ainda dois outros títulos usados para planejar aulas que os professores não indicam aos alunos, possivelmente devido à sua indisponibilidade na biblioteca. O livro PER não é mencionado pelos professores, o que indica que os registros de

retirada não se relacionam com o uso e/ou indicação dos professores da disciplina Química Fundamental. Por essa razão descarto esse título como possibilidade para a análise dos textos complementares.

Os parâmetros considerados para o uso e indicação dos LDQG também foram avaliados no questionário (questão 06), de modo que os professores classificaram em uma escala de 1 a 5 a importância dada a cada item. Os resultados estão expostos na Tabela 4:

**Tabela 4.** Respostas dos professores à questão 6 do questionário.

		<b>Importância dos itens listados no questionário para planejar aulas (P) e indicar aos estudantes (I)</b>				
		<b>Débora</b>	<b>Paola</b>	<b>Vicente</b>	<b>Bianca</b>	<b>Isaura</b>
Autor	<b>P</b>	3	3	1	2	1
	<b>I</b>	3	3	1	2	1
Clareza da linguagem	<b>P</b>	5	5	3	5	5
	<b>I</b>	5	5	5	5	5
Diagramação e material da encadernação	<b>P</b>	1	1	3	4	4
	<b>I</b>	1	1	2	4	3
Presença de textos complementares	<b>P</b>	3	4	3	5	3
	<b>I</b>	5	4	4	2	3
Presença de ilustrações, imagens e/ou fotografias	<b>P</b>	5	5	3	5	3
	<b>I</b>	5	5	4	5	4
É reconhecido na área que leciono	<b>P</b>	5	5	3	4	3
	<b>I</b>	5	5	2	2	4
Precisão conceitual	<b>P</b>	5	5	5	4	5
	<b>I</b>	5	5	5	5	5
Atualização das informações	<b>P</b>	5	4	5	4	3
	<b>I</b>	5	4	5	4	3
Quantidade de exemplares nas Bibliotecas	<b>P</b>	3	1	5	4	1
	<b>I</b>	5	3	5	4	5
Diversidade de temas abordados	<b>P</b>	5	3	4	4	3
	<b>I</b>	5	3	4	2	4
Potencial para a interdisciplinaridade	<b>P</b>	5	3	4	3	3
	<b>I</b>	5	4	4	2	3
Muitos exercícios	<b>P</b>	5	4	4	4	3
	<b>I</b>	5	4	4	4	3
Contextualização	<b>P</b>	5	4	3	4	3
	<b>I</b>	5	4	3	4	3
Oferece sites/CDs com animações e/ou simulações	<b>P</b>	3	3	3	4	2
	<b>I</b>	1	4	2	4	2
Usei quando cursei a	<b>P</b>	1	2	1	2	2

graduação	I	1	1	1	2	1
Presença de exercícios complexos	P	3	2	3	2	2
	I	1	2	3	2	2

**Escala:** 1 = não importante; 2 = pouco importante; 3 = importante; 4 = muito importante; 5 = essencial. Fonte: elaborado pela própria autora.

Analisando as respostas é possível notar que a importância dada a cada parâmetro listado é diferente entre os professores e também entre planejar e indicar. Os itens classificados como importantes de forma mais homogênea pelos professores foram: *clareza da linguagem, precisão conceitual, e presença de ilustrações, imagens e/ou fotografias*. Estes itens são considerados, em maioria, como essenciais tanto para o planejamento quanto para a indicação. Foi atribuída menor importância aos itens *diagramação e material da encadernação, e usei quando cursei a graduação*.

A importância dos itens *presença de textos complementares, diversidade de itens abordados e potencial para a interdisciplinaridade* não é homogênea entre os professores, sendo classificada de importante a essencial, exceto por Bianca, que classifica estes três itens como pouco importantes para indicar aos alunos. O item *contextualização* foi classificado de importante a essencial pelos cinco professores, indicando a percepção de que o ensino de química na educação superior deve dialogar com a realidade, com diferentes contextos. O fato de a necessidade da contextualização estar difundida entre os professores é importante para a prática interdisciplinar, pois se trata de “[...] uma estratégia fundamental para a construção de significações na medida em que incorpora relações tacitamente percebidas” (WARTHA; SILVA; BEJARANO, 2013, p. 86), possibilitando expandir a visão sobre determinado conceito ou conteúdo.

Ao justificarem a escolha dos LDQG, os professores apresentaram argumentos que estão de acordo com os parâmetros aos quais atribuíram maior importância, não havendo inconsistência em suas respostas. Segue a transcrição de suas justificativas:

Para planejar aulas:

*Ambos apresentam uma linguagem mais clara e emprega exemplos e exercícios resolvidos que auxiliam no aprendizado.* (Débora, sobre QUI9 e RUS)

*Os dois primeiros fazem parte da bibliografia da disciplina. O último mostra exercícios aplicados à engenharia.* (Bianca, sobre QUI9 e RUS, e Química Geral aplicada à engenharia)

*Linguagem clara e conceitos adequados.* (Isaura sobre QUI9, ATK, Cemistry<sup>3</sup> e Chemistry)

Para indiciar aos alunos:

*Melhor organização dos tópicos abordados. O texto utiliza uma linguagem de fácil entendimento. Usa exemplos e exercícios resolvidos como aplicação. (Débora, sobre QUI9)*

*Fazem parte da bibliografia e apresentam um texto com linguagem mais fácil para os alunos. (Bianca, sobre QUI9 e RUS)*

*Disponibilidade na biblioteca e linguagem, ilustrações de boa qualidade. (Isaura sobre QUI9)*

Todavia, os critérios utilizados pelos professores, bem como os usos relatado por eles dos títulos mais retirados, podem ser diferentes do uso dos estudantes do curso. Assim, parto à análise dos questionários respondidos pelos estudantes.

### **7.1.3 Questionário com estudantes**

O questionário que foi respondido pelos ingressantes e formandos do curso licenciatura em química também foi elaborado considerando os objetivos da pesquisa e incorporando os dados provenientes das bibliotecas. As perguntas incidiram sobre: uso do livro de química geral, uso dos quatro livros mais retirados nas bibliotecas, uso dos textos complementares e concepção de interdisciplinaridade. Os alunos participantes estavam matriculados no curso no segundo semestre de 2016, respondendo ao questionário todos os sete (7) formandos e dezoito (18) de vinte e seis (26) ingressantes.

Todos os formandos afirmam utilizar ou já ter utilizado o LDQG em disciplinas do curso, e quinze ingressantes apontam o mesmo. Apenas um dos três ingressantes que dizem não utilizar o LDQG não justificou sua resposta. Um deles justificou não usar porque não possui um exemplar e o outro por não ser necessário no momento, pois se trata de um reingresso no curso. As justificativas da não utilização do LDQG não versam sobre a falta de utilidade, indicando que o uso desses livros é bastante difundido no curso de licenciatura em Química.

As respostas são coerentes com os recursos que os alunos dizem utilizar para estudar. Em uma escala de 1 a 5 os ingressantes e os formandos classificaram a importância dada a cada item listado no questionário (Tabelas 5 e 6):

Tabela 5. Respostas dos ingressantes à questão 2 do questionário.

<b>INGRESSANTES</b>																		
<b>Recursos que utiliza para estudar</b>																		
	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>F</b>	<b>E</b>	<b>A</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>S</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>L</b>	<b>J</b>	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>A</b>	<b>V</b>	<b>S</b>
<b>a</b>		<b>a</b>	<b>a</b>	<b>l</b>	<b>m</b>	<b>i</b>	<b>a</b>	<b>í</b>	<b>l</b>	<b>e</b>	<b>u</b>	<b>e</b>	<b>o</b>	<b>a</b>	<b>r</b>	<b>u</b>	<b>i</b>	<b>a</b>
<b>c</b>		<b>í</b>	<b>b</b>	<b>I</b>	<b>a</b>	<b>c</b>	<b>n</b>	<b>l</b>	<b>a</b>	<b>o</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>d</b>	<b>m</b>	<b>i</b>	<b>g</b>	<b>n</b>	<b>n</b>
<b>e</b>		<b>s</b>	<b>i</b>	<b>s</b>	<b>n</b>	<b>o</b>	<b>u</b>	<b>v</b>	<b>r</b>	<b>n</b>	<b>n</b>	<b>n</b>	<b>r</b>	<b>a</b>	<b>S</b>	<b>u</b>	<b>i</b>	<b>d</b>
<b>l</b>			<b>a</b>	<b>a</b>	<b>d</b>	<b>l</b>	<b>e</b>	<b>i</b>	<b>a</b>	<b>a</b>			<b>i</b>	<b>n</b>	<b>c</b>	<b>s</b>	<b>c</b>	<b>y</b>
<b>o</b>			<b>n</b>	<b>a</b>	<b>a</b>	<b>l</b>	<b>a</b>	<b>r</b>	<b>g</b>	<b>t</b>	<b>i</b>	<b>t</b>	<b>i</b>					
			<b>o</b>	<b>s</b>	<b>a</b>	<b>d</b>	<b>o</b>	<b>a</b>	<b>l</b>	<b>o</b>	<b>u</b>	<b>a</b>	<b>s</b>					
									<b>o</b>						<b>a</b>			<b>s</b>
Listas de exercícios disponibilizadas por professores	4	3	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	3	5	2	5	5	5
Slides disponibilizados por professores	5	5	5	5	5	3	5	5	5	1	5	1	3	3	4	5	4	5
Livros de Ensino Médio	3	1	1	2	1	1	2	2	3	4	1	2	5	3	5	1	4	3
Sites	4	5	5	5	3	3	5	5	3	4	4	4	5	4	5	4	4	5
Vídeoaulas	5	4	1	5	3	1	4	5	3	4	5	4	5	4	3	4	4	4
Outros vídeos	3	2	1	1	2	3	3	5	2	3	3	1	1	1	3	4	3	1
Filmes	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2	1	2	2	1
<b>Livros de Ensino Superior</b>	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5
Outros livros	3	5	1	2	2	3	2	5	4	3	1	4	5	3	5	3	4	4
<b>Livros indicados por professores</b>	5	5	1	4	3	4	3	5	5	5	5	5	5	5	5	4	-	5
<b>Artigos científicos</b>	3	2	1	2	2	2	2	3	2	4	3	1	5	3	2	3	3	1
Jornais e/ou revistas	3	2	1	1	1	3	1	3	2	3	1	1	1	2	1	2	3	2
<b>Materiais de outros estudantes</b>	5	3	3	1	1	4	4	5	3	4	2	2	5	2	2	2	2	2

**Escala:** 1 = nunca; 2 = pouco; 3 = às vezes, quando tenho alguma dificuldade; 4 = às vezes, para complementar; 5 = sempre. Fonte: elaborado pela própria autora.

**Tabela 6.** Respostas dos formandos à questão 2 do questionário.

	<b>FORMANDOS</b>						
	<b>Recursos que utiliza para estudar</b>						
	<b>Diana</b>	<b>Arthur</b>	<b>Joana</b>	<b>Pâmela</b>	<b>Andressa</b>	<b>Diego</b>	<b>Bruno</b>
Listas de exercícios disponibilizadas por professores	5	4	4	3	5	5	4
Slides disponibilizados por professores	4	4	5	5	5	5	3
Livros de Ensino Médio	3	3	2	2	1	2	2
Sites	5	5	4	4	4	2	5
Vídeoaulas	5	4	3	5	3	1	4
Outros vídeos	5	4	3	2	1	1	3
Filmes	4	3	2	1	1	1	2
<b>Livros de Ensino Superior</b>	5	4	5	5	5	4	5
Outros livros	5	3	3	5	1	2	3
<b>Livros indicados por professores</b>	5	5	5	5	5	3	2
<b>Artigos científicos</b>	4	2	4	4	2	4	4
Jornais e/ou revistas	3	2	2	1	1	2	3
<b>Materiais de outros estudantes</b>	5	4	4	4	4	2	5

**Escala:** 1 = nunca; 2 = pouco; 3 = às vezes, quando tenho alguma dificuldade; 4 = às vezes, para complementar; 5 = sempre. Fonte: elaborado pela própria autora.

A partir de suas respostas é possível afirmar que os recursos mais utilizados pelos ingressantes são: *listas de exercícios disponibilizadas por professores*, *slides disponibilizados pelos professores*, *os livros de ensino superior*, *os livros indicados pelos professores e sites*. Esse pode estar relacionado com o fato de que “[...] não são as características de personalidade do professor e sim suas ações em sala de aula que influenciam diretamente na aprendizagem dos alunos” (SANTOS, 2001, p. 73), afetando também o modo como os alunos se orientam para estudar. É importante ressaltar que, inseridos em uma cultura digital, os alunos fazem uso de materiais digitais (sites, vídeos, vídeoaulas e filmes) para estudar, porém em menor proporção do que o uso dos materiais mais tradicionais. A orientação predominante pelas *indicações de livros e outros materiais* reitera a importância da figura do professor no processo de busca pelo conhecimento dos alunos.

Esses dados permitem afirmar que a gama de recursos que os alunos da licenciatura em Química usam para estudar é bastante diversa, havendo diferenças entre ingressantes e formandos. Isso se relaciona tanto com a maturidade dos alunos quanto com as exigências das

disciplinas. Inclusive, ao compararem o modo de uso dos livros universitários no início do curso e ao final, 4 dos 7 formandos afirmam que o uso do livro mudou ao longo do tempo (dois não responderam e um afirma que não há mudanças) e todos os 7 afirmaram usá-los com mais frequência no final do curso. Assim, o modo de uso do livro muda concomitantemente com as alterações no modo de estudar dos alunos da licenciatura em Química.

Nas disciplinas mais avançadas do curso é comum que os professores indiquem artigos científicos para leitura, o que se revela na classificação do item *artigos científicos*, que é maior entre os formandos. A prática de pegar emprestado *materiais de outros estudantes* também se acentua ao longo do curso e se revela na comparação das classificações atribuídas pelos dois grupos, estando os ingressantes conectados mais estritamente às orientações dos professores e aos livros do que a esses materiais.

Os dois grupos também classificaram na mesma escala, os itens considerados ao selecionarem um LDQG para estudar, coincidindo com o que é tido como importante pelos professores de Química Fundamental (Tabelas 7 e 8):

Tabela 7. Respostas dos ingressantes à questão 4 do questionário.

	INGRESSANTES																	
	Seleção do LDQG																	
	M	L	F	E	A	N	M	S	C	L	L	J	R	S	P	A	V	S
	a	a	a	l	m	i	a	í	l	e	u	e	o	a	r	u	i	a
	c	í	b	I	a	c	n	l	a	o	a	a	d	m	i	g	n	n
	e	s	i	s	n	o	u	v	r	n	n	n	r	a	S	u	i	d
	o	a	a	d	l	e	i	a	a				i	n	c	s	c	y
			n	a	a	l	a	r					g	t	i	t	i	
			o		s	a		d					o	a	l	o	u	
									o						a		s	
Autor	4	5	1	3	2	2	4	5	3	4	4	5	5	2	3	3	3	4
<b>Clareza da linguagem</b>	5	5	2	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5
<b>Meus professores indicam nas aulas</b>	5	5	5	4	5	3	3	5	4	5	5	4	5	5	5	5	3	5
<b>Presença de textos complementares</b>	4	5	1	4	4	3	4	5	3	4	4	-	5	4	3	2	4	4
Presença de ilustrações, imagens e/ou fotografias	5	5	1	3	4	4	5	5	3	4	3	2	3	4	4	4	3	3
Quantidade de exemplares nas Bibliotecas	4	2	1	2	2	2	5	5	4	5	3	4	3	4	1	1	5	2
<b>Precisão conceitual</b>	3	5	3	3	5	5	4	5	3	5	5	4	3	5	5	5	5	3
Diversidade de temas abordados	5	5	1	4	3	3	5	5	3	3	5	5	3	3	5	4	5	5
Muitos exercícios	5	4	1	2	4	4	5	5	3	4	4	3	2	5	2	2	5	4
<b>Contextualização</b>	5	5	1	4	3	4	5	5	4	4	5	3	3	5	3	4	5	3
<b>Meus professores usam para fazer as questões das provas</b>	3	5	3	4	3	5	3	5	5	4	5	4	5	5	3	1	5	5
Oferece sites/CDs com animações e/ou simulações	2	1	1	1	2	2	3	5	3	3	3	1	3	3	1	1	2	4
Diagramação e material da encadernação	2	1	1	1	2	3	4	5	3	2	5	1	3	3	3	1	4	3

**Escala:** 1 = nunca; 2 = pouco; 3 = às vezes, quando tenho alguma dificuldade; 4 = às vezes, para complementar; 5 = sempre. Fonte: elaborado pela própria autora.

**Tabela 8.** Respostas dos formandos à questão 4 do questionário.

	<b>FORMANDOS</b>						
	<b>Seleção do LDQG</b>						
	<b>Diana</b>	<b>Arthur</b>	<b>Joana</b>	<b>Pâmela</b>	<b>Andressa</b>	<b>Diego</b>	<b>Bruno</b>
Autor	3	2	3	5	3	4	2
<b>Clareza da linguagem</b>	5	4	-	5	5	4	5
<b>Meus professores indicam nas aulas</b>	4	4	5	5	4	3	3
<b>Presença de textos complementares</b>	4	3	4	5	2	2	5
Presença de ilustrações, imagens e/ou fotografias	5	5	2	5	3	3	3
Quantidade de exemplares nas Bibliotecas	5	3	5	1	2	2	4
<b>Precisão conceitual</b>	5	3	4	5	4	4	5
Diversidade de temas abordados	5	3	4	5	4	3	5
Muitos exercícios	5	5	5	5	4	4	3
<b>Contextualização</b>	5	4	5	5	4	3	5
<b>Meus professores usam para fazer as questões das provas</b>	5	4	4	5	4	4	5
Oferece sites/CDs com animações e/ou simulações	3	2	3	2	3	2	3
Diagramação e material da encadernação	2	2	3	3	-	2	3

**Escala:** 1 = nunca; 2 = pouco; 3 = às vezes, quando tenho alguma dificuldade; 4 = às vezes, para complementar; 5 = sempre. Fonte: elaborado pela própria autora.

Os itens *clareza da linguagem* e *precisão conceitual* estão entre os mais valorizados por alunos e professores, sendo classificados de importante a essencial com predominância da classificação 5 (essencial). A classificação dos itens *presença de textos complementares* e *contextualização*, assim como para os professores, não é homogênea entre os estudantes, variando entre pouco importante a essencial. Vale comentar que os itens *meus professores indicam nas aulas* e *meus professores usam para fazer as questões das provas* também são bastante representativos na escolha do LDQG, indicando novamente o impacto da prática docente e da proposta do professor no modo de estudar dos alunos.

Selecionei os quatro primeiros livros mais retirados nas bibliotecas para investigar se os alunos os conheciam e se os utilizavam. As respostas variam entre os dois grupos e estão dispostas na Tabela 9 para efeito de comparação:

**Tabela 9.** Respostas dos ingressantes e formandos às questões 7 e 8 do questionário.

	<b>INGRESSANTES (total = 18)</b>		<b>FORMANDOS (total = 7)</b>	
	Nº de estudantes que <b>conhecem</b> o título (%)	Nº de estudantes que <b>utilizam</b> o título (%)	Nº de estudantes que <b>conhecem</b> o título (%)	Nº de estudantes que <b>utilizam</b> o título (%)
<b>ATK</b>	1 (5,6%)	1 (5,6%)	5 (71,4%)	3 (42,9%)
<b>QUI9</b>	15 (83,3%)	14 (77,8)	6 (85,7%)	6 (85,7%)
<b>PER</b>	4 (22,2%)	1(5,6%)	2 (28,6%)	2 (28,6%)
<b>RUS</b>	13 (72,2%)	6 (33,3%)	7 (100%)	4 (57,1%)
<b>Nenhum</b>	0	1(5,6%)	0	0

Fonte: elaborado pela própria autora.

Naturalmente, o número de títulos de LDQG conhecidos ao final do curso é maior do que no início, o que fica evidenciado na Tabela 9. Comparando o que é relatado pelos ingressantes com o que dizem os formandos, percebemos que o primeiro grupo conhece mais os livros QUI9 e RUS, enquanto o segundo conhece esses quatro títulos de forma menos discrepante. Ainda assim, em ambos os grupos, o número de alunos que conhecem os títulos QUI9 e RUS excede o número de alunos que conhecem os livros ATK e PER. Vale notar que ainda que os professores usem e indiquem o livro ATK, o número de alunos que conhece esse título é pouco expressivo entre os formandos e entre os ingressantes, não excedendo a difusão de QUI9 e RUS. Neste ponto é possível descartar da análise aqui proposta também o livro ATK.

#### 7.1.4 Triangulando os dados

Ajustando os resultados dos três ângulos acima discutidos não é possível perceber incoerências e contradições significativas no uso do livro. Os dados se conjugam satisfatoriamente, sendo possível perceber a escala de difusão dos LDQG no curso de licenciatura em Química. Em conjunto, os dados revelam que as retiradas nas bibliotecas decorrem do uso dos alunos, que por sua vez atrelam esse uso à indicação de seus professores e ao bom ajuste do livro aos seus critérios de seleção.

A triangulação permite verificar que o livro mais utilizado no curso de licenciatura em Química é o QUI9 (*Química: a ciência central*). Os livros PER e ATK são desconsiderados para essa análise pois não são representativos em nenhum dos três ângulos. O livro RUS

também pode ser desconsiderado porque embora seja difundido no curso, em todos os três ângulos sua escala de uso se mostra menor que a do QUI9.

Seleciono, portanto, o livro QUI9 para analisar os textos complementares no sentido de investigar seu potencial de intercessor da interdisciplinaridade na formação de professores de química.

## 7.2 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS E ENTREVISTAS

As respostas às perguntas feitas sobre os textos complementares e sobre a interdisciplinaridade nos questionários e entrevistas foram analisadas sob o referencial da Análise de Conteúdo, baseando-me em Franco (2007) e Bardin (2011). Este procedimento permite que se parta das falas (oral e/ou escrita) dos sujeitos da pesquisa para inferir logicamente a que elementos podem estar associadas. Inicialmente, passa-se por uma etapa descritiva e, depois, parte-se à categorização. Na etapa descritiva, identifiquei as unidades de registro por palavras e/ou fragmentos de sentenças.

Segundo as referidas autoras, as categorias podem ser definidas a priori, buscando-se quais falas se relacionam a quais categorias, ou podem ser definidas a partir da leitura, emergindo das falas dos sujeitos. Por se tratar de um número relativamente pequeno de registros, optei pela segunda possibilidade. Criando-as dessa forma, as categorias que emergem das falas de um grupo podem ser usadas nos demais grupos, não impossibilitando o acréscimo de outras. Isso movimenta o analista entre os materiais de análise, levando-o ajustar as categorias aos objetivos da pesquisa para melhor fazer inferências. Segundo Franco (2007),

[...] produzir inferências em análise de conteúdo tem um significado bastante explícito e pressupõe a comparação dos dados, obtidos mediante discursos e símbolos, com os pressupostos teóricos de diferentes concepções de mundo, de indivíduo e de sociedade. Situação concreta que se expressa a partir das condições da práxis de seus produtores e receptores acrescida do momento histórico/social da produção e/ou recepção (p. 27).

Dessa forma, a categorização pretende levar à compreensão de como aquilo que os sujeitos falam sobre os itens aos quais foram perguntados (textos complementares e interdisciplinaridade) se relacionam com a literatura e com sua prática, possibilitando inferir sobre o que é possível/necessário/desejável ser discutido.

Para analisar as falas sobre os textos complementares, parti dos registros dos questionários feitos com os professores de Química Fundamental para criar as categorias. Em seguida, submeti os registros dos questionários feito com os estudantes (ingressantes e

formandos) às mesmas categorias. À medida em que se fez necessário, criei outras categorias, de modo que todas as falas fossem submetidas a todas as categorias.

Quanto à interdisciplinaridade, parti das falas dos ingressantes e realizei o mesmo procedimento. As partes da entrevista que dialogam com o contexto da formação de professores foi analisada qualitativamente, buscando compreender como os professores relacionam vivência e prática.

Seguem-se abaixo as análises das falas dos sujeitos, associadas às suas categorias e à discussão que proporcionam. As unidades de registro extraídas de cada fala são as palavras e/ou expressões em destaque (negrito).

### 7.2.1 Sobre os textos complementares

Os cinco professores afirmaram usar os LDQG na disciplina Química Fundamental, identificando os textos complementares presentes nesses livros da seguinte forma (Quadro 3):

**Quadro 3.** Categorização das falas dos professores de Química Fundamental na identificação dos textos complementares.

<b>Forma</b>	<i>Em geral, são <b>textos em destaque</b> (quadros). <b>No início</b> ou <b>ao final</b> de cada assunto. (Isaura)</i>
<b>Conteúdo</b>	<p><i>Identifico como <b>aplicação</b> direta dos conteúdos mostrados no livro em exemplos presentes no <b>dia-a-dia</b> dos alunos. (Débora)</i></p> <p><i>De modo geral são ferramentas úteis que buscam <b>contextualizar</b> e <b>aprofundar</b> um tema abordado/relacionado ao conteúdo de um capítulo. (Paola)</i></p> <p><i>Dos três livros citados na questão 4, o livro do Russel é o menos rico em textos complementares. Tanto o livro do Brown quanto o do Atkins são ricamente ilustrados com <b>contextualização</b> da química no uso <b>cotidiano</b>, ambos com extrema clareza. (Vicente)</i></p> <p><i>Raramente eu leio. Mais quando busco alguma relação de <b>teoria com a prática</b>, com a realidade. (Bianca)</i></p>

Fonte: elaborado pela própria autora.

A identificação desses textos é feita pelos professores mais pelo seu conteúdo do que pela sua forma, sendo que as falas da categoria *conteúdo* convergem no sentido de

contextualizar os assuntos abordados nos capítulos. Quando perguntados sobre o uso desses textos, Débora e Paola afirmam utilizá-los, enquanto os demais dizem o contrário (Quadro 4):

**Quadro 4.** Categorização das falas dos professores de Química Fundamental sobre a utilização dos textos complementares.

<p><b>Função</b></p>	<p><i>Para contextualizar o conteúdo da aula com tópicos importantes no cotidiano dos alunos.</i> (Débora)</p> <p><i>Como forma de contextualizar, geralmente. Mostrar aplicação de um determinado conceito.</i> (Paola)</p>
<p><b>Não função</b></p>	<p><i>Procuro contextualizar usando <b>minhas próprias experiências</b> profissionais de pesquisa, apesar de que os textos complementares algumas vezes ajudam sim a fornecer alguns exemplos que, apesar de não ser utilizado especificamente em aulas (como atividade particular), algumas vezes ajudam a <b>contextualizar</b> o tema abordado; mas de forma espontânea da minha parte, sem nada programado previamente.</i> (Vicente)</p> <p><i>A parte teórica já é complexa para os alunos. Procuro fazer exercícios e <b>no máximo citar</b>, dar exemplo, algum conhecimento que adquiri ao ler o texto complementar. <b>Não trabalho o texto</b> propriamente dito.</i> (Bianca)</p> <p><i>São textos muito superficiais. Procuro outras fontes.</i> (Isaura)</p>

Fonte: elaborado pela própria autora.

Os trechos acima permitem perceber que a ideia de contextualização baliza a relação dos professores com os textos complementares, porém, nenhum deles afirma explicitamente utilizar o texto em sala de aula. Inclusive, não mencionam o uso do LDQG junto aos alunos.

Percebe-se então uma diferença crucial entre o uso dos LD na educação básica e dos LDQG na universidade, o que possivelmente se aplica aos demais livros universitários: no ensino superior o uso é coletivo, mas não acontece coletivamente como acontece com os livros didáticos escolares (LAJOLO, 1996). Isto é, todos os alunos e professores têm acesso aos exemplares e usam a mesma bibliografia, contudo esse livro não é utilizado coletivamente, em aula, com mediação do professor. Essa diferença importa na medida em que a relação do estudante universitário com o livro se dá em separado do professor, dificultando o processo de significação por parte dos alunos.

Isso pode estar relacionado ao fato de que os alunos do ensino superior são mais maduros e independentes do que os da educação básica, não sendo necessário que o professor faça a mediação entre aluno e livro a cada aula. Em contrapartida, a maturidade e

independência dos alunos não pode significar que a mediação dessa leitura seja totalmente dispensável.

Nesse sentido, é necessário buscar um meio termo, no qual o professor planeje o uso do livro em sala de aula de acordo com os objetivos da disciplina que leciona, incentivando seu uso e, conseqüentemente, motivando a leitura e a escrita nos cursos de química. Essa prática certamente contribuirá não só para o desenvolvimento cognitivo do estudante, mas também para sua inserção na química por meio da linguagem, aprimorando sua comunicação no exercício de sua profissão (QUEIROZ, 2001).

Enquanto Débora e Paola, professoras iniciantes, veem uma função para os textos complementares, usando-os para mostrar aplicações dos conceitos, Vicente busca fazê-lo a partir de suas próprias experiências. Bianca diz não trabalhar o texto, mas não exclui sua contribuição para citar exemplos, enquanto Isaura considera-os superficiais.

Nota-se que o uso dos textos complementares beira a superficialidade, pois seu uso não é uma ação planejada. Os professores apenas mencionam situações e casos que se relacionam com o conteúdo sem aprofundar ou investigar os temas, ação essa que muitas vezes se confunde com contextualização, como pode ser observado na fala de Vicente. Essa é apenas uma característica de sua prática que pode ser aprimorada mediante reflexão e planejamento. Segundo Levinski, Correa e Mattos (2015),

Refletir sobre e elaborar o planejamento de ensino remete à projeção de intencionalidades que promoverão ações metodológicas que favoreçam a concretização das próprias intenções. Ou seja, planejar o ensino oportuniza definir objetivos educacionais, concretizar princípios teóricos-metodológicos que caracterizam o desenvolvimento do próprio planejamento com ênfase no conteúdo trabalhado e pensar a avaliação do processo de ensino e de aprendizagem (p. 209)

Assim, o uso planejado dos textos, fazendo ou não a leitura em sala de aula, possibilitaria uma expansão dos significados ali presentes para além da exemplificação, fazendo de fato uma contextualização que possa concretizar as intenções e objetivos educacionais do professor.

A forma de utilização do texto por parte dos professores pode estar relacionada ao tempo de experiência na docência. Como o LD se faz um referencial teórico e instrumento de apoio (FRISON et al, 2009), os professores iniciantes (Débora e Paola) tendem a se pautar mais pelos livros didáticos do que os mais experientes, que tendem a buscar outras fontes de informação e conhecimento para suas aulas, como evidenciado na fala de Isaura.

Nesse sentido, a função utilitária e referencial dos LDQG, como explicitada em Choppin (2004), é mais acentuada entre os professores iniciantes. Além disso, os mais

experientes, por conhecerem as principais dificuldades dos alunos com a disciplina tendem ainda a buscar meios de contorná-las, usando outros instrumentos de ensino que acreditam ser úteis para esse fim, como a resolução de exercícios mencionada por Bianca.

Os alunos, por sua vez, identificam os textos mais quanto à sua forma (Quadro 5):

**Quadro 5.** Categorização das falas de ingressantes e formandos na identificação dos textos complementares.

	<b>Ingressantes</b>	<b>Formandos</b>
	15	5
<b>Forma</b>	<p><i>Ex: Estão <b>destacados</b>.</i> (Laís)</p> <p><i>No <b>final</b> dos textos principais.</i> (Elisa)</p> <p><i>Sempre <b>ao fim</b> dos textos, em <b>negrito</b> ou <b>circulado</b>.</i> (Amanda)</p> <p><i><b>Caixas em destaque</b> nas páginas ou em apêndices.</i> (Nicolas)</p>	<p><i>Ex: São textos com <b>cores diferentes, com imagens e fonte da letra diferentes</b>, em relação ao conteúdo principal do livro.</i> (Diana)</p> <p><i>Normalmente são apresentados <b>no início</b> do capítulo ou com <b>caixa de texto</b> de cores diferentes.</i> (Andressa)</p>
	1	2
<b>Conteúdo</b>	<p><i>Como fonte de <b>informação</b> a mais.</i> (Silvia)</p>	<p><i>Importantes e <b>auxiliares</b>.</i> (Arthur)</p> <p><i><b>Informações extras</b>.</i> (Joana)</p>

Fonte: elaborado pela própria autora.

A ocorrência dos registros referentes à forma, como *caixas em destaque* ou *blocos*, indica que alguns estudantes não percebem claramente as relações desses textos com o conteúdo principal do livro, uma vez que a caixa e o bloco delimitam o texto e o separa do que está sendo exposto no capítulo.

Quando perguntado “o que são textos complementares?”, é possível identificar os aspectos percebidos quanto à sua função. Eles entendem que esses textos podem servir para ampliar seus conhecimentos sobre determinado assunto ou complementar o conteúdo do capítulo, podendo ainda auxiliar na compreensão do conteúdo ou trazer novas informações. Essas funções foram registradas de forma clara e objetiva pelos estudantes, sendo possível categorizar suas falas combinando-as duas a duas (Quadro 6):

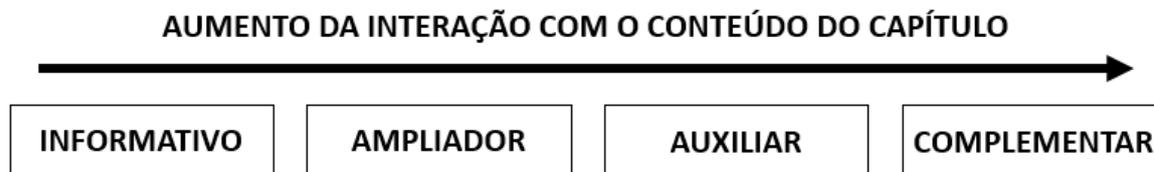
**Quadro 6.** Categorização das falas de ingressantes e formandos quanto à definição de texto complementar.

	<b>Ingressantes</b>	<b>Formandos</b>
<b>Complementar e informativo</b>	3	2
	Ex.: Maioria das vezes uma <b>informação</b> sobre o cientista ou elementos. (Amanda)  São <b>continuação</b> , ou <b>complementação</b> ou curiosidade sobre o assunto abordado anteriormente. (Samanta)	Ex.: São úteis para o <b>complemento de informações</b> sobre determinados temas específicos. (Bruno)  <b>Relacionados</b> à química no cotidiano ou curiosidades. (Joana)
<b>Complementar e auxiliar</b>	7	3
	Ex.: Um <b>auxílio</b> no <b>entendimento</b> do aluno. (Elisa)  São textos que <b>auxiliam</b> a <b>compreensão</b> e <b>acrescentam</b> mais conteúdo. (Luan)	Ex.: São textos que podem <b>auxiliar</b> no <b>aprendizado</b> . (Pâmela)  <b>Auxilia</b> no <b>entendimento</b> . (Arthur)
<b>Ampliador e informativo</b>	4	1
	Ex.: <b>Informações adicionais</b> . (Laís)  Textos que <b>auxiliam</b> no <b>acréscimo</b> de informação. (Priscila)	Ex.: São textos que <b>trazem mais</b> sobre o assunto de interesse. (Diego)
<b>Ampliador e auxiliar</b>	1	1
	Ex.: Itens <b>auxiliares</b> a <b>questões complexas</b> . (Jean)	Ex.: Textos que <b>explicam</b> um pouco <b>mais</b> sobre o tema em foco. (Diana)

Fonte: elaborado pela própria autora.

Embora pareçam semelhantes, a escolha dos termos dos estudantes revela o nível de interação do texto com o conteúdo do capítulo como percebido por eles, de modo que as categorias *ampliador* e *informativo* indicam alguma distância do conteúdo enquanto *ampliador* e *complementar* indicam aproximação (Figura 1)

**Figura 1.** Representação esquemática do nível de aproximação do conteúdo de cada categoria.



Fonte: elaborado pela própria autora.

Esse nível de interação não necessariamente implica em um maior potencial interdisciplinar. Inclusive, pode ser uma característica desfavorável para essa abordagem caso seja muito restrito ao conteúdo, ao ponto de não possibilitar a exploração das fronteiras entre as disciplinas. Em contrapartida, um texto com caráter apenas informativo que pouco interage com o conteúdo a ser ensinado também pode dificultar essa abordagem, pois atravanca o fluxo de uma disciplina para a outra.

A categoria com o maior número de respostas dos alunos é *complementar-auxiliador*, indicando que os estudantes percebem nesses textos uma função utilitária, isto é, para complementar o que está sendo dito no texto principal e, simultaneamente, auxiliar na compreensão do conteúdo. No sentido da interdisciplinaridade, talvez essa possa ser a característica ideal. A ausência de respostas do tipo “textos que não acrescentam em nada” ou “textos inúteis” também é significativa: todos os estudantes atribuem algum valor à sua presença nos livros didáticos.

É interessante notar que, assim como os professores, os alunos não mencionam a interdisciplinaridade ao falarem sobre os textos complementares, indicando que tais textos possivelmente nunca foram lidos visando uma interpretação ou prática interdisciplinar. No entanto, usam palavras que se relacionam à contextualização, como *cotidiano*, *temas*, e *curiosidades*, revelando esse importante papel exercido por esses textos.

O número de formandos e ingressantes que afirmam ler os textos complementares é, em proporção, semelhante: 15 dos 18 ingressantes (~83%) disseram lê-los e 5 dos 7 formandos (~72%) afirmaram o mesmo. Quando perguntados a razão de fazerem ou não essa leitura, eles demonstram interesse pelos temas abordados nos textos:

*Acho interessante.* (Laís)

*Geralmente esses textos trazem informações relevantes e ajudam na compreensão do conteúdo.* (Luan)

*Porque sempre mostra uma curiosidade que pode me acrescentar e me ensina.* (Samanta)

*Curiosidade e vontade de saber mais sobre um assunto.* (Augusto)

(Ingressantes)

**Curiosidade.** (Joana)

*Pois sou **curiosa** e acho super legal, e todas as vezes que pude ler aprendi algo super legal.* (Pâmela)

(Formandos)

Os alunos que dizem não realizar essa leitura justificam pela falta de costume, a pressa em estudar para a avaliação ou a falta de necessidade:

*Pois só **leio quando** acho que precisa complementar a matéria.* (Amanda)

(Ingressante)

***Não possuo o costume** de fazer essas leituras. Eu leio normalmente para ter alguma ideia para desenvolver trabalhos das disciplinas da licenciatura.* (Andressa)

*Porque a maioria das vezes **deixo para estudar em uma data próxima à prova**, então procuro ser objetivo.* (Diego)

(Formandos)

O grande número de estudantes que leem os textos complementares também nos aponta para a potencialidade desses textos. Embora os professores de Química Fundamental não os utilizem sala de aula, o interesse dos alunos pelos temas abordados é bastante significativo, podendo ser explorado para motivar leitura. Assim, a abordagem do conteúdo dos LDQG pode encontrar nos temas dos textos complementares outras possibilidades didáticas, inclusive as que visam a interdisciplinaridade.

### 7.2.2 Sobre a interdisciplinaridade

Todos os estudantes e professores consultados afirmam conhecer o termo interdisciplinaridade, significando-o de diferentes formas. A partir de suas falas, criei seis categorias relacionando-as aos conceitos encontrados na literatura: multidisciplinaridade (M-J), pluridisciplinaridade (P-J), e interdisciplinaridade (I-J) segundo Japiassu (1976), interdisciplinaridade segundo Fazenda (2012) (I-F), relativas ao método de ensino (ME), e como sinônimo de contextualização (CT). As categorias foram criadas com bases nesses referenciais por serem os que mais dialogam com a perspectiva dessa pesquisa e também os que se dedicam a propor e a compreender as práticas docentes interdisciplinares. Cada uma delas está resumida no quadro-resumo abaixo (Quadro 7):

**Quadro7.** Resumo das categorias de análise da concepção de interdisciplinaridade.

<b>M-J</b>	Quando tem o sentido de propor disciplinas simultaneamente, mas “[...] sem fazer aparecer as relações que podem existir entre elas” (JAPIASSU, 1976, p. 73).
<b>P-J</b>	Quando é vista como a “justaposição de diversas disciplinas situadas geralmente no mesmo nível hierárquico e agrupadas de modo a fazer aparecer as relações entre elas” (JAPIASSU, 1976, p. 73).
<b>I-J</b>	Quando é pensada nos termos de uma “axiomática comum a um grupo de disciplinas conexas” (JAPIASSU, 1976, p. 74), sendo essa definida pela disciplina que a propõe para estabelecer a finalidade das conexões.
<b>I-F</b>	Quando é tida como um processo e não um produto, se referindo à uma atitude ousada do professor frente ao conhecimento, uma busca pela sua integração que se faz aparecer nas aulas (FAZENDA, 2012).
<b>ME</b>	Quando se refere à um modo de ensinar, uma prática de ensino, uma metodologia pedagógica.
<b>CT</b>	Quando é sinônimo de situar o conhecimento em um contexto de aplicação.

Fonte: elaborado pela própria autora.

Apresento abaixo (Quadro 8) a incidência de registros em cada uma das categorias, acompanhadas de exemplos das falas retiradas dos questionários e entrevistas.

**Quadro 8.** Categorização das concepções de interdisciplinaridade de ingressantes, formandos e professores.

	<b>Ingressantes Total = 18</b>	<b>Formandos Total = 7</b>	<b>Professores Total = 5</b>
	4	1	0
<b>M-J</b>	Ex: Temas <b>paralelos</b> a cada disciplina. (Rodrigo)	Ex: Conseguir englobar <b>temas de várias áreas</b> (como geografia, português, etc., junto a ciências exatas) para conversar sobre um tema. (Diana)	
	8	2	2
<b>P-J</b>	Ex: Identificar <b>várias disciplinas</b> dentro de uma. (Sílvia)	Ex: Significa temas <b>correlacionados</b> em várias disciplinas. (Bruno)	O meu conceito disso seria a <b>relação</b> que tem da ciência que a gente trabalha, que no caso é a química, com outras disciplinas. (Paola)  Eu acredito que seja mais voltado para esse conceito mesmo de você <b>juntar</b> um pouco de cada área. Estudar um pouco da física, um pouco da estatística, ter uma base maior de todos esses cursos e também às vezes na própria

			disciplina você conseguir <b>linkar</b> com alguma outra matéria. (Débora)
	2	2	2
<b>I-J</b>	Ex: A tentativa de <b>estabelecer pontes</b> entre duas ou mais disciplinas. (Augusto)	Ex: É uma <b>ligação</b> que existe entre várias áreas do conhecimento. (Pâmela)	Eu acredito que interdisciplinaridade uma coisa desse tipo aí, você ter uma disciplina ou um estudo ou uma <b>reunião de gente de diferentes áreas que trabalham com um objetivo especial</b> . (Vicente)  (...) eu acho que é você trabalhar justamente essa <b>conexão entre diferentes áreas</b> , não necessariamente as disciplinas, entre diferentes assuntos, mas tentar <b>conectar</b> estes diferentes assuntos. (Isaura)
	1	0	0
<b>I-F</b>	Ex: Interdisciplinaridade é <b>uma postura</b> e um método educacional onde você como professor pode abordar determinados assuntos com a relação e colaboração de diferentes áreas nas aulas. (Nicolas)		
	3	2	0
<b>ME</b>	Ex: <b>Método de aprendizado</b> no meio escolar. Abordando diferentes assuntos além do comum (ex: política em uma aula de física) (Jean)	Ex: Uma forma de usarmos a interdisciplinaridade no aprendizado é a junção de matérias diferentes como exemplos do conteúdo, como história e química, matemática e geografia. <b>Um método</b> essencial para todos os professores usarem. (Joana)	
	0	0	1
<b>CT</b>			É ver que eles <b>vão usar</b> aquilo em outra disciplina, que vão usar aquilo na vida, que eles <b>convivem</b> com isso, é passear. (Bianca)

Fonte: elaborado pela própria autora.

A ocorrência de registros na categoria P-J é a mais expressiva dentre as demais, tanto para os ingressantes quanto para os professores, sendo equivalente à ocorrência de I-J para os formandos. Isso indica que um sentido de interdisciplinaridade bastante veiculado entre esses sujeitos é o de justaposição das disciplinas de modo a evidenciar as relações entre elas (JAPIASSU, 1976).

O conceito de interdisciplinaridade, de fato, desliza facilmente para esse sentido se pensarmos que a palavra *relacionar* suscita diálogo/contato. Isso não significa que os estudantes e professores desconhecem a interdisciplinaridade. Apenas fornece indícios que se

está no caminho de uma compreensão mais elaborada, pois a interdisciplinaridade é o nível seguinte de *integração* das disciplinas, logo após a pluridisciplinaridade (JAPIASSU, 1976).

Ao perguntar se consideram que a interdisciplinaridade está sendo abordada no curso de licenciatura em Química, quase a totalidade dos estudantes indica que sim (17 ingressantes e 7 formandos). Dentre as disciplinas mencionadas explicitamente, há oito registros da disciplina Introdução à Educação Química e um da disciplina Laboratório de Ciências. Os demais estudantes não mencionaram nenhuma outra disciplina, ficando implícitas somente as disciplinas História da Química, Processos de Ensino e Aprendizagem e Planejamento e Avaliação do Ensino de Química.

Nenhuma fala menciona a disciplina Química Fundamental, evidenciando a ausência de propostas interdisciplinares nas disciplinas específicas da química. A partir desses dados, entendo que a abordagem da interdisciplinaridade está restrita às disciplinas do eixo correspondente à formação pedagógica.

Embora a abordagem nas disciplinas pedagógicas seja bastante significativa e relevante para a formação desses estudantes, merecendo ser estimulada, é interessante que além da discussão proporcionada nas disciplinas desse eixo, os alunos também possam vivenciar algumas propostas interdisciplinares planejadas pelos professores das disciplinas específicas para que possam dar continuidade a elas quando estiverem atuando na escola.

Gattás e Furegato (2007) colocam que um significativo entrave do fazer interdisciplinar é a dificuldade em definir exatamente o que é, afinal, integrar disciplinas. “Tal incompreensão vem da falta de experiência vivida e explicitada. Sua prática concreta é ainda um processo incipiente na elaboração do saber, na atividade de ensino, de pesquisa e ação social” (p. 89) e, por isso, é valioso que se some ao debate sobre interdisciplinaridade as vivências de algumas práticas pedagógicas interdisciplinares para que possam construir um sentido mais bem estabilizado para a integração das disciplinas e melhor saber como a propor futuramente na educação básica.

Ainda que o conceito não esteja bem estabelecido, todos os formandos e 16 dos ingressantes respondem sim à pergunta “Na sua concepção, a formação de professores deve ser interdisciplinar?”, valendo-se de justificativas coerentes com suas concepções. Seguem alguns exemplos de suas falas:

*Facilitar a formação e aprendizado do estudante para que conheça diferentes ferramentas para utilizar após formado. (Nicolas)*

*Pelo fato de mostrar para os alunos que tudo está interligado, ou seja, trabalhando com temas do cotidiano dos alunos, para que assim, a maioria das coisas que para*

*eles não fazem sentido, passam a ter sentido e ter mais incentivo na hora de estudar, ou seja, mais motivação. (Manuela)*

*Aumenta a visão de mundo do indivíduo passando tal conhecimento que poderá modificar tal sujeito. (Jean)*

*Pois toda matéria acaba possuindo um pouco de outro conteúdo, por isso devemos saber de tudo um pouco pelo menos. (Samanta)*

*Porque uma matéria complementa a outra e os assuntos se interligam. (Priscila)*

(Ingressantes)

*Pois ter conhecimento de vários assuntos, e mesmo assim saber utilizar as “**linguagens**” de outras disciplinas torna o tema a ser conversado mais fácil para que todos possam compreender. (Diana)*

*Ajuda a somar na qualidade final e **construção do aprendizado** e conhecimento. (Arthur)*

*Porque tem muita coisa englobada no mesmo **conhecimento**. (Pâmela)*

*Pois os **documentos oficiais** já trazem a questão de ser trabalhada a interdisciplinaridade na educação básica. (Andressa)*

(Formandos)

Apenas um ingressante acredita que a formação não deve ser interdisciplinar, porque segundo ele “*a interdisciplinaridade ocorre pelo aluno, que combina os saberes adquirido nas diferentes aulas*” (Fabiano). A fala desse aluno explicita uma concepção de que a compreensão dos saberes como integrados cabe somente ao aluno, não sendo necessário que esse seja um dos objetivos da formação, uma ideia bastante vinculada às práticas tradicionais de ensino, na qual o conhecimento não é compreendido como uma construção coletiva. Sendo um egresso recente da educação básica, essa concepção revela a força dos aspectos epistemológicos das práticas tradicionais (LEÃO, 1999) que ainda são parte das escolas e como isso influencia o modo de pensar a educação dos estudantes que ingressam na licenciatura.

Vê-se no vocabulário utilizado pelos formandos o reflexo da formação na licenciatura, devido ao uso de termos próprios da educação, como *construção*, *documentos oficiais* e *linguagens*, que não são verificados nas falas dos ingressantes. Contudo, o uso dos termos pedagógicos de forma apropriada não necessariamente indica que tenha ocorrido mudança de concepção ao longo da formação (PINHO NETO, 2009).

Dessa forma, com os dados dessa pesquisa só é possível afirmar que os formandos estão mais envolvidos com os estudos da educação do que os ingressantes, imersos nessa cultura. Apesar de parecer óbvio que formandos conheçam mais a área da educação do que os ingressantes, a constatação do oposto seria um verdadeiro desastre, sendo importante destacar essa evolução da linguagem ao longo do curso.

Curiosamente, outro ingressante afirmou, simultaneamente, *sim* e *não* para essa pergunta, explicando seu ponto de vista da seguinte forma:

*Até certo ponto sim, mas não acredito que deve haver uma generalização dos professores. É bom um professor entender o básico de matérias das exatas, por exemplo, mas sempre ter o grande foco na sua disciplina (Augusto).*

O aluno expressa a preocupação com a perda do foco da disciplina na abordagem interdisciplinar, evidenciando que o conceito de interdisciplinaridade ainda precisa ser ajustado. Segundo Japiassu (1976) essa prática não implica em um ensino generalista e desfocado. Pelo contrário, o autor propõe que sua organização se dê em dois níveis, no qual a coordenação das ações pedagógicas ou de pesquisa provém de uma disciplina, que busca se integrar com as outras mantendo vistas em seus próprios objetivos.

### **7.2.3 Interdisciplinaridade e formação docente**

Ao longo das entrevistas com os professores foi possível perceber importantes relações entre vivência e prática. Quando perguntados se já discutiram sobre interdisciplinaridade eles afirmam o seguinte:

*Não, diretamente, assim, com algum colega ou em reunião não. (Débora)*

*Não... no sentido de abordar os temas e tentar...? Não, não me lembro... é, texto acredito que a gente tenha visto sim, mas não me lembro de ter trabalhado tanto isso. (Paola)*

*Discutir não, às vezes eu tento convencer os alunos na primeira aula, durante a explicação do curso, às vezes eu tento colocar, tento dar alguma justificativa de porque o aluno que quer fazer estatística tem que fazer química geral, por exemplo. (...) Conhecer pelo menos o fundamento, mas discutir mesmo sobre interdisciplinaridade... (Vicente)*

*Não, não muito. (Bianca)*

*Sim, ele estava muito na moda quando eu estava fazendo a graduação, então ele foi um tema muito discutido na licenciatura, a gente discutia muito. Inclusive fiz estágio no colégio de aplicação da USP, e lá eles têm um projeto pedagógico interdisciplinar.*  
(Isaura)

Dos cinco professores entrevistados, apenas Isaura afirma ter discutido, enquanto os demais dizem que esse tema não foi abordado ou discutido ao longo de sua formação e carreira. Ao responder essa pergunta, Vicente se refere à discussão com os alunos. Ao perguntar sobre o debate com outros professores, ele coloca de forma bastante direta: *Menos ainda.*

Sobre ter vivenciado propostas interdisciplinares em sua trajetória escolar e acadêmica, os professores encontram alguns obstáculos para definir se vivenciaram ou não essa proposta. É importante ter em mente que as respostas a essa pergunta estão diretamente associadas ao modo como os professores conceituam a interdisciplinaridade, sendo coerentes com o exposto anteriormente no Quadro 8.

Débora e Paola tentaram buscar em sua memória, apresentando situações que possam exemplificar um momento, uma aula ou uma disciplina de caráter interdisciplinar:

*Deixa eu pensar... não tô lembrando. Eu acho que sim, em algumas disciplinas sim, por exemplo Química Ambiental, que a gente estuda especificamente uma matéria de química, mas depois aplica ao sistema ambiental como um todo. Até mesmo a química orgânica, às vezes você tem que fazer um enfoque mais físico-químico, ou então mais analítico. Eu acredito que sim.* (Débora)

*Por exemplo matemática, né, cálculo aplicado à química, meu sonho era ver isso um dia. Então, acho que faltou um pouco disso, eu sentia falta. De alguém falar, não só justificar o que estava estudando, toda a área de ciências exatas, mas de repente “oh, você vai aplicar isso...”* (Paola)

Esse entrave em definir se viveram ou não pode estar associada às dificuldades de conceituar esse termo devido à sua polissemia (BERTI, 2007). A associação de Paola, falando da função da matemática na química, é a de aplicação de um conhecimento para validar seu ensino, o que se aproxima muito da pluridisciplinaridade. No caso de Débora, que pensa na aplicação dos conhecimentos químicos em um contexto mais amplo, como o meio ambiente,

vemos a aproximação também com o conceito de contextualização. Já Bianca e Isaura afirmam, explícita e implicitamente, a falta dessas vivências:

*Deixa eu buscar na memória. Não lembro nada marcante, se vier na minha cabeça eu te falo. Nada assim que me marcou.* (Bianca)

*Tem coisas ou projetos que as pessoas fazem, que não é interdisciplinaridade, né? Uma tentativa mais de juntar coisas. Juntar coisas não significa “interdisciplinar”.* (Isaura)

Vicente faz referência à pesquisa interdisciplinar realizada em sua pós-graduação como experiência interdisciplinar, comentando sobre suas dificuldades de trabalhar com os físicos devido às diferenças existentes entre as linguagens da química e da física:

*Não, não, não. Eu vivenciei, na verdade pessoal, quando eu tive contato com esses dois cursos com duas linhas de pesquisas mais ou menos diferentes eu consegui tentar dar uma juntada, mas mesmo assim com os físicos era difícil a gente jogar processos químicos para explicar o que era feito através de processos químicos ou senão através de teoria química e vice-versa. (...) Eu vivenciei essas duas disciplinas tentei fazer o link entre as duas, mas eu também vivenciei muito a separação dessas duas coisas. Às vezes os físicos estavam falando uma coisa, os químicos estavam falando a mesma coisa, mas um não se entendia com o outro porque os termos eram diferentes, a linguagem era outra.* (Vicente)

É interessante perceber que no trecho grifado está evidenciado o cerne da proposta interdisciplinar de Japiassu (1976), que é a exploração da fronteira entre as disciplinas. Uma fronteira construída por linguagens e métodos próprios a cada disciplina e que a caracterizam e diferenciam das demais. Isso aponta o ensino interdisciplinar para uma direção: para realmente compreender a interdisciplinaridade e a natureza integrada do conhecimento, é imprescindível *viver* a investigação interdisciplinar. Embora possa parecer algo de difícil execução nas universidades, poderia ser esse o movimento capaz de integrar com sucesso ensino, pesquisa e extensão.

O trecho “*Eu vivenciei, na verdade pessoal*” indica que, em contato direto com uma disciplina que não a mesma de sua formação anterior, o professor teve de fazer um ajuste interno em seus conceitos. Isso o levou, ainda que com algumas dificuldades, transpor essa fronteira e mudar sua visão acerca do conhecimento:

*Estavam (os físicos) falando de elétrons, era tudo de elétrons, mas muda que o químico não entende o físico, e o físico não entende o químico, um acha que o outro tá errado, mas tá falando a mesma coisa entendeu? Então nesse ponto aí **eu acho que essa interdisciplinaridade me ajudou, que eu consegui olhar tanto do ponto de vista químico quanto físico**. Agora juntar muito os dois mesmo, fazer tudo convergir num objetivo só **foi difícil**. (Vicente)*

Para um profissional, o ajuste de concepções é difícil, pois os conhecimentos advindos da formação representam um acervo estável, uma segurança bastante estável acerca do que se sabe. Por isso, ao se encontrar em uma situação onde devem aprender algo sob outro olhar, muitas mudanças internas devem acontecer, podendo ocasionar intensos conflitos pessoais e levando ao abandono daquela nova perspectiva. Por essa razão, os momentos de formação devem ser conduzidos em uma perspectiva dialógica, havendo trocas entre os pares para que ocorra uma aprendizagem reflexiva sobre a docência (BOLZAN; AUSTRIA; LENZ, 2010).

Quando chamados a refletir se essa vivência, ou a falta dela, influencia em suas próprias aulas, os professores falam sobre a relação entre prática e vivência de diferentes formas:

***Eu acho que sim**. Essa questão de talvez ficar mais claro pro aluno quando ele tem um exemplo mais específico, uma aplicação mais específica daquela matéria que ele está estudando. Tentar deixar claro o motivo de ele estar estudando aquela matéria, porque muitas vezes não fica claro. (Débora)*

Débora se refere à exemplificação das aplicações como uma estratégia usada por ela que advém de sua formação. Contudo, mesmo dizendo “*Eu acho que sim*”, a fala que se segue não corresponde ao que a professora descreve acima como uma vivência interdisciplinar. Ou seja, ela se desvia sutilmente da pergunta descrevendo uma prática que adota em suas aulas, sendo claro que a vivência, como aquela proporcionada em uma disciplina contextualizada (Química Ambiental), embora muito importante, não é o que capacita o professor a ter uma prática interdisciplinar. Vale ressaltar que Débora está em início de carreira, ainda ajustando suas concepções à sua prática pela conjugação dos saberes da formação aos que virão com a experiência (PINTO, 2010; ARANTES; GEBRAN, 2015).

Vicente também reconhece que há uma relação entre sua formação e suas aulas:

***A minha formação de pesquisador influencia bastante até minhas aulas**. Eu sempre gosto de dar exemplos envolvendo um pouco de pesquisa sempre que cai com alguma coisa que seja aplicada. Alguma coisa com física eu explico (...), eu aproveito isso aí*

*para passar para os alunos. Mas não é muito extenso não, é uma coisa mais sutil, não é uma coisa importante não. Para eu dar aula mesmo, o conhecimento teórico químico, dessa química básica, dessa parte teórica, tento explicar de uma forma mais clara possível, dando exemplos e tal sem preocupar com muito com isso daí não.*  
(Vicente)

Ele começa comentando sobre a mesma exemplificação a qual se refere Débora, mas ao longo de sua fala ele reconhece que essa estratégia não é interdisciplinar, dizendo que se trata de algo sutil, que não carrega preocupação com a interdisciplinaridade. Já Bianca responde o seguinte:

*Eu acho que interfere. A meu ver, é uma tecla que eu bato muito, **a gente costuma repetir, nós fazemos, nós repetimos a maneira com que nós somos formados.** Então eu acho que se eu tivesse sido formada nesse quadro, num viés super interdisciplinar, seria muito natural para mim trabalhar a interdisciplinaridade. Eu acho que tem, acho que se tivesse eu poderia trabalhar mais a interdisciplinaridade.* (Bianca)

A professora associa diretamente a vivência à prática quando menciona a reprodução dos comportamentos e práticas pedagógicas que são apreendidas na formação, enquanto Isaura mostra oposição à essa ideia:

*Assim, pra mim eu **acho que não influencia** porque depois eu fui estudar o que eu fui ser, aí pude ver alguns exemplos da interdisciplinaridade sendo aplicada. Então assim, hoje, como já tive **outras experiências**, acho que **não tive influência**, mas no geral influencia a maioria das pessoas. Principalmente aqui na universidade, que a maioria dos professores não tem formação, não são licenciados, eu acho que vai dando uma grande diferença.* (Isaura)

Esse contraste evidencia a falta de consenso entre os professores universitários sobre uma importante premissa da docência, que é a reprodução das práticas vividas anteriormente apontada por Fávero e Tonieto (2015). Há um consenso entre as pesquisas que se debruçaram sobre esse fenômeno, que constataram que esse movimento é inevitável, não fazendo do professor um “mau professor”. Contudo, não é aconselhável que a reprodução seja continuada intuitivamente, sem ser acompanhada de reflexão. Segundo Schön (1995), uma prática reflexiva é extremamente benéfica à docência, pois permite ao professor ajustar seus objetivos, concepções e práticas a cada aula, aprendendo continuamente no exercer de sua profissão. Paola apresenta uma visão não determinista sobre o assunto:

*É, eu acredito que, um pouco, me incentiva a tentar fazer, porque eu, isso como pessoa, não como profissional, eu acho que **não é porque você não aprendeu, uma coisa que você vê que é importante, que você não tem que passar isso pra frente.** Então é uma maneira até de pensar, “e se eu tivesse...”. Não sei, quando eu vou dar aula eu penso nisso, se eu fosse o aluno, então eu tento fazer do jeito que eu gostaria de aprender, entendeu?(...) Mas eu acho que se já tiver sido trabalhado, eu acho que é mais fácil até depois de você buscar e tentar aplicar, né? (Paola)*

Percebe-se que a opinião de Paola – que está no início de sua carreira, assim como Débora –, ainda é instável sobre a influência da formação em sua prática, pois ela não é assertiva ou categórica em seu posicionamento. Ainda assim, no fragmento grifado a professora expressa conhecer um aspecto importante sobre a docência, que é a continuidade da aprendizagem, compreendendo que nem tudo que precisa ser feito necessariamente foi aprendido ou vivido anteriormente.

É válido comentar que as opiniões dos professores são favoráveis à ideia de aprender sobre interdisciplinaridade quando respondem à pergunta “Você acha que seria útil discutir sobre interdisciplinaridade? Por quê?”. As falas de Débora exemplificam essas opiniões:

***Ah eu acho que sim,** porque você me fez a pergunta e eu dou minha opinião, mas eu não sei se é a minha opinião, né? Eu iria acrescentar muito mais se eu tivesse a opinião de outras pessoas e talvez conseguir aplicar melhor isso nas aulas. (Débora)*

***Ah, com certeza.** Eu acho assim, também depois, né, que você é formado... eu acho que o que você vai desempenhar depois não tem que ser limitado ao que você viu na sua formação, na sua graduação. (...) Parece que às vezes fica muito no sentido assim de “oh, isso existe, é muito importante você aplicar”. Mas e aí? Né? Então, talvez trabalhar um pouco formas de fazer, né. (Paola)*

A necessidade de compreender como funciona a aplicação da interdisciplinaridade presente na fala de Paola também é encontrada na resposta de Vicente:

*É importante discutir interdisciplinaridade **para poder aplicá-la, para poder desenvolver, o que deve ser feito,** para não ficar muito fechado só em uma área. Quanto mais discussão tiver melhor. Se tiver mais interessados em desenvolver alguma coisa, aí já tem um interesse maior de discutir isso daí. (Vicente)*

Os professores reafirmam o que dizem as pesquisas que abordam os anseios dos professores quanto à interdisciplinaridade: é necessário propor alternativas de práticas interdisciplinares para o ensino superior para que essa perspectiva possa encontrar seu lugar no ensino superior e agregar valor e sentidos ao ensino universitário.

É necessário que se discuta o como agir. Interdisciplinaridade envolve postura e opção consciente sobre concepção de mundo e da educação a serviço deste mundo. [...] É indispensável, também, a comunicação aberta, na qual o diálogo assume os conflitos inerentes à realidade para que através da relação dialógica, tais conflitos sejam superados. [...] Os educadores envolvidos devem comungar esforços na direção do diálogo, revestidos de postura solidária, em que cada especialista contribui com o seu saber e amplia conhecimentos ao receber informações novas, num movimento constante de criação e recriação (SOUZA, 2003, p. 140).

Inclusive, ao dizer “*Se tiver mais interessados*” Vicente aponta para a necessidade de que se envolvam outras pessoas no debate em oposição à busca solitária pela compreensão e pela modificação da prática, reiterando a importância do diálogo na formação docente.

Finalizando as análises das entrevistas, apresento algumas das sugestões dos professores para a inserção desse debate na universidade:

*Eu acho que talvez em reuniões só dos professores voltados a uma discussão sobre a disciplina em si. No início do curso tem algumas discussões sobre o que poderia melhorar do período anterior. Então às vezes nesse momento seria um momento bom de conseguir reunir todos os professores daquela disciplina e falar sobre o assunto, eu acho poderia ser apropriado. (Débora)*

*Pode ser desde uma reunião numa sala de professor (...), pode ser até congressos que discutam as diferentes formas de se aplicar isso daí, sei lá, até mesmo numa mesa de bar possa se fazer isso. (...) depende muito das possibilidades e da infraestrutura, se o pessoal também tem interesse, se o local de trabalho tem interesse, se a comunidade do local, os departamentos todos, um grupo de professores interessados a fazer isso daí, acho que é isso. (Vicente)*

*Ah, entre as pessoas que têm, digamos assim, mais experiência ou mais estudo, sei lá, fizeram mestrado doutorado mexendo com isso, então que têm uma visão legal. (...) acho que você pode trazer informações sobre a interdisciplinaridade na forma de uma palestra, de um seminário, uma coisa assim mais acadêmica. Ao mesmo tempo que você pode trazer numa forma de oficina, mais interativa. Você poderia apresentar duas formas que aí eu acho que você ganha públicos diversificados. (Bianca)*

A partir dessas falas podemos entender que o grupo se mostrou receptivo às possibilidades de formação continuada. Novamente é dada importância à dimensão coletiva do debate, que segundo os professores poderia ser realizado desde a forma mais descontraída (uma mesa de bar) até a mais formal (seminários).

### 7.3 ANÁLISE DOS TEXTOS COMPLEMENTARES

#### 7.3.1 Panorama geral e intenções didáticas do livro selecionado

A nona edição do livro *Química: a ciência central* (QUI9) tem 972 páginas e conta um total de 87 textos complementares divididos em 25 capítulos. No prefácio (Anexo 1) os autores explicitam suas intenções didáticas e explicam a função de todas as seções do livro. Há uma parte destinada ao professor e outra aos estudantes. Enquanto os autores oferecem conselhos para aprender e estudar química aos alunos, aos professores são apresentadas a filosofia da obra, sua organização, e as mudanças em relação à edição anterior.

Embora a concepção de ensino-aprendizagem adotada não seja encontrada de forma categórica ou declarada no prefácio, é possível compreender que os autores se guiam por uma perspectiva na qual os alunos precisam ter uma posição ativa em sua aprendizagem, ao longo da qual devem manter uma relação com o livro e com o professor:

*Foque seu estudo.*

*Mantenha boas notas de aula.*

*Leia rapidamente os tópicos do livro antes de eles serem discutidos em aula.*

*Depois da aula **leia** cuidadosamente os tópicos discutidos.*

*Aprenda a linguagem da química.*

*Esforce-se em todos os exercícios de final de capítulo.*

*Resolver os exercícios **selecionados por seu professor** oferece a prática necessária para lembrar e usar as ideias essenciais do capítulo. Você não pode aprender simplesmente pela observação – **deve ser um participante.***

(Excertos do prefácio, grifo meu)

Mesmo optando por uma organização que é comum aos demais LDQG, os autores frisam a importância da contextualização, porém utilizando termos mais informais:

*Referências e acontecimentos recentes ajudam os estudantes a relacionar seus estudos de química com suas experiências de **vida cotidiana.***

*Esperamos também que você perceba a importância da química no seu **dia a dia.***

*Você encontrará exemplos pertinentes e relevantes da **química ‘real’** em todos os capítulos, como meio de ilustrar os **princípios** e as **aplicações**.*

(Excertos do prefácio, grifo meu)

É interessante perceber que os itens valorizados por professores e estudantes da licenciatura em Química (Tabelas 4, 7 e 8) na escolha do LDQG se relacionam ao que os autores declaram ter se esforçado para melhorar na edição:

*Assim, procuramos manter o **texto claro** e interessante, **bastante ilustrado**.*

*Os estudantes gostam da **linguagem acessível** do livro, e preservamos esse estilo na nona edição.*

*[...] buscamos uma diagramação ainda mais **aberta e limpa**.*

*[...] continuamos a intensificar as **ilustrações** [...]*

*O maior uso de **ilustrações moleculares** [...]*

*[...] **clareza, exatidão e aceitação científicas, exercícios de final de capítulo relevantes e consistência no nível de abrangência.***

(Excertos do prefácio, grifo meu)

Contudo, enquanto a linguagem e as ilustrações são valorizadas pelos professores e alunos na escolha do livro, o item diagramação não é considerado tão importante por eles quanto é pelos autores.

Não estão expressas no prefácio intenções que se referem à interdisciplinaridade, havendo menções apenas às relações de um capítulo com o outro nos seguintes trechos:

*No decorrer do livro, você encontrará exercícios “Como fazer especial”. Esses exercícios são desenvolvidos para ajudá-lo a ver **como os conceitos e os métodos apreendidos nos capítulos anteriores podem ser unidos a materiais recentemente aprendidos**.*

*[...] está incluso um capítulo sobre química ambiental (Capítulo 18), no qual os **conceitos desenvolvidos nos capítulos anteriores são aplicados em um debate sobre atmosfera e hidrosfera**.*

(Excertos do prefácio, grifo meu)

Entendendo que nos LDQG são apresentados os conceitos das principais áreas da química, podemos pensar que as relações feitas pelos autores podem se traduzir em uma espécie de interdisciplinaridade, uma vez que consiste em uma tentativa de interagir e integrar a química dentro do livro. Todavia, essas relações não são feitas de forma tão aprofundada,

pois os autores buscam assegurar que “[...] os professores possam fazer variações na sequência de ensino sem prejuízo da compreensão dos estudantes”.

Assim, esse livro não pode ser entendido como um livro didático interdisciplinar, primeiramente por não expressar a intenção de integrar a química ou de relacioná-la com outras disciplinas e, depois por optar por uma estrutura tradicional na qual o uso dos capítulos pode ser feito individualmente sem prejuízo.

Quanto ao modo de uso do livro, é bastante claro que os autores consideram que deva haver uma mediação dos professores:

*[...] se o livro tem como meta apoiar efetivamente o professor, ele deve ser dirigido aos estudantes.*

*Como autores, somos verdadeiramente encarregados por seu professor a ajudá-lo a aprender química.*

(Excertos do prefácio)

Entende-se o livro como um instrumento para aprendizagem, mas que sozinho não pode suprir a necessidade do estudante da graduação, o que fica claro também nos seguintes trechos:

*Faça uso do site.*

*Em resumo, é preciso trabalhar duro, estudar de maneira eficiente e usar as ferramentas disponíveis para você, entre elas este livro.*

(Excertos do prefácio)

Essas orientações são coerentes com o uso de diversos recursos por parte dos alunos, como foi observado anteriormente (Tabelas 5 e 6), dialogando com o que Choppin (2004) entende sobre o modo de uso dos livros didáticos:

O livro didático não é, no entanto, o único instrumento que faz parte da educação da juventude: a coexistência (e utilização efetiva) no interior do universo escolar de instrumentos de ensino-aprendizagem que estabelecem com o livro relações de concorrência ou de complementaridade influem necessariamente em suas funções e usos. Estes outros materiais didáticos podem fazer parte do universo dos textos impressos [...] ou são produzidos em outros suportes (audiovisuais, softwares didáticos, CD-Rom, internet, etc.). [...] O livro didático, em tais situações, não tem mais existência independente, mas torna-se um elemento constitutivo de um conjunto multimídia (p. 553).

Os textos complementares não são mencionados no prefácio, exceto pelo trecho seguinte:

*Novos ensaios nas bem recebidas sessões “A química no trabalho” e “A química e a vida” enfatizam os acontecimentos mundiais, as descobertas científicas e os avanços médicos que se sucederam desde a publicação da oitava edição. Mantivemos nosso foco nos aspectos positivos da química, sem deixar de lado os problemas que podem surgir em um mundo tecnológico em crescimento. Nosso objetivo é ajudar os estudantes a compreender a perspectiva do mundo real da química e o modo como a química afeta sua vida.*

(Excerto do prefácio, grifo meu)

Observa-se que os autores não sugerem que a abordagem dos textos com os alunos seja feita de forma interdisciplinar ou sequer os associam com essa perspectiva, o que não implica que não os textos não possam ser lidos com esse olhar. Inclusive, essa intenção poderia estar no prefácio sem que os autores conseguissem de fato construir um texto complementar passível de uma abordagem interdisciplinar. Assim, é necessária uma análise mais apurada dos textos para compreender melhor sua condição de intercessores da interdisciplinaridade nos cursos de licenciatura em Química.

### 7.3.2 Dados gerais sobre os textos complementares

Os textos complementares do livro *Química: a ciência central* vêm em destaque do conteúdo principal, sendo colocados em caixas de texto coloridas (uma cor para cada eixo temático). A quantidade em cada capítulo varia de um a seis, resultando em uma média de 3,48. Eles estão divididos em quatro eixos temáticos: a química no trabalho (26,7%), um olhar mais de perto (37,2%), estratégias na química (9,3%) e a química e a vida (27,9%).

Os autores não os colocaram em posições específicas dos capítulos, podendo estar no começo, no fim ou no meio. A fonte não se difere da usada no texto principal, verificando-se a presença de imagens, ilustrações moleculares coloridas, equações matemáticas, equações químicas, gráficos e modelos explicativos. O tamanho dos textos varia entre menos de meia página e uma página e meia.

A ementa da disciplina Química Fundamental consiste em estrutura atômica, classificação periódica, ligações químicas, introdução às funções químicas e reações. A disciplina é organizada de modo que sejam trabalhados os seguintes conceitos:

**Estrutura Atômica:** natureza elétrica da matéria; estrutura do átomo: teoria de Thomson e Rutherford; origem da teoria dos quanta: efeito; mecânica quântica do átomo de hidrogênio: dualidade partícula-onda, princípio da incerteza, funções de onda para o átomo de hidrogênio, probabilidade; átomos polieletrônicos.

Classificação Periódica: a tabela periódica; propriedades periódicas: conceito e análise das variações das seguintes propriedades no quadro periódico: raio atômico, covalente e iônico, energia de ionização, eletronegatividade, carga nuclear efetiva, número de oxidação.

Ligações Químicas: ligação iônica: ocorrência, energia reticular, ciclo de Born-Haber, geometria do retículo cristalino, outros tipos de atrações eletrostáticas; ligação covalente: ocorrência, ligação covalente mais simples, hibridação e geometria dos compostos moleculares, ligações múltiplas e ressonância, polaridade das ligações, orbitais moleculares para moléculas diatômicas homonucleares e heteronucleares; ligação metálica: formação e condutividade elétrica.

Ácidos e Bases: conceitos de Arrhenius, Bronsted e Lewis, nomenclaturas IUPAC e usual, classificação, fórmulas eletrônica e estrutural, geometria; sais e óxidos: conceito e nomenclatura; classificação das reações químicas inorgânicas; reações químicas principais aplicações dos produtos. Número de oxidação, variação dos números de oxidação em compostos inorgânicos e balanceamento de reações de oxidação-redução, incluindo as relações em meio biológico.

(ementa da disciplina Química Fundamental, disponível em: <http://www.ufjf.br/quimica/disciplinasdep/plano-de-ensino/?CodDisciplina=QUI125>)

Selecionando apenas os capítulos que se relacionam com a ementa, obtive um total de 18 textos complementares para a análise (Tabela 10). Não serão analisados textos do eixo 4 (Estratégias na Química) por estar ausente nos capítulos selecionados.

**Tabela 10.** Contagem de textos complementares selecionados para análise.

	<b>Eixo 1 A química no trabalho</b>	<b>Eixo 2 Um olhar mais de perto</b>	<b>Eixo 3 A química e a vida</b>	<b>Eixo 4 Estratégias na Química</b>
<b>Capítulo 6:</b> Estrutura eletrônica dos átomos	-	2	1	-
<b>Capítulo 7:</b> Propriedades periódicas dos elementos	-	-	-	-
<b>Capítulo 8:</b> Conceitos básicos de ligação química	1	2	-	-
<b>Capítulo 9:</b> Geometria molecular e teorias de ligação	1	-	1	-
<b>Capítulo 11:</b> Forças intermoleculares, líquidos e sólidos	1	4	-	-
<b>Capítulo 16:</b> Equilíbrio ácido-base	1	-	1	-
<b>Capítulo 20:</b> Eletroquímica	-	-	1	-
<b>Total/capítulo</b>	4	8	6	-
<b>Total</b>		18		

Fonte: elaborado pela própria autora.

### 7.3.3 Análise dos textos selecionados

Para analisar os textos optei por criar as categorias previamente, verificando a potencialidade interdisciplinar através dos seguintes aspectos:

- 1) se esses textos se relacionam com outras áreas do conhecimento;
- 2) com quais disciplinas das grandes áreas eles se relacionam; e
- 3) qual a recorrência de cada área e de cada disciplina.

Para isso, categorizei as unidades de registro entre as disciplinas contidas nas grandes áreas: Ciências Exatas e da Terra, Ciências Biológicas, Engenharias, Ciências da Saúde, Ciências Agrárias, Ciências Sociais Aplicadas, Ciências Humanas, e Linguística, Letras e Artes, utilizando como referência a tabela<sup>10</sup> organizada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Quando não encontrados registros de disciplinas específicas, optei por utilizar como categoria a grande área que melhor se relaciona com a unidade de registro.

<sup>10</sup> Disponível em [http://www.capes.gov.br/images/documentos/documentos\\_diversos\\_2017/TabelaAreasConhecimento\\_072012\\_atualizada\\_2017\\_v2.pdf](http://www.capes.gov.br/images/documentos/documentos_diversos_2017/TabelaAreasConhecimento_072012_atualizada_2017_v2.pdf) - acessado em 11/06/17.

Os textos na íntegra e as tabelas com as análises de todos eles se encontram, respectivamente, no Anexo 2 e Apêndice G. Os títulos dos textos escolhidos para a análise e suas respectivas posições no livro estão dispostos no Quadro 9:

**Quadro 9.** Títulos dos textos analisados os respectivos capítulos onde são encontrados.

		<b>Título do texto</b>
<b>Capítulo 6:</b> Estrutura eletrônica dos átomos	Texto 1	Medição e o princípio da incerteza
	Texto 2	Evidência experimental do spin eletrônico
	Texto 3	Spin nuclear e imagem de ressonância magnética
<b>Capítulo 7:</b> Propriedades periódicas dos elementos	Texto 4	O tamanho iônico faz uma GRANDE diferença!
	Texto 5	O improvável desenvolvimento das drogas de lítio
<b>Capítulo 8:</b> Conceitos básicos de ligação química	Texto 6	Cálculo de energias de rede: ciclo de Born-Haber
	Texto 7	Números de oxidação, cargas formais e cargas parciais reais
	Texto 8	Os explosivos de Alfred Nobel
<b>Capítulo 9:</b> Geometria molecular e teorias de ligação	Texto 9	A química da visão
	Texto 10	Corantes orgânicos
<b>Capítulo 11:</b> Forças intermoleculares, líquidos e sólidos	Texto 11	Tendências na ligação de hidrogênio
	Texto 12	Extração por fluido supercrítico
	Texto 13	Equação de Clausius-Clapeyron
	Texto 14	Difração de raios X por cristais
	Texto 15	Buckybola
<b>Capítulo 16:</b> Equilíbrio ácido-base	Texto 16	Aminas e cloridratos de aminas
	Texto 17	Comportamento anfótero de aminoácidos
<b>Capítulo 20:</b> Eletroquímica	Texto 18	Batimentos cardíacos e eletrocardiograma

Fonte: elaborado pela própria autora.

Primeiramente, foi realizada uma leitura flutuante e, em seguida, a busca mais apurada pelas UR (palavras, fragmentos de frases, ou frases completas). Para se enquadrarem como UR, os trechos deveriam suscitar ao menos uma pergunta que não seja possível responder somente com os conhecimentos da química e nem ao longo do próprio texto ou do capítulo (MINAYO, 2010).

Nessa perspectiva, suscitar perguntas indica que a compreensão ampla do texto demanda outras leituras, em diálogo com outras disciplinas. Compreendendo a interdisciplinaridade em Japiassu (1976), esse procedimento permite verificar o potencial desse grupo de textos como intercessores da interdisciplinaridade na medida em que proporciona lançar pontes entre as áreas de conhecimento para explorar as fronteiras teórico-metodológicas. Isto é, identificar os pontos dos quais se pode avançar em busca de teorias e/ou metodologias de outras disciplinas para promover uma leitura crítica que leve a uma vivência interdisciplinar nas aulas de química.

Dos 18 textos analisados, três não apresentaram nenhum UR que suscite perguntas nesse sentido (*Cálculo de energias de rede: ciclo de Born-Haber, Números de oxidação, cargas formais e cargas parciais reais, e Tendências na ligação de hidrogênio*). São textos que tratam de pontos muito específicos da química, se dedicando a explicá-los de forma mais detalhada.

De modo geral, os textos fazem referência a outras partes do livro (seções, figuras, tabelas e gráficos do próprio capítulo; capítulos anteriores e posteriores; outros textos complementares), guiando o leitor a visitar essas partes para compreender melhor o texto. Assim, apesar de estarem dentro de caixas de texto, seu posicionamento no livro não é aleatório. Os autores escolheram posições estratégicas que permitem estabelecer diálogos com o conteúdo dos capítulos, complementando-os e sendo complementados.

As marcas de relações com a biologia são muito expressivas, sendo a única disciplina associada às UR encontradas em seis dos textos analisados, a exemplo do texto *O tamanho iônico faz uma GRANDE diferença!* (Quadro 10):

**Quadro 10.** Exemplo de texto complementar cuja análise indicou somente marcas da disciplina Biologia.

UR	Perguntas suscitadas	Disciplinas
<b>TEXTO 4 – O tamanho iônico faz uma GRANDE diferença!</b>		
microquantidades	O que é microquantidade quando se fala em seres vivos e sua nutrição?	Biologia
oxidando a glicose ou outros combustíveis	Como e por que isso acontece? Quais são esses outros combustíveis? A oxidação deles acontece da mesma forma que com a glicose?	Biologia
plasma sanguíneo	O que é plasma sanguíneo?	Biologia
sérios desequilíbrios nas quantidades de CO <sub>2</sub> no sangue	O que acontece quando há muito CO <sub>2</sub> no sangue?	Biologia
O zinco é também encontrado em várias outras enzimas, incluindo algumas encontradas no fígado e rins	Quais enzimas? Porque o zinco é importante para elas? Qual função essas enzimas têm? Quais reações elas fazem? O zinco se liga a essas enzimas da mesma forma que que na anidrase carbônica?	Biologia
quando o Cd <sup>2+</sup> está presente em vez de Zn <sup>2+</sup> , no entanto, a reação de CO <sub>2</sub> com água não é facilitada	Por quê?	Biologia
Cerca de 20% do CO <sub>2</sub> se liga à hemoglobina e é liberado nos pulmões.	Como funciona esse transporte? Por que não é possível ligar 100% do CO <sub>2</sub> à hemoglobina?	Biologia

Fonte: elaborado pela própria autora.

O mesmo ocorre para Física, Engenharia, Matemática, e História, mas em menor proporção, a exemplo dos textos abaixo (Quadro 11):

**Quadro 11.** Exemplo de texto complementar cuja análise indicou somente marcas das disciplinas Física, Engenharia, Matemática, e História.

UR	Perguntas suscitadas	Disciplinas
<b>TEXTO 2 – Evidência experimental do spin eletrônico</b>		
um feixe de átomos neutros	Como se faz um feixe de átomos?	Física
campo magnético não-homogêneo	O que é um campo magnético homogêneo e não homogêneo?	Física
Normalmente esperaríamos que átomos neutros não fossem afetados por um campo magnético.	Por quê? Qual é a relação entre carga elétrica e campo magnético?	Física
O campo magnético que surge a partir do Spin do elétron interage com o campo do magneto, desviando o átomo de seu caminho retilíneo.	Como o elétron gera campo magnético? Como ocorre essa interação? Como podemos saber a direção desse desvio?	Física

<b>TEXTO 9 – A química da visão</b>		
microscópio eletrônico de varredura	O que é? Como funciona?	Engenharia
<b>TEXTO 13 – Equação de Clausius-Clapetron</b>		
gráfico de $\ln P$ versus $1/T$	Porque aplicar o logaritmo neperiano para construir um gráfico?	Matemática
extrapolar a reta	Como se faz isso?	Matemática
<b>TEXTO 14 – Difração de raios X por cristais</b>		
início dos anos 50	Quais eram os temas científicos principais dos anos 50?	História
determinaram a estrutura de dupla hélice do DNA	O que essa descoberta alavancou?	História
Os programas de computador são, então, usados para analisar os dados de difração e determinar o arranjo e a estrutura das moléculas no cristal	Porque essa técnica é tão importante para os cientistas?	História

Fonte: elaborado pela própria autora.

Nos demais textos observa-se uma mistura de disciplinas correspondentes às UR, como por exemplo nos textos *Spin nuclear e imagem de ressonância magnética* e *Os explosivos de Alfred Nobel* (Quadro 12):

**Quadro 12.** Exemplo de texto complementar cuja análise indicou somente marcas de mais de uma disciplina.

<b>UR</b>	<b>Perguntas suscitadas</b>	<b>Disciplinas</b>
<b>TEXTO 3 – Spin nuclear e imagem de ressonância magnética</b>		
uso de raios X para se obter a imagem dos ossos, músculos e órgãos.	Como isso funciona?	Física
danos fisiológicos	O que é considerado dano fisiológico? Porque o raio X causa esse tipo de dano?	Biologia
são colocados em um campo magnético externo	Como se produz um campo magnético?	Física
eles podem se alinhar paralela ou contrariamente (antiparalelo) ao campo, dependendo de seus spins	Porque acontece o alinhamento do spin com o campo magnético?	Física
o alinhamento paralelo é mais baixo em energia do que o antiparalelo	Por quê?	Física
sofisticadas técnicas de detecção	No que se baseia essa detecção?	Engenharias
um aparelho novo de IRM para aplicações clínicas está na faixa de 1,5 milhão de dólares	O que eleva o custo de um aparelho de IRM?	Engenharias
<b>TEXTO 8 – Os explosivos e Alfred Nobel</b>		
Alfred Nobel, descobriu que a mistura de nitroglicerina com um material sólido	Por quê Alfred Nobel estava pesquisando explosivos? Qual	História

absorvente como terra diatomácea ou celulose resulta em explosivo sólido (dinamite)	o contexto dessa descoberta? Como e por quem sua descoberta foi utilizada?	
Terra diatomácea	O que é? Por que essa terra é capaz de absorver a nitroglicerina?	Agronomia
Celulose	Qual é a estrutura da celulose? Por que ela é capaz de absorver a nitroglicerina?	Biologia
Essa descoberta fez de Nobel um homem muito rico	Por quê?	História

Fonte: elaborado pela própria autora.

Considerando que mais de 80% dos textos analisados apresentaram UR que suscitaram perguntas que não poderiam ser respondidas com os conhecimentos químicos, os resultados apontam para a existência de um potencial interdisciplinar nos textos complementares do livro *Química: a ciência central*.

Dessa forma, é possível afirmar que o professor poderia apoiar-se nesses termos para buscar – ou incentivar seus alunos nessa busca – os conhecimentos de outras áreas que levem à uma compreensão mais ampla do tópico que está sendo discutido no texto. Esse movimento se prestaria a ampliar a visão do estudante sobre o assunto, que, com a ajuda de seu professor, poderia iniciar a compreensão da natureza integrada do conhecimento.

Vale ressaltar que a única disciplina da grande área das Ciências Humanas que foi possível relacionar foi a História, faltando pontos de partida para a Literatura e para as Artes, por exemplo. Isso pode ser devido à polaridade existente entre Ciências Exatas e Ciências Humanas, materializada no LDQG sob a forma de silêncios nos textos complementares. Em constante relação com esse livro, a formação dos professores de química carregará essa concepção de ciência, distanciada das humanidades, implicando em dificuldades de estabelecer essas relações em sua prática futura.

Seja de acordo com Japiassu (1976) ou ainda de acordo com as concepções dos estudantes e professores, a presença de marcas de outras áreas que não as das Ciências Exatas e da Terra permite inferir sobre a existência de múltiplas possibilidades para exercer essas concepções a partir dos textos complementares.

## 8 UMA PROPOSTA DE AÇÃO PEDAGÓGICA

A partir do que foi discutido até o momento, desde o referencial teórico até as falas de todos os sujeitos envolvidos na pesquisa, bem como a potencialidade apresentada pelos textos complementares do livro *Química: a ciência central*, elaboro uma proposta de ação para a utilização desses textos como intercessores da interdisciplinaridade nas aulas de química na universidade.

A proposta se orienta por uma prática docente reflexiva (Schön, 1995), pelo desenvolvimento dos saberes docentes (Tardif, 2014) e pela interdisciplinaridade como entendida por Japiassu (1976) e Fazenda (2012), isto é, entendendo-a como processo, não produto, e como movimento de exploração das fronteiras entre as disciplinas.

Considerando a importante informação coletada nessa pesquisa acerca do processo de compreensão da interdisciplinaridade, que ocorreu mediante uma atividade de pesquisa, incluo atividades investigativas nessa proposta, pois “no ensino por investigação, os alunos são colocados em situação de realizar pequenas pesquisas, combinando simultaneamente conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais” (FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2010, p. 101). Além disso, favorece o desenvolvimento das “habilidades de investigar, manipular e comunicar” (*ibidem*). A partir da apropriação das diferentes linguagens e métodos de diferentes disciplinas, a investigação se constitui como um meio de proporcionar a vivência interdisciplinar para os alunos da graduação. Assim, proponho um movimento de ação conjugada à reflexão que apresento em oito etapas:

### 1) **Compreensão do contexto**

É necessário que o professor situe a formação dos seus alunos e os objetivos da disciplina, fazendo algumas reflexões: quem são meus alunos? Qual curso eles fazem? Quais são os objetivos dessa disciplina? Quais competências precisam ser desenvolvidas nessa disciplina? Como vou avaliar a aprendizagem dos alunos?

### 2) **Seleção do livro**

Depois, é preciso selecionar qual(is) livro(s) vão ser utilizados como referência: esse livro contém textos complementares? Se não, consigo encontrar outros textos que possam ocupar essa função, complementando os assuntos dispostos no livro (em outros livros, em revistas, jornais, mídia digital)?

### **3) Posicionamento da proposta**

Selecionar o melhor momento para utilizar o texto complementar: qual dos conteúdos que serão trabalhados na disciplina seria interessante que os alunos desenvolvessem uma compreensão mais ampla? Por quê?

### **4) Seleção do texto**

Selecionar um texto complementar (ou até mesmo mais de um, se for possível) que dialogue com o conteúdo selecionado. Fazer uma leitura flutuante e depois identificar os termos que suscitem questões que somente os conhecimentos químicos não conseguem responder.

### **5) Leitura e levantamento de questões**

Fazer uma leitura desse texto com os estudantes e pedir que façam o mesmo movimento de encontrar os termos que suscitem questões. Essa leitura pode ser feita em sala de aula ou como tarefa individual, por exemplo.

### **6) Investigação**

Solicitar que os alunos investiguem esses termos (palavras, trechos de frase ou sentenças) para melhor compreendê-los, incentivando-os a explorar a literatura o mais fundo que conseguirem, evitando respostas do tipo “esse termo significa isso”.

Os alunos devem ser incentivados a compreender o máximo que puderem sobre o assunto explorando o máximo de recursos disponíveis, como testes em laboratório por exemplo. Essa etapa pretende desenvolver no aluno a curiosidade e a busca pelo conhecimento usando todos os recursos que conseguir pensar e ter acesso, como seria feito em uma pesquisa. Incentivar que eles sempre se perguntem “por quê?” e “como?” pode ajudar muito nessa etapa.

### **7) Comunicação**

Solicitar que os alunos socializem suas pesquisas, descrevendo os métodos e comunicando os recursos utilizados para encontrar as explicações aos termos selecionados anteriormente. Isso pode ser feito de variadas formas, desde uma abordagem mais descontraída, como uma roda de conversa, até a mais formal, como trabalhos escritos ou seminários.

Essa etapa de socialização deve ser usada para retomar o conteúdo e explicitar as relações entre a química e as demais disciplinas, contribuindo para a compreensão da interdisciplinaridade.

### **8) Avaliação**

Com base na avaliação solicitada aos alunos e nas próprias reflexões feitas ao longo de todo o processo, o professor deve avaliar se a ação pedagógica foi capaz de ampliar o conhecimento dos alunos.

Esse é o momento de ajustar a metodologia e os mecanismos avaliativos, fazendo uma reflexão sobre o que funcionou e o que não funcionou para aquela turma, para aquele conteúdo, para aquele texto. Isso permite que o professor ajuste a metodologia utilizada por ele para uma próxima realização.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade de inserir a interdisciplinaridade nas escolas e universidades é amplamente reconhecida pelas pesquisas e pelos documentos oficiais, porém, as dificuldades quanto à prática pedagógica interdisciplinar persistem, fazendo-se necessário a elaboração de propostas didáticas que consigam materializar o ensino interdisciplinar. Todavia, é preciso que essas propostas sejam sensíveis à realidade e ao dia a dia dos professores.

No que se refere aos professores universitários, cuja formação pedagógica muitas vezes se dá apenas pela experiência, é importante considerar sua autonomia e seu papel de formadores. No caso dos cursos de licenciatura isso se torna ainda mais significativo, uma vez que atuam diretamente na formação dos futuros professores. Assim, antes que qualquer proposta pedagógica seja incorporada no fazer docente universitário, os professores das universidades precisam tomar consciência da posição de formador que ocupam. É preciso compreender que formar professores é impactar todo o ensino básico e, por isso, influenciar toda a sociedade. A docência universitária não pode, portanto, ser tomada de improviso, sendo necessário investir em formação continuada para esses profissionais.

Com isso em mente, a proposta dessa pesquisa foi verificar se em um livro didático de química geral, objeto tão palpável e familiar de professores e estudantes, estão guardadas possibilidades para a materialização da interdisciplinaridade que tanto se almeja construir. Focando no curso de licenciatura em Química, selecionei um livro de química geral para fazer a análise de seus textos complementares.

Não podendo ser aleatória, essa seleção se guiou por levantamentos junto às bibliotecas, aos professores e aos estudantes, investigando qual seria o LDQG mais utilizado no curso de licenciatura em Química da UFJF. Também foram investigadas as percepções dos ingressantes e formandos do segundo semestre de 2016 quanto aos textos complementares. Para melhor compreender como a leitura desses textos poderia ser realizada pelos professores e estudantes, investiguei ainda a concepção de interdisciplinaridade desses sujeitos.

Foi possível constatar que o livro mais utilizado é o *Química: a ciência central*, sendo feita a análise de dezoito dos textos complementares desse livro. O processo de seleção também contribuiu para a compreender quais os recursos utilizados pelos alunos da licenciatura em Química para estudar e quais os critérios considerados por professores e estudantes ao selecionar um LDQG. Ficou claro que o uso dos textos complementares é superficial na docência universitária, tanto por alunos quanto por professores. Contudo, os

licenciandos demonstram interesse por esses textos, sendo viável propor sua utilização nas disciplinas.

Também foi possível verificar que a concepção de interdisciplinaridade não é homogênea entre os sujeitos e que, muitas vezes, o conceito é elaborado intuitivamente a partir do termo em si, da morfologia da palavra. Trata-se de um conceito de difícil compreensão, pois para que isso aconteça os professores precisam não só conhecer a teoria, mas também ver o conceito operar, ou seja, conhecer como é possível que ele seja materializado em sua postura e prática diária. Assim, compreendo que se trata de uma concepção instável, sujeita a ajustes mediante estudo e, principalmente, vivências de práticas pedagógicas interdisciplinares.

As análises dos textos complementares do livro *Química: a ciência central* mostraram que muitos deles contêm um potencial interdisciplinar. Essa potencialidade não é homogênea, havendo desde textos que não a apresentam até textos com muitas possibilidades de aproximação com outras disciplinas. Por isso, cabe ao professor avaliar cuidadosamente o texto presente no livro de química geral que utiliza para definir quais são as alternativas que ele apresenta, com quais disciplinas ele dialoga. Obviamente, essa leitura deve ser realizada considerando os objetivos da disciplina que o professor está lecionando, em um processo de ação orientada e reflexiva.

É preciso ter em mente que apenas realizar a leitura desse texto em aula ou a recomendar que os alunos os leiam em seu momento de estudo, está muito longe de ser suficiente para que ocorra um ensino interdisciplinar. É necessário engajar os alunos em uma leitura que leve à exploração das fronteiras teóricas e metodológicas entre as disciplinas, partindo das unidades de registro encontradas nos textos.

A ancoragem dos leitores nesses textos proporcionaria não só a expansão da leitura e interpretação, mas também da percepção sobre o mundo e sobre o conhecimento. Poder-se-ia, dessa forma, alimentar positivamente a prática pedagógica interdisciplinar, contribuindo para o desenvolvimento de um pensamento que correlaciona e integra as áreas de conhecimento, em oposição àquele isolado dentro apenas da disciplina química.

A partir disso foi elaborada uma proposta de ação a partir desses textos que oferece uma metodologia para sua utilização nos cursos de licenciatura em química. Evidentemente, a proposta pode ser alterada conforme melhor convier aos professores, que os ajustarão às suas concepções, necessidades e objetivos.

Acredito que o uso dos textos complementares como intercessores da interdisciplinaridade possa ajudar os professores universitários na tarefa de inserir essa

perspectiva nos cursos de licenciatura em Química. Trata-se de um início de mudanças e não de substituição brusca da prática atual. Com certeza, o exercício paulatino de novas práticas, juntamente com um processo de reflexão sobre o fazer docente pode contribuir muito para que a docência universitária seja protagonista na superação da crise da universidade, construindo conhecimentos capazes de responder às questões contemporâneas da sociedade e fortalecer ainda mais o novo paradigma que é a interdisciplinaridade.

## REFERÊNCIAS

ABREU, R. G.; LOPES, A. C. A interdisciplinaridade e o ensino de química: uma leitura a partir das políticas de currículo. In: WILSON, L. P. S.; MALDANER, O. A. (Org.). **Ensino de química em foco**. 1 ed. Ijuí: Unijuí, 2010, p. 77-99.

ALMEIDA, M. I. Por que a formação pedagógica dos professores do ensino superior? In: \_\_\_\_\_. **Formação do professor de ensino superior: desafios e políticas institucionais**. 1. ed. São Paulo: Cortez, 2012, p. 61-183.

ARANTES, A. P. P.; GEBRAN, R. A. Ensino superior: saberes docentes e prática pedagógica. **Interfaces da Educação**, Paranaíba, v. 6, n. 18, p. 197-218, 2015.

ARANTES, A. P. P.; GEBRAN, R. A. Ensino superior: trajetórias e saberes docentes. **Colloquium Humanarum**, Presidente Prudente, v. 9, n. 2, p. 79-91, jul./dez. 2012.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 1. ed. Lisboa: Edições 70, 2011. 279 p.

BARONEZA, J. E.; SILVA, S. O. Uma reflexão sobre a formação de professores para o ensino superior no Brasil. **Acta Scientiarum: Human and Social Sciences**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 163-168, 2007.

BELL, J. **Projeto de pesquisa: guia para pesquisadores iniciantes em educação, saúde e ciência sociais**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. 224 p.

BERTI, V. P. **Interdisciplinaridade: um conceito polissêmico**. 2007. Dissertação (Mestre em Ensino de Ciências) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

BOLZAN, D. P. V.; AUSTRIA, V. C.; LENZ, N. Pedagogia universitária: a aprendizagem docente como um desafio à professoralidade. **Acta Scientiarum: Education**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 119-126, 2010.

BORGES, M. C.; AQUINO, O. F. Educação superior no Brasil e as políticas de expansão de vagas do Reuni: avanços e controvérsias. **Educação: teoria e prática**, Rio Claro, v. 22, n. 39, p. 117-138, jan/abr 2012.

BORGES, D. S.; TAUCHEN, G.; SOUZA, N. C. A inovação no ensino universitário. In: FÁVERO; A. A.; TONIETO, C.; ODY, L. C. (Org.). **Docência universitária: pressupostos teóricos e perspectivas didáticas**. 1. ed. Campinas: Mercado de Letras, 2015, capítulo 4, p. 83-96.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química**. Brasília, DF, 2001. 10 p.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação, Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para formação continuada**. Brasília, 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília, DF: MEC, SEB, DICEI, 2013. 562 p.

\_\_\_\_\_. **Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – Reuni, decreto nº 6.096, de 24 de abril de 2007**. Diretrizes Gerais. Plano de Desenvolvimento da Educação. Ago. 2007. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/diretrizesreuni.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2017.

BROWN, T. L.; LEMAY JR., H. E.; BURSTEN, B. E.; BURDGE, J. R. **Química: a ciência central**. 9. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005. 972 p.

CHARTIER, R. **A aventura do livro: do leitor ao navegador**. São Paulo: Editora UNESP, 1998. 160p.

CHOPPIN, A. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e Pesquisa**, v. 30, n. 3, p. 549-566, set./dez. 2004.

CONFORTIN, R. Transitando entre saberes e não saberes da docência no ensino superior. In: FÁVERO; A. A.; TONIETO, C.; ODY, L. C. (Org.). **Docência universitária: pressupostos teóricos e perspectivas didáticas**. 1. ed. Campinas: Mercado de Letras, 2015, capítulo 7, p. 149-169.

CUNHA, M. I. Docência na universidade, cultura e avaliação institucional: saberes silenciados em questão. **Revista Brasileira de Educação**, v. 11, n. 32, p. 258-371, maio/ago. 2006.

CUNHA, L. A. O ensino superior no octênio FHC. **Educação e Sociedade**, Campinas, v. 24, n. 82, p. 37-61, 2003.

DESAI, A.; LEE, M. **Gibaldi's drug delivery systems in pharmaceutical care**. 1. ed. ASHP, 2007. 525 p.

DUBET, F. Qual democratização do ensino superior? **Caderno CRH**, Salvador, v. 28, n. 74, p. 255-265, mai/ago 2015.

FÁVERO, A. A. Políticas educacionais e os desafios da universidade no século XXI. In: ALMEIDA, M. L. P.; MENDES, V. H. **(Des)construção da universidade na era do "pós": tensões, desafios e alternativas**. 1 ed. Campinas: Mercado de Letras, 2010, capítulo 4, p. 81-97.

FÁVERO, A. A.; TONIETO, C. Criatividade não é improvisação: crítica a uma concepção equivocada de docência universitária. In: FÁVERO; A. A.; TONIETO, C.; ODY, L. C. (Org.). **Docência universitária: pressupostos teóricos e perspectivas didáticas**. 1. ed. Campinas: Mercado de Letras, 2015, capítulo 1, p. 17-36.

FAZENDA, I. C. A.. **Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa**. 18. ed. Campinas: Papirus, 2012. 143 p.

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

FIGARO, R. A triangulação metodológica em pesquisas sobre a comunicação no mundo do trabalho. **Revista Fronteiras – estudos midiáticos**, v. 16, n. 2, p. 124-131, mai./ago. 2014.

FLÔR, C. C. **Na busca de ler para ser em aulas de química**. 1. ed. Injuí: Unijuí, 2015. 208p.

FRANCISCO JUNIOR, W. E.; LIMA, S. P.. Considerações acerca da leitura em livros didáticos de química: uma análise a partir de textos complementares. **Educación Química**, v. 24, n. ext. 2, p. 489-494, nov. 2013.

FRANCO, M. L. P. B. **Análise de conteúdo**. 2. ed. Brasília: Liber Livro, 2007. 79 p.

FRISON, M. D.; VIANNA, J.; CHAVES, J. M.; BERNARDI, F. N. Livro didático como instrumento de apoio para construção de propostas de ensino de ciências naturais. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Anais do VII ENPEC, Florianópolis, 2009.

GATTÁS, M. L. B.; FUREGATO, A. R. F. A interdisciplinaridade na educação. **Revista RENE**, v. 8, n. 1, p. 85-91, jan./abr. 2007.

<http://inepdata.inep.gov.br/analytics/saw.dll?Dashboard> – acessado em 10/01/2018

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. 1 e.d. Rio de Janeiro: Imago, 1976. 220 p.

JUNGES, K. S.; BEHRENS, M. A. Uma formação pedagógica inovadora como caminho para a construção de saberes docentes no Ensino Superior. **Educar em Revista**, n. 59, p. 211-229, jan./mar. 2016.

LAJOLO, M. Livro diático: um (quase) manual de usuário. **Em aberto**, Brasília, ano 16, n. 69, jan./mar., p. 2-9, 1996.

LEÃO, D. M. M. Paradigmas contemporâneos de educação: escola tradicional e escola construtivista. **Cadernos de Pesquisa**, n. 107, p. 187-206, jul./1999.

LEVINSKY, E. Z.; CORREA, C. T.; MATTOS, M. Docência universitária: planejamento da disciplina e organização da aula. In: FÁVERO; A. A.; TONIETO, C.; ODY, L. C. (Org.). **Docência universitária: pressupostos teóricos e perspectivas didáticas**. 1. ed. Campinas: Mercado de Letras, 2015, capítulo 10, p. 207-222.

LÜCK, H. **Pedagogia interdisciplinar**. 18. ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2013. 71 p.

MACHADO, A. M. N.; MENDES, V. H. Revisitando a concepções de Wilhelm Von Humboldt em torno da universidade: o que dizer duzentos anos depois?! In: ALMEIDA, M. L. P.; MENDES, V. H. **(Des)construção da universidade na era do "pós"**: tensões, desafios e alternativas. 1 ed. Campinas: Mercado de Letras, 2010, capítulo 1, p. 15-38.

MAGALHÃES, A. M. A identidade do ensino superior: a educação superior e a universidade. **Revista Lusófona de Educação**, n. 7, Lisboa, p. 13-40 2006.

MENDONÇA, A. W. P. C. A universidade no Brasil. **Revista Brasileira de Educação**, CIDADE, n. 14, mai/jun/jul/ago 2000.

MINAYO, M. C. S. Disciplinaridade, interdisciplinaridade e complexidade. **Emancipação**, v. 10, n. 2, p. 435-442, 2010.

PINHO NETO, P. C. Tornando-se professor: concepções dos alunos de uma licenciatura em química e física sobre o trabalho docente. In: **VII Congresso Internacional Sobre Investigación em la Didáctica de las Ciencias**, 2009, p. 2944-2947.

NUNES, E. O.; FERNANDES, I.; ALBRECHT, J. V. Regulação do Ensino Superior no Brasil. In: TAFNER, P.; TOLOSA, H.; FERREIRA, L. R.; BOTELHO, C. **Caminhos trilhados e desafios da educação superior no Brasil**. 1 ed. Rio de Janeiro: Editora UERJ, 2016, capítulo 3, p. 59-121.

PINTO, M. G. G. O lugar da prática pedagógica e dos saberes docentes na formação de professores. **Acta Scientiarum: Education**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 111-117, 2010.

QUEIROZ, S. L. A linguagem escrita nos cursos de graduação em química. **Química Nova**, v. 24, n. 1, p. 143-146, 2001.

REIS, E. **Estatística descritiva**. 7. ed. Lisboa: Edições Sílabo, 2008. 245 p.

ROJAS-BETANCUR, H. M. Docência e formação científica universitária. **Revista Internacional de Investigación en Educación**, v. 4, n. 7, p. 121-136, 2011.

ROSA, M. V. F. P. C.; ARNOLDI, M. A. G. C. **A entrevista na pesquisa qualitativa: mecanismos para a validação de resultados**. 1. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2008. 112p.

ROTHEN, J. C. Os bastidores da reforma universitária de 1968. **Educação e Sociedade**, Campinas, v. 29, n. 103, p. 453-475, mai/ago 2008.

SANTOS, B. S. Da ideia de universidade à universidade de ideias. In: SANTOS, B. S. **Pela mão de Alice: o social e o político na pós-modernidade**. 7 ed. Porto: Edições Afrontamento, 1999, capítulo 8, p. 163-196.

SANTOS, S. C. O processo de ensino-aprendizagem e a relação professor-aluno: aplicação dos “sete princípios para a boa prática na educação de ensino superior. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 08, n. 1, p. 69-82, jan./mar. 2001.

SCHÖN, D. A. Formar Professores como Profissionais Reflexivos. In: NÓVOA, A. **Os professores e a sua Formação** (Org.), Lisboa: Dom Quixote, 1995, p. 75-91.

SILVA, L. H. O.; PINTO, F. N. P. Interdisciplinaridade: as práticas possíveis. **Revista Querubim**, a. 5, p. 1-18, 2009.

SOUZA, E. F. M. Interdisciplinaridade. **Vértices**, ano 5, n. 3, p. 135-141, set./dez. 2003.

SOUZA, J. A. J.; SANTOS, E. C.; LOBO, A. S.; MELO, L. C.; SOARES, A. C. Concepções de universidade no Brasil: uma análise a partir da missão das universidades públicas federais brasileiras e dos modelos de universidade. **Revista Gestão Universitária na América Latina (GUAL)**, Florianópolis, v. 6, n. 4, p. 216-233, 2013.

SOUZA, K. A. F. D.; MATE, C. H.; PORTO, P. A. História do uso do livro didático universitário: o caso do instituto de química da Universidade de São Paulo. **Ciência e Educação**, v. 17, n. 4, p. 873-886, 2011.

TARDIF, M. Saberes docentes e formação profissional. Petrópolis: Vozes, 2014, 328 p.

\_\_\_\_\_. Saberes profissionais dos professores e conhecimentos universitários. **Revista Brasileira de Educação**. n. 13, p. 5-24, jan./fev./mar./abr. 2000.

TREVISOL, J. V.; TREVISOL, M. T.; VIECELLI, E. O ensino superior no Brasil: políticas e dinâmicas de expansão (1991-2004). **Roteiro**, Joaçaba, v. 34, n. 2, p. 215-242, jul/dez 2009.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. Cotidiano e contextualização no ensino de química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 84-91, mai. 2013.

ZANON, S. R. T.; PEDROSA, A. T. Interdisciplinaridade e Educação. In: Congresso Nacional de Linguística e Filologia, XVIII, 2014, Rio de Janeiro. **XVIII Congresso Nacional de Linguística e Filologia**. Rio de Janeiro: Cadernos do CNFL, 2014. 407 p., v. 7.

## APÊNDICE

### APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO COM DOCENTES DE QUÍMICA FUNDAMENTAL

Caro (a) professor (a),

Este questionário faz parte de uma coleta de dados sobre o uso dos livros de Química Geral, consistindo uma das etapas da pesquisa de mestrado intitulada *Análise do Discurso em textos complementares do livro de Química Geral de ensino superior: buscando caminhos interdisciplinares para a prática docente*. Nesta pesquisa selecionarei um livro de Química Geral do ensino superior para posterior análise e este questionário pretende colaborar para a escolha, que está associada aos dados de empréstimo na biblioteca e ao uso do livro por professores e estudantes da licenciatura em Química.

Conto com a sua colaboração para responder às questões que se seguem.

Muito obrigada pela participação e um grande abraço!  
Isabela Gatti

01) Qual a sua formação (graduação e pós-graduação)?

---



---



---



---

02) Há quanto tempo você leciona no Departamento de Química da UFJF?

---



---

03) Você usa livros de Química Geral para planejar aulas?

\_\_Sim Em qual (is) disciplina (s)?

---



---

Qual (is) livro (s) você usa com mais frequência?

---



---

\_\_Não Por quê?

---



---

04) Você indica livros de Química Geral para seus estudantes?

\_\_Sim Em qual (is) disciplina (s)?

---



---

Qual (is) livro (s) você indica com mais frequência?

---



---

\_\_ Não. Por quê?

---



---

05) Você já ministrou a disciplina Química Fundamental?

- \_\_ Sim, mas no momento não estou com uma turma.  
 \_\_ Sim, e no momento estou com uma (ou mais de uma) turma.  
 \_\_ Não.

06) Classifique os itens que você leva em consideração, numa escala de 1 a 5 de importância, ao selecionar um livro de Química Geral para planejar aulas e para indicar aos estudantes.

**Para planejar aulas:**

ITEM	CLASSIFICAÇÃO					
Autor	1	2	3	4	5	
Clareza da linguagem	1	2	3	4	5	
Diagramação e material da encadernação	1	2	3	4	5	
Presença de textos complementares	1	2	3	4	5	1= não importante
Presença de ilustrações, imagens e/ou fotografias	1	2	3	4	5	2= pouco importante
É reconhecido na área que leciono	1	2	3	4	5	3= importante
Precisão conceitual	1	2	3	4	5	4= muito importante
Atualização das informações	1	2	3	4	5	5= essencial
Quantidade de exemplares nas Bibliotecas	1	2	3	4	5	
Diversidade de temas abordados	1	2	3	4	5	
Potencial para a interdisciplinaridade	1	2	3	4	5	
Muitos exercícios	1	2	3	4	5	
Contextualização	1	2	3	4	5	
Oferece sites/CDs com animações e/ou simulações	1	2	3	4	5	
Usei quando cursei a graduação	1	2	3	4	5	
Presença de exercícios complexos	1	2	3	4	5	
Outro:	1	2	3	4	5	

**Para indicar aos estudantes:**

ITEM	CLASSIFICAÇÃO					
Autor	1	2	3	4	5	
Clareza da linguagem	1	2	3	4	5	
Diagramação e material da encadernação	1	2	3	4	5	1= não importante
Presença de textos complementares	1	2	3	4	5	2= pouco importante
Presença de ilustrações, imagens e/ou fotografias	1	2	3	4	5	

É reconhecido na área que leciono	1	2	3	4	5	<b>importante</b> <b>3= importante</b> <b>4= muito importante</b> <b>5= essencial</b>
Precisão conceitual	1	2	3	4	5	
Atualização das informações	1	2	3	4	5	
Quantidade de exemplares nas Bibliotecas	1	2	3	4	5	
Diversidade de temas abordados	1	2	3	4	5	
Potencial para a interdisciplinaridade	1	2	3	4	5	
Muitos exercícios	1	2	3	4	5	
Contextualização	1	2	3	4	5	
Oferece sites/CDs com animações e/ou simulações	1	2	3	4	5	
Usei quando cursei a graduação	1	2	3	4	5	
Presença de exercícios complexos	1	2	3	4	5	
Outro:	1	2	3	4	5	

Considere os seguintes livros de Química Geral para responder às questões 07 e 08:

1. Química geral (Russell, John Blair)
2. Química: a ciência central (Brown, LeMay & Bursten)
3. Química na abordagem do cotidiano (Peruzzo, Francisco Miragaia)
4. Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente (Atkins, Peter William)

07) Você usa ou já usou um ou mais destes livros?

**Sim.** Qual (is)?  1  2  3  4  
 **Não.** Por quê?

---



---



---

08) Você indica ou já indicou um ou mais destes livros a estudantes?

**Sim.**  Na disciplina Química Fundamental.  
 1  2  3  4  
 Em outras disciplinas.  
 1  2  3  4  
 **Não.**

09) Descreva como você identifica os *textos complementares* presentes em livros didáticos:

---



---



---

10) Você usa textos complementares presentes em algum destes livros?

   **Sim.** De qual(is) livro(s)?   1   2   3   4

Por quê?

---

---

---

Como?

---

---

---

   **Não.** Por quê?

---

---

---

## APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO COM INGRESSANTES

Caro (a) estudante,

Este questionário faz parte de uma coleta de dados sobre o uso dos livros de Química Geral, consistindo uma das etapas da pesquisa de mestrado intitulada *Análise do Discurso em textos complementares do livro de Química Geral de ensino superior: buscando caminhos interdisciplinares para a prática docente*. Nesta pesquisa selecionarei um livro de Química Geral do ensino superior para posterior análise e este questionário pretende colaborar para a escolha, que está associada aos dados de empréstimo na biblioteca e ao uso do livro por professores e estudantes da licenciatura em Química.

Conto com a sua colaboração para responder às questões que se seguem.

Muito obrigada pela participação e um grande abraço!

Isabela Gatti

01) Em que semestre e ano você ingressou no curso Química - Licenciatura?

\_\_\_\_\_

02) Classifique numa escala de 1 a 5 a intensidade com que você usa os recursos abaixo para estudar:

ITEM	CLASSIFICAÇÃO				
Listas de exercícios disponibilizadas por professores	1	2	3	4	5
Slides disponibilizados por professores	1	2	3	4	5
Livros de Ensino Médio	1	2	3	4	5
Sites	1	2	3	4	5
Vídeoaulas	1	2	3	4	5
Outros vídeos	1	2	3	4	5
Filmes	1	2	3	4	5
Livros de Ensino Superior	1	2	3	4	5
Outros livros	1	2	3	4	5
Livros indicados por professores	1	2	3	4	5
Artigos científicos	1	2	3	4	5
Jornais e/ou revistas	1	2	3	4	5
Materiais de outros estudantes	1	2	3	4	5
Outro:	1	2	3	4	5

**1= nunca**  
**2= pouco**  
**3= às vezes, quando tenho alguma dificuldade**  
**4= às vezes, para complementar**  
**5= sempre**

03) Você usa livros de Química Geral nas disciplinas que está cursando?

   **Sim.** Qual (is) disciplina (s)?

\_\_Não.

Por quê?

04) Classifique numa escala de 1 a 5 de importância os itens que você leva em consideração ao selecionar um livro de Química Geral para estudar:

ITEM	CLASSIFICAÇÃO					
Autor	1	2	3	4	5	
Clareza da linguagem	1	2	3	4	5	
Meus professores indicam nas aulas	1	2	3	4	5	
Presença de textos complementares	1	2	3	4	5	
Presença de ilustrações, imagens e/ou fotografias	1	2	3	4	5	<b>1= não importante</b> <b>2= pouco importante</b> <b>3= importante</b> <b>4= muito importante</b> <b>5= essencial</b>
Quantidade de exemplares nas Bibliotecas	1	2	3	4	5	
Precisão conceitual	1	2	3	4	5	
Diversidade de temas abordados	1	2	3	4	5	
Muitos exercícios	1	2	3	4	5	
Contextualização	1	2	3	4	5	
Meus professores usam para fazer as questões das provas	1	2	3	4	5	
Oferece sites/CDs com animações e/ou simulações	1	2	3	4	5	
Diagramação e material da encadernação	1	2	3	4	5	
Outro:	1	2	3	4	5	

05) Assinale abaixo o (s) item (s) que você lê ao utilizar um livro didático para estudar:

1. O prefácio
2. O texto principal
3. Os exercícios resolvidos
4. Os textos complementares
5. As imagens
6. As tabelas
7. Os gráficos
8. Os resumos ao final dos capítulos
9. O gabarito dos exercícios

06) Sobre os *textos complementares* presentes em livros didáticos, responda:

a) O que são?

b) Como você os identifica?

---



---



---

c) Por que você acha que esses textos estão nos livros didáticos?

---



---



---

d) Você costuma ler estes textos presentes nos seus livros?

   Sim.         Não.

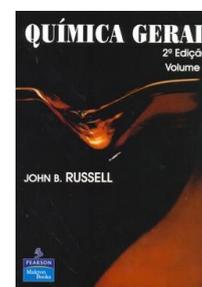
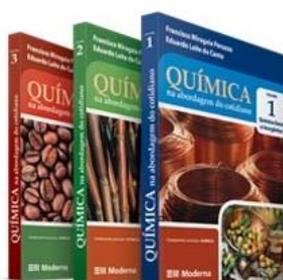
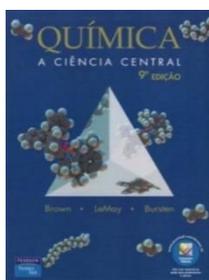
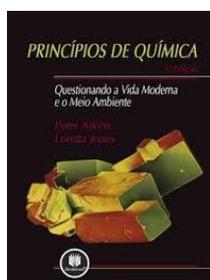
Por quê?

---



---

Sobre os livros de Química Geral abaixo, responda às questões 07 e 08.



**1**

Princípios de química:  
questionando a vida  
moderna e o meio  
ambiente  
(Atkins, Peter William)

**2**

Química: a ciência  
central  
(Brown, LeMay &  
Bursten)

**3**

Química na abordagem do  
cotidiano  
(Peruzzo, Francisco Miragaia)

**4**

Química geral  
(Russell, John Blair)

07) Qual (is) destes livros você conhece?

   Nenhum        1        2        3        4

08) Qual (is) destes livros você utiliza?

   Nenhum        1        2        3        4

Por quê?

---

---

---

09) Você conhece o termo *interdisciplinaridade*?

**Sim.** O que significa?

---

---

---

---

**Não.** O que você pensa ao se deparar com essa palavra?

---

---

---

---

10) Na sua concepção, a formação de professores deve ser interdisciplinar?

**Sim.**  **Não.** Por quê?

---

---

---

11) Você considera que a interdisciplinaridade está sendo abordada de alguma forma no seu curso?

**Sim.**  **Não.**

Como? Por quê?

---

---

---

---

## APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO COM FORMANDOS

Este questionário faz parte de uma coleta de dados sobre o uso dos livros de Química Geral, consistindo uma das etapas da pesquisa de mestrado intitulada *Análise do Discurso em textos complementares do livro de Química Geral de ensino superior: buscando caminhos interdisciplinares para a prática docente*. Nesta pesquisa selecionarei um livro de Química Geral do ensino superior para posterior análise e este questionário pretende colaborar para a escolha, que está associada aos dados de empréstimo na biblioteca e ao uso do livro por professores e estudantes da licenciatura em Química.

Conto com a sua colaboração para responder às questões que se seguem.

Muito obrigada pela participação e um grande abraço!

Isabela Gatti

01) Em que semestre e ano você ingressou no curso Química - Licenciatura?

---



---

02) Classifique numa escala de 1 a 5 a intensidade com que você usa os recursos abaixo para estudar:

ITEM	CLASSIFICAÇÃO				
Listas de exercícios disponibilizadas por professores	1	2	3	4	5
Slides disponibilizados por professores	1	2	3	4	5
Livros de Ensino Médio	1	2	3	4	5
Sites	1	2	3	4	5
Vídeoaulas	1	2	3	4	5
Outros vídeos	1	2	3	4	5
Filmes	1	2	3	4	5
Livros de Ensino Superior	1	2	3	4	5
Outros livros	1	2	3	4	5
Livros indicados por professores	1	2	3	4	5
Artigos científicos	1	2	3	4	5
Jornais e/ou revistas	1	2	3	4	5
Materiais de outros estudantes	1	2	3	4	5
Outro:	1	2	3	4	5

**1= nunca**  
**2= pouco**  
**3= às vezes, quando tenho alguma dificuldade**  
**4= às vezes, para complementar**  
**5= sempre**

03) Você usa livros de Química Geral nas disciplinas que está cursando?

**\_\_Sim.** Qual (is) disciplina (s)?

---



---



---

**\_\_Não.** Por quê?

---



---



---

04) Classifique numa escala de 1 a 5 de importância os itens que você leva em consideração ao selecionar um livro de Química Geral para estudar:

ITEM	CLASSIFICAÇÃO					
	1	2	3	4	5	
Autor	1	2	3	4	5	
Clareza da linguagem	1	2	3	4	5	
Meus professores indicam nas aulas	1	2	3	4	5	
Presença de textos complementares	1	2	3	4	5	
Presença de ilustrações, imagens e/ou fotografias	1	2	3	4	5	<b>1= não importante</b> <b>2= pouco importante</b> <b>3= importante</b> <b>4= muito importante</b> <b>5= essencial</b>
Quantidade de exemplares nas Bibliotecas	1	2	3	4	5	
Precisão conceitual	1	2	3	4	5	
Diversidade de temas abordados	1	2	3	4	5	
Muitos exercícios	1	2	3	4	5	
Contextualização	1	2	3	4	5	
Meus professores usam para fazer as questões das provas	1	2	3	4	5	
Oferece sites/CDs com animações e/ou simulações	1	2	3	4	5	
Diagramação e material da encadernação	1	2	3	4	5	
Outro:	1	2	3	4	5	

05) Assinale abaixo o (s) item (s) que você lê ao utilizar um livro didático para estudar:

10. O prefácio
11. O texto principal
12. Os exercícios resolvidos
13. Os textos complementares
14. As imagens
15. As tabelas
16. Os gráficos
17. Os resumos ao final dos capítulos

## 18. O gabarito dos exercícios

06) Sobre os *textos complementares* presentes em livros didáticos, responda:

b) O que são?

b) Como você os identifica?

---



---



---

e) Por que você acha que esses textos estão nos livros didáticos?

---



---



---

f) Você costuma ler estes textos presentes nos seus livros?

\_\_Sim. \_\_Não.

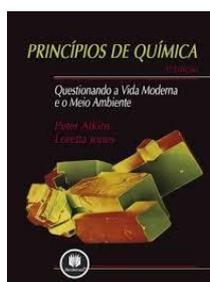
Por quê?

---

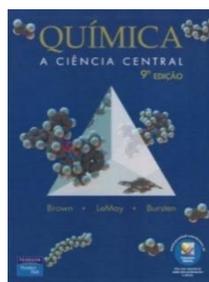


---

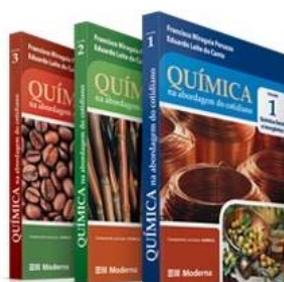
Sobre os livros de Química Geral abaixo, responda às questões 07 e 08.

**1**

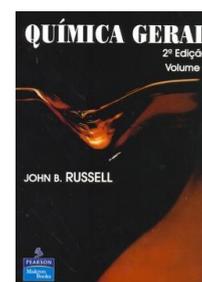
Princípios de química:  
questionando a vida  
moderna e o meio  
ambiente  
(Atkins, Peter William)

**2**

Química: a ciência  
central  
(Brown, LeMay &  
Bursten)

**3**

Química na abordagem do  
cotidiano  
(Peruzzo, Francisco Miragaia)

**4**

Química geral  
(Russell, John Blair)

07) Qual (is) destes livros você conhece?

\_\_Nenhum \_\_1 \_\_2 \_\_3 \_\_4

08) Qual (is) destes livros você utiliza?  Nenhum  1  2  3  4  
 Por quê?

---



---



---

09) Você conhece o termo *interdisciplinaridade*?

**Sim.** O que significa?

---



---



---



---

**Não.** O que você pensa ao se deparar com essa palavra?

---



---



---



---

10) Na sua concepção, a formação de professores deve ser interdisciplinar?

**Sim.**  **Não.** Por quê?

---



---



---

11) Você considera que a interdisciplinaridade está sendo abordada de alguma forma no seu curso?

**Sim.**  **Não.**

Como?

Por quê?

---



---



---



---

12) Na sua concepção, a formação de professores deve ser interdisciplinar?

**Sim.**  **Não.** Por quê?

---



---

---

---

13) Você considera que a interdisciplinaridade foi abordada de alguma forma no seu curso?

   **Sim.**  
Como?

   **Não.**  
Por quê?

---

---

---

---

## APÊNDICE D – TCLE DOS QUESTIONÁRIOS ENTREGUES A PROFESSORES E ESTUDANTES

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

O Sr. (a) está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa “Análise do Discurso em textos complementares do livro de Química Geral de ensino superior: buscando caminhos interdisciplinares para a prática docente”. Nesta pesquisa pretendemos compreender, a partir da releitura dos textos complementares do livro mais consultado de Química Geral na UFJF, da literatura acerca da interdisciplinaridade e da Análise do Discurso francesa, a produção de sentidos interdisciplinares nesses textos. O motivo que nos leva a estudá-los é buscar compreender como a interdisciplinaridade nos livros didáticos voltados para o Ensino Superior podem ser úteis para o desenvolvimento de metodologias para a Educação em Química.

Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: O Sr. (a) responderá a um questionário. Os riscos envolvidos na pesquisa são mínimos, já que o entrevistado não será identificado em momento algum. A pesquisa contribuirá para os estudos da interdisciplinaridade na educação em química, tendo efeitos tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior, especialmente na formação de professores e professoras.

Para participar deste estudo o Sr (a) não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa, o Sr.(a) tem assegurado o direito a indenização. O Sr. (a) terá o esclarecimento sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que o Sr. (a) é atendido (a). O pesquisador tratará a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão.

O (A) Sr (a) não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, na sala do GEEDUQ (Grupo de Estudos em Educação Química), localizada no Instituto de Ciências Exatas da UFJF, e a outra será fornecida ao Sr. (a). Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos, e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Eu, \_\_\_\_\_, portador do documento de Identidade \_\_\_\_\_ fui informado (a) dos objetivos da pesquisa “Análise do Discurso em textos complementares do livro de Química Geral de ensino superior: buscando caminhos interdisciplinares para a prática docente”, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Declaro que concordo em participar. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Juiz de Fora, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20

---

Assinatura do Participante

---

Assinatura do (a) Pesquisador (a)

**Nome do Pesquisador Responsável: Isabela Marangon Christo Gatti**  
**Endereço: Rua José Lourenço, 393, bloco 7, apto 503, Bairro São Pedro**  
**CEP: 36036-230 / Juiz de Fora – MG**  
**Fone: (32) 98889-9537**  
**E-mail: isagatti.quimica@gmail.com**

APÊNDICE E – ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA COM DOCENTES DE QUÍMICA  
FUNDAMENTAL

<b>A M B I E N T A Ç Ã O</b>	Qual é a sua formação? (Área de conhecimento e instituição)				
	Você ministra a disciplina Química Fundamental para a turma da licenciatura em Química?	<b>SIM</b>		<b>NÃO</b>	
		Já ministrou para turmas que não são da licenciatura?		Se você fosse ministrar essa disciplina para os licenciandos, você alteraria o planejamento das aulas?	
		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
		Você percebe alguma diferença na relação dos licenciandos e não licenciandos com os conhecimentos propostos para serem trabalhados nessa disciplina?		Por quê? Como?	Por quê?
Você planeja aulas diferentes de Química Fundamental para licenciandos e não licenciandos?					

<b>C O N C E P Ç Ã O</b>	Você conhece o termo "interdisciplinaridade"?	<b>SIM</b>		<b>NÃO</b>
		O que é interdisciplinaridade?		O que ele suscita pra você?
		Você já discutiu sobre interdisciplinaridade?		
		<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>	
		Quando?	Acha que seria útil discutir? Por quê?	
	Como?	Como acha que isso deveria ser feito?		
Você já vivenciou a	<b>SIM</b>		<b>NÃO</b>	

	interdisciplinaridade (em aulas como estudante)?	Quando? Como?	Você acha que isso tem influência sobre as suas aulas (que você planeja)?
		Você acha que isso tem influência sobre as suas aulas?	
	Você já fez/tentou fazer interdisciplinaridade nas suas aulas?	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
		Por quê?	Por quê?
Como?			

<b>M E M Ó R I A</b>	Quando alguém te pergunta como eram suas aulas da graduação, o que te vem primeiro à cabeça?		
	E as aulas da pós-graduação?		
	Você conseguia estabelecer conexões com conteúdos de outras disciplinas?	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
		Como?	Não
		Você diria que elas eram explícitas/diretas ou implícitas/indiretas?	Por quê?
	Nas suas aulas você busca estabelecer essas conexões?	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
		Por quê?	Por quê?
		Como?	

## APÊNDICE F – TCLE DAS ENTREVISTAS REALIZADA COM OS PROFESSORES

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

O Sr. (a) está sendo convidado (a) como voluntário (a) a participar da pesquisa “Análise do Discurso em textos complementares do livro de Química Geral de ensino superior: buscando caminhos interdisciplinares para a prática docente”. Nesta pesquisa pretendemos compreender, a partir da releitura dos textos complementares do livro mais consultado de Química Geral na UFJF, da literatura acerca da interdisciplinaridade e da Análise do Discurso francesa, a produção de sentidos interdisciplinares nesses textos. O motivo que nos leva a estudá-los é buscar compreender como a interdisciplinaridade nos livros didáticos voltados para o Ensino Superior podem ser úteis para o desenvolvimento de metodologias para a Educação em Química.

Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: O Sr. (a) responderá a uma entrevista. Os riscos envolvidos na pesquisa são mínimos, já que o entrevistado não será identificado em momento algum. A pesquisa contribuirá para os estudos da interdisciplinaridade na educação em química, tendo efeitos tanto na Educação Básica quanto no Ensino Superior, especialmente na formação de professores e professoras.

Para participar deste estudo o Sr (a) não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa, o Sr.(a) tem assegurado o direito a indenização. O Sr. (a) terá o esclarecimento sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que o Sr. (a) é atendido (a). O pesquisador tratará a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão.

O (A) Sr (a) não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, na sala do GEEDUQ (Grupo de Estudos em Educação Química), localizada no Instituto de Ciências Exatas da UFJF, e a outra será fornecida ao Sr. (a). Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos, e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Eu, \_\_\_\_\_, portador do documento de Identidade \_\_\_\_\_

fui informado (a) dos objetivos da pesquisa “Análise do Discurso em textos complementares do livro de Química Geral de ensino superior: buscando caminhos interdisciplinares para a prática docente”, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Declaro que concordo em participar. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Juiz de Fora, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20 .

---

Assinatura do Participante

---

Assinatura do (a) Pesquisador (a)

**Nome do Pesquisador Responsável: Isabela Marangon Christo Gatti**  
**Endereço: Rua José Lourenço, 393, bloco 7, apto 503, Bairro São Pedro**  
**CEP: 36036-230 / Juiz de Fora – MG**  
**Fone: (32) 98889-9537**  
**E-mail: isagatti.quimica@gmail.com**

**APÊNDICE G – ANÁLISES DE TODOS OS TEXTOS SELECIONADOS**

<b>TEXTO 1 – MEDIÇÃO E PRINCÍPIO DA INCERTEZA</b>		
Quanto mais energia os fótons têm, maior o momento que eles concedem ao elétron quando eles colidem, o que altera o movimento do elétron de forma imprevisível.	Como funciona uma colisão?	Física

<b>TEXTO 2 – EVIDÊNCIA EXPERIMENTAL DO SPIN ELETRÔNICO</b>		
um feixe de átomos neutros	Como se faz um feixe de átomos?	Física
campo magnético não-homogêneo	O que é um campo magnético homogêneo e não homogêneo?	Física
Normalmente esperaríamos que átomos neutros não fossem afetados por um campo magnético.	Por quê? Qual é a relação entre carga elétrica e campo magnético?	Física
O campo magnético que surge a partir do Spin do elétron interage com o campo do magneto, desviando o átomo de seu caminho retilíneo.	Como o elétron gera campo magnético? Como ocorre essa interação? Como podemos saber a direção desse desvio?	Física

<b>TEXTO 3 - SPIN NUCLEAR E IMAGEM DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA</b>		
uso de raios X para se obter a imagem dos ossos, músculos e órgãos.	Como isso funciona?	Física
danos fisiológicos	O que é considerado dano fisiológico? Porque o raio X causa esse tipo de dano?	Biologia
são colocados em um campo magnético externo	Como se produz um campo magnético?	Física
eles podem se alinhar paralela ou contrariamente (antiparalelo) ao campo, dependendo de seus spins	Porque acontece o alinhamento do spin com o campo magnético?	Física
o alinhamento paralelo é mais baixo em energia do que o antiparalelo	Por quê?	Física
sofisticadas técnicas de detecção	No que se baseia essa detecção?	Engenharias
um aparelho novo de IRM para aplicações clínicas está na faixa de 1,5 milhão de dólares	O que eleva o custo de um aparelho de IRM?	Engenharias

<b>TEXTO 4 – O TAMANHO IÔNICO FAZ UMA GRANDE DIFERENÇA!</b>		
microquantidades	O que é microquantidade quando se fala em seres vivos e sua nutrição?	Biologia
oxidando a glicose ou outros combustíveis	Como e por que isso acontece? Quais são esses outros combustíveis? A oxidação deles acontece da mesma forma que com a glicose?	Biologia

plasma sanguíneo	O que é plasma sanguíneo?	Biologia
sérios desequilíbrios nas quantidades de CO <sub>2</sub> no sangue	O que acontece quando há muito CO <sub>2</sub> no sangue?	Biologia
O zinco é também encontrado em várias outras enzimas, incluindo algumas encontradas no fígado e rins	Quais enzimas? Porque o zinco é importante para elas? Qual função essas enzimas têm? Quais reações elas fazem? O zinco se liga a essas enzimas da mesma forma que que na anidrase carbônica?	Biologia
quando o Cd <sup>2+</sup> está presente em vez de Zn <sup>2+</sup> , no entanto, a reação de CO <sub>2</sub> com água não é facilitada	Por quê?	Biologia
Cerca de 20% do CO <sub>2</sub> se liga à hemoglobina e é liberado nos pulmões.	Como funciona esse transporte? Por quê não é possível ligar 100% do CO <sub>2</sub> à hemoglobina?	Biologia

#### TEXTO 5 – O IMPROVÁVEL DESENVOLVIMENTO DE DROGAS DE LÍLIO

plasma sanguíneo	O que é?	Biologia
fluido intracelular	Qual a composição desse fluido?	Biologia
transportadores de cargas vitais para a função celular normal	O que é considerado normal para uma função celular? Porque a célula precisa transportar carga?	Biologia
desordem bipolar efetiva, ou doença maníaco-depressiva	Essas doenças têm cura? Como é o tratamento?	Biologia
sintomas maníacos	O que são considerados sintomas maníacos?	Biologia
overdose de lítio	Qual é a concentração necessária para que isso aconteça?	Biologia
os cientistas ainda não compreendem totalmente a ação bioquímica do lítio que o leva a ter efeitos terapêuticos	Por quê? O que dificulta essa compreensão? Medicamentos podem ser usados sem que se compreenda como eles funcionam? Quais são os critérios para que o uso seja permitido?	Biologia

#### TEXTO 8 – OS EXPLOSIVOS E ALFRED NOBEL

Alfred Nobel, descobriu que a mistura de nitroglicerina com um material sólido absorvente como terra diatomácea ou celulose resulta em explosivo sólido (dinamite)	Por quê Alfred Nobel estava pesquisando explosivos? Qual o contexto dessa descoberta? Como e por quem sua descoberta foi utilizada?	História
Terra diatomácea	O que é? Por que essa terra é capaz de absorver a nitroglicerina?	Agronomia
Celulose	Qual é a estrutura da celulose? Por que ela é capaz de absorver a nitroglicerina?	Biologia
Essa descoberta fez de Nobel um homem muito rico	Por quê?	História

<b>TEXTO 9 – A QUÍMICA DA VISÃO</b>		
microscópio eletrônico de varredura	O que é? Como funciona?	Engenharia
<b>TEXTO 10 – CORANTES ORGÂNICOS</b>		
fornecer cores vibrantes aos tecidos	Como é feito o tingimento?	Engenharia
<b>TEXTO 12 – EXTRAÇÃO POR FLUIDO SUPERCRÍTICO</b>		
não existem problemas no rejeito de solventes	Que tipo de problemas os rejeitos dos solventes orgânicos podem causar?	Biologia
Resíduos tóxicos	Quais são os principais problemas causados pelos resíduos tóxicos?	Biologia
<b>TEXTO 13 – EQUAÇÃO DE CLAUSIUS-CLAPEYRON</b>		
gráfico de $\ln P$ versus $1/T$	Porque aplicar o logaritmo neperiano para construir um gráfico?	Matemática
extrapolando a reta	Como se faz isso?	Matemática
<b>TEXTO 14 – DIFRAÇÃO DE RAIOS X POR CRISTAIS</b>		
início dos anos 50	Quais eram os temas científicos principais dos anos 50?	História
determinaram a estrutura de dupla hélice do DNA	O que essa descoberta alavancou?	História
Os programas de computador são, então, usados para analisar os dados de difração e determinar o arranjo e a estrutura das moléculas no cristal	Porque essa técnica é tão importante para os cientistas?	História
<b>TEXTO 15 – BUCKYBOLA</b>		
domo geodésico	O que é?	Engenharia
supercondutor	O que é um supercondutor? Quais são os parâmetros para que material seja considerado supercondutor?	Física
<b>TEXTO 16 – AMINAS E CLORIDRATOS DE AMINAS</b>		
decomposição anaeróbica (ausência de $O_2$ ) de animais mortos e matéria vegetal	Como esse processo acontece? Por que se produz amina na decomposição anaeróbica?	Biologia
medicamentos que são amins	Por que amins podem ser usadas como medicamentos?	Biologia
<b>TEXTO 17 – COMPORTAMENTO ANFÓTERO DOS AMINOÁCIDOS</b>		
proteínas	Como se formam as proteínas? Como é a sua estrutura?	Biologia
<b>TEXTO 18 – BATIMENTOS CARDÍACOS E ELETROCARDIOGRAMA</b>		
Permeabilidades variáveis	Como as paredes celulares variam sua	Biologia

	permeabilidade? Quais estruturas estão presentes para que isso seja possível?	
As concentrações são diferentes para os fluidos dentro das células e fora das células	Por quê? Que funções biológicas isso permite?	Biologia
Se as células marcapasso não funcionam direito	Quais são as principais causas para que isso aconteça?	Biologia

## ANEXOS

### ANEXO 1 – PREFÁCIO DO LIVRO QUÍMICA: A CIÊNCIA CENTRAL (NONA EDIÇÃO)

## Prefácio

### Para o professor

---

#### Filosofia

Na evolução deste livro, determinados objetivos guiaram nossos esforços.

O primeiro objetivo está relacionado ao fato de que um livro deve mostrar aos estudantes a importância da química em suas principais áreas de estudo, bem como em seu cotidiano. Acreditamos que os estudantes ficam mais entusiasmados em aprender química quando vêem a importância da disciplina em seus próprios objetivos e interesses. Com isso em mente, incluímos aplicações interessantes e significativas da química. Ao mesmo tempo, o livro fornece a base da química moderna que os estudantes precisam para atender aos seus interesses profissionais e, quando for o caso, se preparar para cursos de química mais avançados.

O segundo objetivo: queremos que os estudantes vejam não apenas que a química fornece a base para muito do que acontece no mundo, mas também que ela é uma ciência vital, em contínuo desenvolvimento. Assim, mantivemos o livro atualizado em termos de novos conceitos e aplicações e tentamos transmitir o entusiasmo da área.

O terceiro objetivo está ligado ao fato de que sentimos que, se o livro tem como meta apoiar efetivamente o professor, ele deve ser dirigido aos estudantes. Assim, procuramos manter o texto claro e interessante, bastante ilustrado. Além disso, fornecemos inúmeros elementos de auxílio para os estudantes, entre eles descrições de estratégias de resolução de problemas cuidadosamente alocadas. Em conjunto, temos mais de cem anos de experiência como professores. Esperamos que isso esteja evidente na escolha dos exemplos.

#### Organização

Nesta edição, os primeiros cinco capítulos oferecem uma visão bastante macroscópica e fenomenológica da química. Os conceitos básicos abordados — como nomenclatura, estequiometria e termoquímica — fornecem os fundamentos necessários para muitos experimentos de laboratório normalmente realizados em química geral. Acreditamos que uma introdução antecipada da termoquímica é importante porque muitos entendimentos dos processos químicos são baseados nas considerações de variação de energia. A termoquímica também é relevante quando abordamos as entalpias de ligação.

Os quatro capítulos seguintes (capítulos 6 a 9) tratam de estrutura eletrônica e ligação. O foco muda, então, para o próximo nível de organização da matéria: estados da matéria (capítulos 10 e 11) e soluções (Capítulo 13). Esta parte também possui um capítulo de aplicações na química dos materiais modernos (Capítulo 12), que se baseia no entendimento dos estudantes sobre ligação química e interações intermoleculares.

Os sete capítulos seguintes examinam os fatores que determinam a velocidade e a extensão das reações químicas: cinética (Capítulo 14), equilíbrios (capítulos 15 a 17), termodinâmica (Capítulo 19) e eletroquímica (Capítulo 20). Nesta parte também está incluso um capítulo sobre química ambiental (Capítulo 18), no qual os conceitos desenvolvidos nos capítulos anteriores são aplicados em um debate sobre a atmosfera e a hidrosfera.

Após uma discussão sobre química nuclear (Capítulo 21), vêm os quatro capítulos finais, que examinam a química dos não-metais, a química dos metais, a química orgânica e a bioquímica (capítulos 22 a 25). Estes capítulos estão desenvolvidos de maneira paralela e podem ser abordados em qualquer ordem.

Nossa seqüência de capítulos segue uma organização de certa maneira padrão, mas sabemos que nem todos os professores ensinam os tópicos exatamente na ordem em que escolhemos. Assim, asseguramos que os professores possam fazer variações na seqüência de ensino sem prejuízo da compreensão dos estudantes. Em particular, muitos professores preferem abordar gases (Capítulo 10) após estequiometria ou termoquímica, em vez de juntamente com estados da matéria. O capítulo sobre gases foi escrito de modo a permitir essa variação *sem* interrupção no fluxo do material. É possível também discutir o balanceamento de equações redox (seções 20.1 e 20.2) antecipadamente, após a introdução das reações redox na Seção 4.4. Há ainda professores que preferem abordar química orgânica (Capítulo 25) logo após ligações (Capítulo 9); com exceção da estereoquímica, introduzida na Seção 24.3, essa mudança também não acarretará nenhum problema.

Tentamos sempre iniciar os estudantes na química orgânica e na química inorgânica descritivas integrando exemplos por todo o livro. Você encontrará exemplos pertinentes e relevantes da química 'real' em todos os capítulos, como meio de ilustrar os princípios e as aplicações. Alguns capítulos, naturalmente, abordam de maneira mais direta as propriedades dos elementos e seus compostos, em especial os capítulos 4, 7, 12, 18 e 22 a 25. Incorporamos também química orgânica e química inorgânica descritivas nos exercícios de final de capítulo.

#### Mudanças nesta edição

Nosso principal objetivo na nona edição foi reforçar um livro já forte e, ao mesmo tempo, manter seu estilo eficiente. Os pontos fortes tradicionais de *Química: a ciência central* incluem clareza, exatidão e aceitação científica, exercícios de final de capítulo relevantes e consistência no nível de abrangência. Ao fazer as mudanças desta edição, levamos em consideração os comentários recebidos de professores e estudantes que utilizaram a edição anterior. Os estudantes gostam da linguagem acessível do livro, e preservamos esse estilo na nona edição. As seções que pareciam mais difíceis para eles foram, em muitos casos, reescritas e intensificadas com melhores ilustrações. Para tornar o livro mais fácil de ser usado pelos estudantes, buscamos uma diagramação ainda mais aberta e limpa.

Também continuamos a intensificar as ilustrações a fim de transmitir melhor a beleza e os conceitos da química para os estudantes. O maior uso de ilustrações moleculares geradas em computador fornece aos estudantes uma noção mais aprofundada da arquitetura molecular por meio de representações de esfera e palito e de preenchimento de espaço das moléculas. Além disso, adicionamos mapas de distribuição de cargas em casos selecionados, nos quais acreditamos que eles possam contribuir para o entendimento dos estudantes. Continuamos ainda a dar ênfase às representações tridimensionais nas nossas ilustrações. Nosso objetivo permanece sendo o uso de cores e fotos para enfatizar pontos importantes, focar a atenção do aluno e dar ao livro uma aparência despojada e convidativa.

Enfatizamos o aprendizado orientado ao conceito por todo o livro. Uma nova característica presente nesta edição é a seção "O que está por vir" na abertura de cada capítulo. Essa seção oferece aos estudantes uma breve visão das principais idéias e relações que o capítulo abordará. Esperamos que, com isso, os estudantes iniciem o estudo dos capítulos com mais confiança, por terem uma noção da direção que seus estudos tomarão. Os *elos de conceito* ( ) continuam a fornecer referências cruzadas, fáceis de serem visualizadas, para materiais pertinentes abordados anteriormente. A seção "Estratégias na química", que ajuda os estudantes na resolução de problemas e os faz 'pensar como químicos', permanece como uma importante característica. Adicionamos mais questões conceituais aos exercícios de final de capítulo. Os exercícios cumulativos, que dão aos estudantes a oportunidade de resolver problemas mais desafiadores, integrando os conceitos do capítulo com os tratados em capítulos anteriores, também cresceram em número.

O livro está bastante atualizado. Referências a acontecimentos recentes ajudam os estudantes a relacionar seus estudos de química com suas experiências de vida cotidianas. Novos ensaios nas bem recebidas seções "A química no trabalho" e "A química e a vida" enfatizam os acontecimentos mundiais, as descobertas científicas e os avanços médicos que se sucederam desde a publicação da oitava edição. Mantivemos nosso foco nos aspectos positivos da química, sem deixar de lado os problemas que podem surgir em um mundo tecnológico em crescimento. Nosso objetivo é ajudar os estudantes a compreender a perspectiva do mundo real da química e o modo como a química afeta sua vida.

#### Você também verá que:

- Revisamos os exercícios de final de capítulo, com foco especial nos exercícios cuja numeração está em preto.
- Conduzimos a estratégia de resolução de problemas em etapas — Análise, Planejamento, Resolução e Conferência — na maioria dos exercícios 'Como fazer' do livro, a fim de fornecermos um guia adicional na resolução de problemas.
- Adicionamos estratégias de resolução de problemas em 'Como fazer' selecionados, que realçam os cálculos matemáticos para ensinar aos estudantes como realizá-los melhor.
- Revimos e revisamos todos os capítulos com base nas sugestões de revisores e usuários. Por exemplo:
  - Adicionamos uma breve introdução à química orgânica no Capítulo 2.
  - Melhoramos a apresentação da primeira lei da termodinâmica no Capítulo 5.
  - Expandimos a abordagem de supercondutividade no Capítulo 12.
  - Revisamos o tratamento introdutório de equilíbrio, eliminando a distinção artificial entre constantes de equilíbrio nos gases e na fase aquosa.
  - Melhoramos o tratamento de compostos de coordenação no Capítulo 24.

## Para o estudante

A nona edição de *Química: a ciência central* foi escrita para iniciá-lo na química moderna. Nesses muitos anos que praticamos a química, descobrimos que ela é um desafio intelectual estimulante e uma porção extraordinariamente rica e variada de nossa herança cultural. Esperamos que, à medida que avance em seus estudos, você compartilhe conosco desse entusiasmo. Esperamos também que você perceba a importância da química no seu dia-a-dia. Como autores, somos verdadeiramente encarregados por seu professor a ajudá-lo a aprender química. Com base nos comentários dos estudantes e dos professores que usaram este livro nas edições anteriores, acreditamos que fizemos um bom trabalho. Naturalmente, esperamos que o livro continue a evoluir em suas edições futuras. Convidamos você a escrever para nós, nos dizendo o que acha do livro, de forma que saibamos onde podemos contribuir mais. Gostaríamos de saber também de quaisquer pontos fracos, de modo que possamos melhorar ainda mais o livro em edições subsequentes. Nossos endereços são fornecidos no final do prefácio.

### Conselhos para aprender e estudar química

Aprender química exige tanto a assimilação de muitos conceitos novos quanto o desenvolvimento de habilidades analíticas. Neste livro, fornecemos a você numerosas ferramentas para ajudá-lo a ter sucesso em ambos os casos.

À medida que prosseguir em seu curso de química, você deve desenvolver bons hábitos de estudo para ajudá-lo no processo de aprendizado. Oferecemos as dicas a seguir para que tenha sucesso em seu estudo em química:

*Não fique para trás!* No seu curso de química, novos tópicos serão baseados em materiais já apresentados. Se você não se mantiver em dia com a leitura e a resolução de problemas, achará muito mais difícil acompanhar as aulas e as abordagens dos tópicos atuais. Simplesmente se preparar na véspera das provas tem se mostrado uma maneira ineficiente para estudar qualquer assunto, inclusive química.

*Foque seu estudo!* A quantidade de informações que você vai receber em seu curso de química pode parecer algumas vezes excessiva. É essencial reconhecer os conceitos e as habilidades particularmente importantes. Ouça atentamente as orientações e as ênfases fornecidas pelos seus professores. Preste atenção às habilidades reforçadas nos 'Como fazer'. Observe as sentenças em itálico no decorrer do livro e estude os conceitos apresentados no resumo dos capítulos.

*Mantenha boas notas de aula.* Suas notas de aula lhe fornecerão registros claros e concisos do que seu professor considera importante. Use suas notas de aula em conjunto com este livro — essa é a melhor maneira de determinar qual material estudar.

*Leia rapidamente os tópicos do livro antes de eles serem discutidos em aula.* Ler um tópico antes da aula tornará mais fácil para você tomar boas notas. Primeiro, leia a introdução e o resumo. Em seguida, leia rapidamente todo o capítulo, pulando os 'Como fazer' e as seções suplementares. Preste atenção no título das seções e subseções, que dão a você uma idéia do objetivo dos tópicos. Tente evitar pensar que você deve aprender e entender de uma vez só.

*Depois da aula, leia cuidadosamente os tópicos discutidos.* Você provavelmente precisará ler o material determinado mais de uma vez para dominá-lo. À medida que você for lendo esse material, preste atenção nos conceitos apresentados e nas aplicações desses conceitos nos exercícios 'Como fazer'. Assim que achar que entendeu o 'Como fazer', resolva o exercício 'Pratique' que o acompanha. No decorrer do livro, você encontrará exercícios 'Como fazer especial'. Esses exercícios são desenvolvidos para ajudá-lo a ver como os conceitos e os métodos aprendidos nos capítulos anteriores podem ser unidos a materiais recentemente aprendidos.

*Aprenda a linguagem da química.* Ao estudar química, você encontrará muitas palavras novas. É importante prestar atenção nessas palavras e saber seu significado ou a entidade à qual elas se referem. Saber identificar substâncias químicas a partir de seu nome é uma habilidade importante, que pode ajudá-lo a não cometer erros nas provas.

*Esforce-se em todos os exercícios de final de capítulo.* Resolver os exercícios selecionados por seu professor oferece a prática necessária para lembrar e usar as idéias essenciais do capítulo. Você não pode aprender simplesmente pela observação — deve ser um participante. Se ficar enroscado em um exercício, procure a ajuda de seu professor, de seu monitor ou de um outro estudante. Gastar mais de 20 minutos em um único exercício raramente é eficiente, a menos que você saiba que ele é de fato desafiador.

*Faça uso do site.* Algumas coisas são mais fáceis de aprender pela descoberta, ao passo que outras são mais bem demonstradas em três dimensões. Use o Companion Website deste livro e passe boa parte de seu tempo em contato com a química.

Em resumo, é preciso trabalhar duro, estudar de maneira eficiente e usar as ferramentas disponíveis para você, entre elas este livro. Queremos ajudá-lo a aprender mais sobre o mundo da química e a compreender por que ela é a *ciência central*.

## Materiais adicionais

No Companion Website deste livro ([www.pearson.com.br/brown](http://www.pearson.com.br/brown)), professores e estudantes têm acesso a diversos materiais adicionais que facilitam tanto a exposição das aulas como o processo de aprendizado.

### Para os professores

- Manual de soluções em inglês.
- Transparências em PowerPoint.

As transparências e o manual de soluções são protegidos por senha. Para ter acesso a eles, o professor que adota o livro deve entrar em contato com seu representante Pearson ou enviar um e-mail para [universitarios@pearsoned.com](mailto:universitarios@pearsoned.com).

### Para os estudantes

- Exercícios autocorrigíveis.
- Inúmeros exercícios em inglês, divididos por capítulos para facilitar o aprendizado.
- Diversos recursos visuais, que incluem filmes, modelos 3D, atividades, animações e visualização de moléculas.
- Todos os apêndices referenciados no livro, bem como um glossário e as respostas dos exercícios selecionados do livro-texto.

## Agradecimentos

A forma final deste livro é fruto da ajuda e do trabalho de muitas pessoas. Vários colegas nos ajudaram imensamente, compartilhando suas visões, revisando nossos esforços iniciais e fornecendo sugestões para melhorar o livro. Gostaríamos de agradecer especialmente aos seguintes colaboradores:

### Revisores da nona edição

John Arnold	University of California, Berkeley	John M. Halpin	New York University
Merrill Blackman (Col.)	US Military Academy	Robin Horner	Fayetteville Tech Community College
Daeg Scott Brenner	Clark University	Roger K. House	Moraine Valley College
Gregory Alan Brewer	Catholic University of America	William Jensen	South Dakota State University
Gary Buckley	Cameron University	Siam Kahnis	University of Pittsburgh
Gene O. Carlisle	Texas A&M University	John W. Kenney	Eastern New Mexico University
Dana Chatellier	University of Delaware	George P. Kreishman	University of Cincinnati
William Cleaver	University of Vermont	Paul Kreiss	Anne Arundel Community College
Elzbieta Cook	University of Calgary	David Lehmpuhl	University of Southern Colorado
Dwaine Davis	Forsyth Tech Community College	Gary L. Lyon	Louisiana State University
Angel C. deDios	Georgetown University	Albert H. Martin	Moravian College
John Farrar	University of St. Francis	William A. Meena	Rock Valley College
Clark L. Fields	University of Northern Colorado	Massoud Miri	Rochester Institute of Technology
Jan M. Fleischner	The College of New Jersey	Eric Miller	San Juan College
Peter Gold	Perm State University	Mohammad Moharerrzadeh	Bowie State University
Michael Greenlief	University of Missouri	Kathleen E. Murphy	Daemen College
Robert T. Paine Albert Payton	University of New Mexico	University of NE at Omaha	Troy D. Wood
Kim Percell	Broward C. C	Richard S. Treptow	David Zax
Nancy Peterson	Cape Fear Community College	Claudia Turro	Chicago State University
James P. Schneider	North Central College	Maria Vogt	The Ohio State University
Eugene Stevens	Portland Community College	Sarah West	Bloomfield College
James Symes	Binghamton University	Linda M. Wilkes	University of Notre Dame
Edmund Tisko	Cosumnes River College	Darren L. Williams	University of Southern Colorado

### Revisores da consistência da nona edição

Ninth Edition Accuracy Checkers	Snow College	Robert Paine	Rochester Institute of Technology
Boyd Beck	Rochester Institute of Technology	Christopher J. Peoples	University of Tulsa
B. Edward Cain	Indiana University of Pennsylvania	Jimmy R. Rogers	University of Texas at Arlington
Thomas Edgar Crumm	Georgetown University	Iwao Teraoka	Polytechnic University
Angel deDios	Southwest Texas State University	Richard Treptow	Chicago State University
David Easter	Duquesne University	Maria Vogt	Bloomfield College
Jeffrey Madura	Think Quest, Inc.		
Hilary L. Maybaum			

Agradecimentos especiais para aqueles que forneceram informações e comentários valiosos para os autores e/ou para a editora

James Birk	Arizona State University	Roger DeKock	Calvin College
Rik Blumenthal	Auburn University	Friedrich Koknat	Youngstown State University
Daniel T. Haworth	Marquette University	Thomas R. Webb	Auburn University

#### Revisores da edição anterior

John J. Alexander	University of Cincinnati	Donald E. Linn, Jr.	Indiana University-Purdue University Indianapolis
Robert Allendoerfer	SUNY-Buffalo	David Lippmann	Southwest Texas State
Boyd R. Beck	Snow College	Ramon Lopez de la Vega	Florida International University
James A. Boiani	College at Geneseo-SUNY	Preston J. MacDougall	Middle Tennessee State University
Kevin L. Bray	Washington State University	Asoka Marasinghe	Moorhead State University
Edward Brown	Lee University	Earl L. Mark	ITT Technical Institute
Donald L. Campbell	University of Wisconsin-Eau Claire	William A. Meena	Rock Valley College
Stanton Ching	Connecticut College	Gordon Miller	Iowa State University
Robert D. Cloney	Fordham University	Massoud (Matt) Miri	Rochester Institute of Technology
Edward Werner Cook	Tunxis Community Technical College	Kathleen E. Murphy	Daemon College
John M. DeKorte	Glendale Community College	Ross Nord	Eastern Michigan University
Roger Frampton	Tidewater Community College	Robert H. Paine	Rochester Institute of Technology
Joe Franek	University of Minnesota	Mary Jane Patterson	Brazosport College
John I. Gelder	Oklahoma State University	Robert C. Pfaff	Saint Joseph's College
Thomas J. Greenbowe	Iowa State University	Jeffrey A. Rahn	Eastern Washington University
Eric P. Grimsrud	Montana State University	Mark G. Rockley	Oklahoma State University
Marie Hankins	University of Southern Indiana	Jimmy Rogers	University of Texas, Arlington
Robert M. Hanson	St. Olaf College	James E. Russo	Whitman College
Gary G. Hoffman	Florida International University	Michael J. Sanger	University of Northern Iowa
Robin Horner	Fayetteville Tech Community College	Jerry L. Sarquis	Miami University
Donald Kleinfelter	University of Tennessee-Knoxville	Gray Scrimgeour	University of Toronto
Manickam Krishnamurthy	Howard University	Richard Treptow	Chicago State University
Brian D. Kybett	University of Regina	Laurence Werbelow	New Mexico Institute of Mining and Technology
William R. Lammela	Nazareth College	Troy D. Wood	SUNY-Buffalo
John T. Landrum	Florida International University		
N. Dale Ledford	University of South Alabama		
Ernestine Lee	Utah State University		

#### Revisores da consistência da edição anterior

Leslie Kinsland	University of Louisiana, Lafayette	Robert H. Paine	Rochester Institute of Technology
Albert Martin	Moravian College	Richard Perkins	University of Louisiana, Lafayette
Robert Nelson	Georgia Southern University		

#### Agradecimentos especiais para outros envolvidos na revisão do texto e de outros componentes da edição anterior

Pat Amateis	Virginia Polytechnic Institute and State University	Helen Richter	University of Akron
Randy Hall	Louisiana State University	David Shinn	University of Hawaii at Hilo
Daniel T. Haworth	Marquette University	John Vincent	University of Alabama
Neil Kestner	Louisiana State University	Karen Weichelman	University of Louisiana, Lafayette
Barbara Mowery	Yorktown, VA		

Gostaríamos também de expressar nossa profunda gratidão aos nossos colegas da Prentice Hall, que trabalharam duro para tornar esta edição possível: Nicole Folchetti, nossa editora de química, que contribuiu com criatividade e energia para esta edição; Carol Trueheart e Ray Mullaney, nossos gerentes editoriais de desenvolvimento, cujo empenho nos ajudou a manter este livro na vanguarda; John Challide, editor-chefe, que continua sua história de apoio e contribuições valiosas; Kathleen Schiaparelli, editora-executiva administrativo, pelo seu apoio e incentivo; John Murdzek, nosso editor de desenvolvimento, cujo bom julgamento e olhos aguçados asseguraram o estilo e a qualidade de apresentação do livro; Fran Daniele, que trabalhou com um cronograma muito difícil no processo de produção; Paul Drapper, nosso editor de mídia, e Ann Madura, editora de desenvolvimento de mídia, que continuaram a melhorar os materiais de mídia do livro; Jerry Marshall, nosso pesquisador de foto, Kristen Kaiser, gerente de projeto, e Eliana Ortiz, assistente editorial, por suas contribuições especiais e valiosas para o projeto como um todo.

Agradecemos especialmente a todos os estudantes e professores que forneceram comentários e sugestões sobre a oitava edição de *Química: a ciência central*. Vocês verão muitas de suas sugestões incorporadas nesta edição.

Finalmente, agradecemos à nossa famílias pelo amor, apoio e paciência enquanto concluíamos esta edição.

Theodore L. Brown  
*School of Chemical Sciences*  
*University of Illinois*  
*Urbana, IL 61801*  
tlbrown@uiuc.edu

Bruce E. Bursten  
*Department of Chemistry*  
*The Ohio State University*  
*Columbus, OH 43210*  
bursten.1@osu.edu

H. Eugene LeMay, Jr.  
*Department of Chemistry*  
*University of Nevada*  
*Reno, NV 89557*  
lemay@unr.edu

Julia R. Burdge  
*Florida Atlantic University*  
*Honors College*  
*Jupiter, Florida 33458*  
jburdge@fau.edu

## ANEXO 2 – TEXTOS ANALISADOS

194

Química: a ciência central



Figura 6.15 Werner Heisenberg (1901–1976). Durante seu estágio de pós-doutorado com Niels Bohr, Heisenberg formulou seu famoso princípio da incerteza. Aos 25 anos de idade, tornou-se o chefe da cadeira de física teórica na Universidade de Leipzig. Aos 32 anos, foi um dos mais jovens cientistas a receber o Prêmio Nobel.

aplicável. Nessa nova abordagem, qualquer tentativa de definir precisamente a localização e o momento instantâneos do elétron é abandonada. A natureza ondulatória do elétron é reconhecida, e seu comportamento é descrito em termos apropriados para ondas. O resultado é um modelo que descreve precisamente a energia do elétron enquanto define sua localização em termos de probabilidades.

$$\Delta x \cdot \Delta mv \geq \frac{h}{4\pi} \quad [6.9]$$

Um cálculo rápido ilustra as implicações dramáticas do princípio da incerteza. O elétron tem massa de  $9,11 \times 10^{-31}$  kg e move-se a uma velocidade média de aproximadamente  $5 \times 10^6$  m/s em um átomo de hidrogênio. Vamos supor que conhecemos a velocidade para uma incerteza de 1% (isto é, uma incerteza de  $(0,01)(5 \times 10^6 \text{ m/s}) = 5 \times 10^4$  m/s) e que essa é a única fonte importante de incerteza no momento para que  $\Delta mv = m\Delta v$ . Podemos usar a Equação 6.9 para calcular a incerteza na posição do elétron:

$$\Delta x \geq \frac{h}{4\pi m \Delta v} = \frac{(6,63 \times 10^{-34} \text{ J s})}{4\pi (9,11 \times 10^{-31} \text{ kg})(5 \times 10^4 \text{ m/s})} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$$

Uma vez que o diâmetro de um átomo de hidrogênio é apenas  $2 \times 10^{-10}$  m, a incerteza é muito maior do que o tamanho do átomo. Portanto, essencialmente, não temos idéia de onde o elétron está localizado no átomo. Por outro lado, se fôssemos repetir os cálculos com um objeto de massa ordinária, como uma bola de tênis, a incerteza seria tão pequena que isso não teria importância. Nesse caso,  $m$  é grande, e  $\Delta x$  está fora do domínio da medida, portanto sem consequência prática.

A hipótese de De Broglie e o princípio da incerteza de Heisenberg estabeleceram a base para uma nova teoria de estrutura atômica e mais largamente



### Uma olhar mais de perto Medição e o princípio da incerteza 66

Sempre que qualquer medida é feita, existe alguma incerteza. A experiência com objetos de dimensões comuns, como bolas ou trens, ou equipamentos de laboratório, indica que a incerteza de uma medição pode ser diminuída com o uso de instrumentos mais precisos. De fato, podemos esperar que a incerteza na medida possa tornar-se indefinidamente pequena. No entanto, o princípio da incerteza afirma que há um limite real para a precisão das medições. Esse limite não é uma restrição à precisão com que os instrumentos podem ser feitos; mais propriamente, é inerente à natureza. Esse limite não tem consequências práticas quando lidamos com objetos de tamanho usual, mas suas implicações são enormes quando lidamos com partículas subatômicas, como os elétrons.

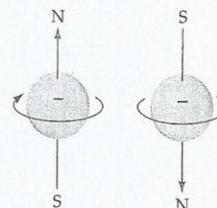
Para medir um objeto, devemos perturbá-lo, ao menos um pouco, com nosso aparelho de medição. Imagine o uso de uma lanterna para localizar uma grande bola de borracha em um quarto escuro. Você vê a bola quando a luz da lanterna pula da bola e bate em seus olhos. Quando um feixe de fótons colide com um objeto desse tamanho, ele não altera sua posição ou momento em nenhuma extensão prática. Imagine, no entanto, que você queira localizar um elétron de forma similar, fazendo a luz pular dele para um detector qualquer. Os objetos podem ser localizados a uma precisão que não é maior que o comprimento de onda da radiação usada.

Assim, se desejamos uma medida precisa da posição de um elétron, devemos usar um comprimento de onda curto. Isso significa que fótons de alta energia devem ser empregados. Quanto mais energia os fótons têm, maior o momento que eles concedem ao elétron quando eles colidem, o que altera o movimento do elétron de forma imprevisível. A tentativa para se medir corretamente a posição do elétron introduz incertezas consideráveis em seu momento; o ato de medir a posição do elétron em um instante torna nosso conhecimento sobre sua futura posição impreciso.

Suponha, dessa forma, que utilizemos fótons de comprimento de onda longo. Uma vez que esses fótons têm energia mais baixa, a cinética do elétron não é tão primorosamente alterada durante a medição, mas sua posição será correspondentemente conhecida com menor precisão. Essa é a essência do princípio da incerteza: *há uma incerteza em saber se a posição ou o momento do elétron que não pode ser reduzido além de um certo nível mínimo*. Quanto mais corretamente um é conhecido, menos precisamente o outro o é. Apesar de não podermos nunca saber a posição e o momento exatos de um elétron, podemos falar sobre a probabilidade de ele estar em determinados lugares no espaço. Na Seção 6.5, introduzimos um modelo do átomo que fornece a probabilidade de encontramos elétrons de energias específicas em certas posições em átomos.

dois sentidos opostos de rotação produzem campos magnéticos diretamente opostos, como mostrado na Figura 6.23.<sup>3</sup> Esses dois campos magnéticos opostos levam à separação das linhas espectrais em pares muito próximos.

O spin eletrônico é crucial para o entendimento das estruturas eletrônicas dos átomos. Em 1925, o físico austríaco Wolfgang Pauli (1900–1958) descobriu o princípio que governa a distribuição dos elétrons em átomos polieletrônicos. O **princípio da exclusão de Pauli** afirma que *dois elétrons em um átomo não podem ter o conjunto de quatro números quânticos  $n$ ,  $l$ ,  $m_l$  e  $m_s$  iguais*. Para um dado orbital ( $1s$ ,  $2p$ , etc.), os valores de  $n$ ,  $l$  e  $m_l$  são fixos. Se quisermos colocar mais de um elétron em um orbital e satisfazer o princípio da exclusão de Pauli, nossa única escolha é assinalar diferentes valores de  $m_s$  para os elétrons. Como existem apenas dois desses valores, concluímos que *um orbital pode receber o máximo de dois elétrons, e eles devem ter spins opostos*. Essa restrição permite-nos relacionar os elétrons em um átomo, dando seus números quânticos e definindo a região no espaço onde cada elétron é mais provável de ser encontrado. Ela fornece também o segredo para um dos grandes problemas da química — entender a estrutura dos elementos da tabela periódica. Abordaremos essas questões nas duas próximas seções.

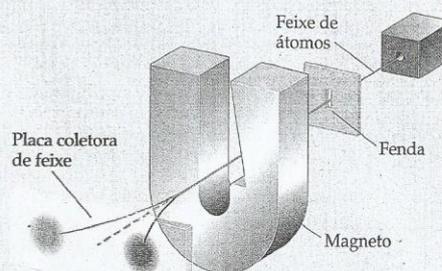


**Figura 6.23** O elétron se comporta como se estivesse girando em volta de um eixo através de seu centro, dessa forma gerando um campo magnético cuja direção depende do sentido da rotação. As duas direções para o campo magnético correspondem aos dois valores possíveis para o número quântico de spin,  $m_s$ .



### Uma olhar mais de perto Evidência experimental do spin eletrônico

Mesmo antes de o spin eletrônico ser proposto, havia evidências experimentais de que os elétrons tinham uma propriedade adicional que necessitava explicações. Em 1921, Otto Stern e Walter Gerlach obtiveram sucesso ao separar um feixe de átomos neutros em dois grupos, passando-os através de um campo magnético não-homogêneo. Seu experimento está esboçado na Figura 6.24. Suponhamos que eles usaram um feixe de átomos de hidrogênio (na realidade, eles utilizaram átomos de prata, que contêm somente um elétron desemparelhado). Normalmente esperaríamos que átomos neutros não fossem afetados por um campo magnético. No entanto, o campo magnético que surge a partir do spin do elétron interage com o campo do magneto, desviando o átomo de seu caminho retilíneo. Como mostrado na Figura 6.24, o campo magnético separa o feixe em dois, sugerindo que há dois (e somente dois) valores equivalentes para o campo magnético do próprio elétron. O experimento Stern–Gerlach pôde ser prontamente interpretado quando se percebeu que existem exatamente dois valores para o spin eletrônico. Esses valores produzem campos magnéticos iguais que são opostos em direção.



**Figura 6.24** Ilustração do experimento Stern–Gerlach. Átomos nos quais o número quântico de spin eletrônico ( $m_s$ ) dos elétrons desemparelhados é  $+\frac{1}{2}$  são desviados em um sentido, e aqueles nos quais  $m_s$  é  $-\frac{1}{2}$ , no outro.

## 6.8 Configurações eletrônicas

Munidos do conhecimento das energias relativas dos orbitais e do princípio da exclusão de Pauli, estamos agora em uma posição para abordar a distribuição dos elétrons nos átomos. A maneira na qual os elétrons são distribuídos entre os vários orbitais de um átomo é chamada **configuração eletrônica**. A mais estável configuração eletrônica, ou estado fundamental, de um átomo é aquela na qual os elétrons estão nos estados mais baixos possíveis de energia. Se não existissem restrições nos possíveis valores para os números quânticos dos elétrons, todos os elétrons se aglomerariam no orbital  $1s$  porque é o mais baixo em energia (Figura 6.22). Entretanto, o princípio da exclusão de Pauli nos diz que pode haver no máximo dois elétrons em um único orbital. Assim, os orbitais são preenchidos

<sup>3</sup> Como discutimos anteriormente, o elétron tem propriedades tanto de partícula como ondulatórias. Assim, a figura de um elétron como esfera carregada em rotação é, especificamente falando, apenas uma representação útil pelas figuras que nos ajudam a entender os dois sentidos do campo magnético que um elétron possui.

em ordem crescente de energia, com não mais que dois elétrons por orbital. Por exemplo, considere o átomo de lítio, que tem três elétrons. (Lembre-se de que o número de elétrons em um átomo neutro é igual ao seu número atômico.) O orbital 1s pode acomodar dois elétrons. O terceiro elétron vai para o próximo orbital de mais baixa energia, o 2s.



### A química e a vida Spin nuclear e imagem de ressonância magnética 66

Um grande desafio para o diagnóstico médico é ver o interior do corpo humano a partir do exterior. Até recentemente, isso era alcançado primariamente pelo uso de raios X para se obter a imagem dos ossos, músculos e órgãos humanos. No entanto, existem várias desvantagens no uso de raios X para imagens com fim de utilização médica. Primeiro, raios X não fornecem imagens bem determinadas de estruturas fisiológicas sobrepostas. Além disso, uma vez que o tecido doente ou danificado frequentemente produz a mesma imagem que um tecido saudável, os raios X quase sempre falham na detecção de doenças ou ferimentos. Finalmente, os raios X são radiação de alta energia que podem causar danos fisiológicos, mesmo que em pequenas doses.

No ano 80 uma nova técnica chamada *imagem por ressonância magnética* (IRM) alcançou o primeiro plano no cenário da tecnologia de imagem para utilização médica. A base da IRM é um fenômeno chamado ressonância magnética nuclear (RMN), que foi descoberta em meados dos anos 40. Atualmente, a RMN tornou-se um dos métodos espectroscópicos mais importantes usados na química. É baseada na observação de que, como os elétrons, os núcleos de muitos elementos possuem um spin intrínseco. Como o spin eletrônico, o spin nuclear é quantizado. Por exemplo, o núcleo de  $^1\text{H}$  (um próton) tem dois possíveis números quânticos de spin

nuclear magnético,  $+\frac{1}{2}$  e  $-\frac{1}{2}$ . O núcleo do hidrogênio é o mais comumente estudado por RMN.

Um núcleo de hidrogênio girando atua como um pequeno ímã. Na ausência de efeitos externos, os dois estados de spin têm a mesma energia. No entanto, quando os núcleos são colocados em um campo magnético externo, eles podem se alinhar paralela ou contrariamente (antiparalelo) ao campo, dependendo de seus spins. O alinhamento paralelo é mais baixo em energia do que o antiparalelo por uma certa quantidade,  $\Delta E$  (Figura 6.25). Se os núcleos são irradiados com fótons com energia igual a  $\Delta E$ , o spin dos núcleos pode ser 'movido', isto é, excitado do alinhamento paralelo para o antiparalelo. A detecção do movimento de núcleos entre os dois estados de spin leva a um espectro de RMN. A radiação utilizada em um experimento de RMN está na faixa radiofrecüencial de, normalmente, 100 a 500 MHz.

Uma vez que o hidrogênio é um importante constituinte dos fluidos aquosos do corpo e do tecido gorduroso, o núcleo do hidrogênio é o mais conveniente para o estudo através de IRM. No IRM, o corpo de uma pessoa é colocado em um forte campo magnético. Com a irradiação no corpo de pulsos de radiação de radiofrecüência e utilizando sofisticadas técnicas de detecção, o tecido pode ser visto em imagens em profundidades específicas dentro do corpo, fornecendo imagens com nível de detalhes espetacular (Figura 6.26). A habilidade para fornecer amostras em diferentes profundidades permite aos médicos construir uma imagem tridimensional do corpo.

A IRM não tem nenhuma das desvantagens dos raios X. Tecidos doentes aparecem de forma bem diferente do tecido saudável; a determinação de estruturas superpostas em diferentes profundidades no corpo é muito mais fácil, e a radiação de radiofrecüência não é prejudicial a humanos nas dosagens utilizadas. A maior desvantagem do IRM é o custo: a utilização de um aparelho novo de IRM para aplicações clínicas está na faixa de mais de 1,5 milhão de dólares.

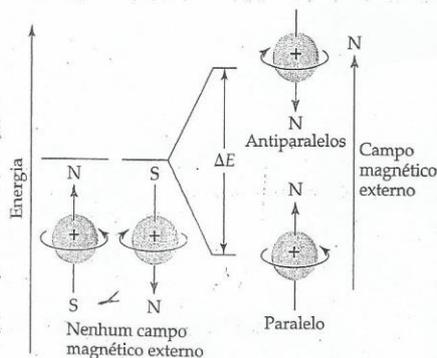


Figura 6.25 Como o spin eletrônico, o spin nuclear cria um pequeno campo magnético e tem dois valores permitidos; na ausência de um campo magnético externo (esquerda), os dois estados de spin têm a mesma energia. Se um campo magnético externo é aplicado (à direita), o alinhamento paralelo do campo magnético nuclear é mais baixo em energia do que o alinhamento antiparalelo. A diferença de energia,  $\Delta E$ , está na porção de radiofrecüência do espectro eletromagnético.



Figura 6.26 Imagem de IRM de uma cabeça humana, mostrando as estruturas de um cérebro normal, canais respiratórios e tecidos faciais.

**COMO FAZER 7.3**

Ordene os átomos e íons a seguir em ordem decrescente de tamanho:  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  e  $Ca$ .

**Solução** Os cátions são menores que os átomos que lhes dão origem; logo,  $Ca^{2+}$  é menor que o átomo  $Ca$ . Como  $Ca$  está abaixo de  $Mg$  no grupo 2A da tabela periódica,  $Ca^{2+}$  é maior que  $Mg^{2+}$ . Conseqüentemente,  $Ca > Ca^{2+} > Mg^{2+}$ .

**PRATIQUE**

Qual dos seguintes átomos e íons é o maior:  $S^2$ ,  $S$  ou  $O^{2-}$ ?

**Resposta:**  $S^2$



## A química e a vida O tamanho iônico faz uma GRANDE diferença!

C7

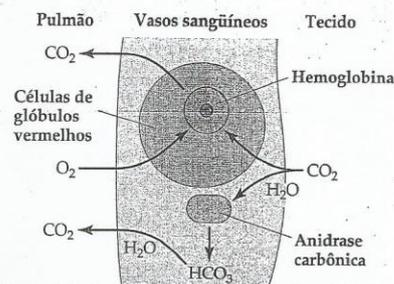
O tamanho iônico tem importante papel na determinação das propriedades de íons em solução. Por exemplo, uma pequena diferença no tamanho iônico é normalmente suficiente para um íon metálico ser biologicamente importante e um outro não o ser. Para ilustrar, vamos examinar a química biológica do íon de zinco ( $Zn^{2+}$ ) e compará-lo com o íon de cádmio ( $Cd^{2+}$ ).

Lembre-se do quadro "Química e a vida" na Seção 2.7, que diz ser o zinco necessário em nossa dieta em microquantidades. O zinco é parte essencial de várias enzimas, as proteínas que facilitam ou regulam as velocidades de reações biológicas chave. Por exemplo, uma das mais importantes enzimas que contém zinco é a *anidrase carbônica*. Essa enzima é encontrada nos glóbulos vermelhos do sangue. Sua função é formar o íon de bicarbonato ( $HCO_3^-$ ):



Você pode estar surpreso em saber que nosso organismo precisa de enzima para uma reação tão simples. Na ausência da anidrase carbônica, no entanto, o  $CO_2$  produzido nas células, quando elas estão oxidando a glicose ou outros combustíveis em exercícios vigorosos, seria eliminada demasiadamente devagar. Cerca de 20% do  $CO_2$  produzido pelo metabolismo celular se liga à hemoglobina e é levado aos pulmões, onde é expelido. Cerca de 70% do  $CO_2$  produzido é convertido em íon de bicarbonato pela ação da anidrase carbônica. Como o  $CO_2$  foi convertido em íon bicarbonato, ele se mistura ao plasma sanguíneo e naturalmente é passado pelos pulmões no caminho inverso da Equação 7.2. Esses processos são ilustrados na Figura 7.7. Na ausência do zinco, a anidrase carbônica seria inativa, e isso resultaria em sérios desequilíbrios na quantidade de  $CO_2$  presente no sangue.

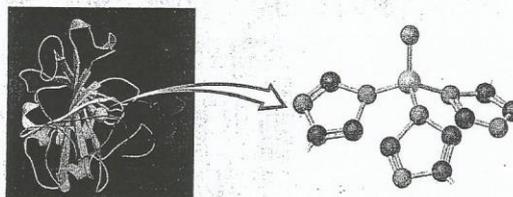
O zinco é também encontrado em várias outras enzimas, incluindo algumas encontradas no fígado e rins. É obviamente um elemento essencial. Em contraste, o cádmio, vizinho do zinco no grupo 2B, é extremamente tóxico aos humanos. Por que esses dois elementos são tão diferentes? Ambos ocorrem como íons  $2+$ , mas  $Zn^{2+}$  menor que  $Cd^{2+}$ . O raio de



**Figura 7.7** Ilustração do fluxo de  $CO_2$  dos tecidos para os vasos sanguíneos e, conseqüentemente, aos pulmões. Cerca de 20% do  $CO_2$  se liga à hemoglobina e é liberado nos pulmões. Cerca de 70% é convertido pela anidrase carbônica em íons  $HCO_3^-$ , que permanecem no plasma sanguíneo até uma reação reversa liberar  $CO_2$  nos pulmões. Pequenas quantidades de  $CO_2$  simplesmente se dissolvem no plasma sanguíneo e são liberadas nos pulmões.

$Zn^{2+}$  é de 0,74 Å, o de  $Cd^{2+}$  de 0,95 Å. Essa diferença pode ser a causa de tão dramática inversão de propriedades biológicas? A resposta é que, embora o tamanho não seja o único fator, ele é muito importante. Na enzima anidrase carbônica o íon  $Zn^{2+}$  é encontrado ligado eletrostaticamente a átomos de proteína, como mostrado na Figura 7.8. Ocorre que  $Cd^{2+}$  se liga neste mesmo lugar preferencialmente sobre  $Zn^{2+}$ , dessa forma o substituindo. Quando  $Cd^{2+}$  está presente em vez de  $Zn^{2+}$ , no entanto, a reação de  $CO_2$  com água não é facilitada. Mais seriamente,  $Cd^{2+}$  inibe reações que são essenciais ao funcionamento dos rins. Além disso, o cádmio é um veneno cumulativo; a exposição crônica em níveis até bem baixos por período longo leva ao envenenamento.

**Figura 7.8** A molécula da anidrase carbônica (mais à esquerda) catalisa a reação entre  $CO_2$  e a água para formar  $HCO_3^-$ . A fita representa a cobertura da cadeia de proteína. O 'sítio ativo' da enzima (à direita) é onde a reação ocorre. Os átomos de H foram excluídos para maior clareza. Desse modo, a esfera vermelha representa o oxigênio de uma molécula de água que está ligada ao zinco. A água é substituída pelo  $CO_2$  na reação. As ligações saindo dos anéis de cinco membros se unem ao sítio ativo da proteína.





### Um olhar mais de perto Números de oxidação, cargas formais e cargas parciais reais

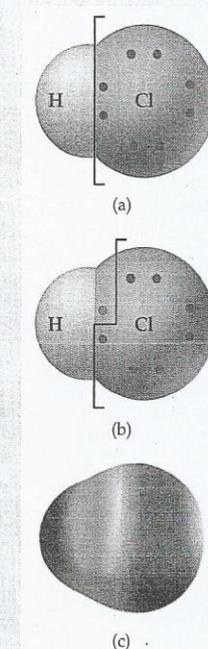


No Capítulo 4 apresentamos as regras para determinar os números de oxidação dos átomos. O conceito de eletronegatividade é a base desses números. O número de oxidação de um átomo é a carga que ele teria se suas ligações fossem completamente iônicas. Isto é, ao determinar o número de oxidação, todos os elétrons compartilhados são contados com o átomo mais eletronegativo. Por exemplo, considere a estrutura de Lewis de HCl mostrada na Figura 8.9 (a). Para designar o número de oxidação, o par de elétrons na ligação covalente entre os átomos é assinalado para o átomo de Cl mais eletronegativo. Esse procedimento fornece a Cl oito elétrons no nível de valência, um a mais do que o átomo neutro. Assim é designado um número de oxidação de  $-1$ . O hidrogênio não tem elétrons de valência quando estes são contados dessa forma, dando-lhe um número de oxidação de  $+1$ .

Nesta seção acabamos de considerar uma outra forma de contar elétrons que dá origem às *cargas formais*. A carga formal é assinalada ignorando-se completamente a eletronegatividade e assinalando igualmente os elétrons nas ligações entre os átomos ligados. Considere mais uma vez a molécula de HCl, mas desta vez divida o par de elétrons da ligação proporcionalmente entre H e Cl como mostrado na Figura 8.9 (b). Neste caso, o Cl tem sete elétrons atribuídos, o mesmo que o átomo neutro de Cl. Assim, a carga formal do Cl nesse composto é 0. Da mesma forma, a carga formal de H é também 0.

Nem o número de oxidação nem a carga formal fornecem uma descrição precisa das cargas reais nos átomos. Os números de oxidação superestimam o papel da eletronegatividade; as cargas formais a ignoram completamente. Parece razoável que os elétrons em ligações covalentes fossem divididos de acordo com as eletronegatividades relativas dos átomos ligados. Na Figura 8.6 vemos que Cl tem uma eletronegatividade de 3,0, enquanto a de H é 2,1. Espera-se que o átomo de Cl mais eletronegativo deva ter aproximadamente  $3,0 / (3,0 + 2,1) = 0,59$  da carga elétrica no par ligante, ao passo que o átomo de H tenha  $2,1 / (3,0 + 2,1) = 0,41$  da carga. Como a ligação consiste em dois elétrons, a parte de Cl é  $0,59 \times 2e = 1,18e$ , ou  $0,18e$  mais que o átomo neutro de Cl. Isso dá origem a uma carga parcial de  $0,18^-$  no Cl e  $0,18^+$  no H.

O momento de dipolo de HCl fornece uma medida experimental das cargas parciais em cada átomo. Em "Como fazer 8.6", vimos que o momento de dipolo do HCl indica uma



**Figura 8.9** (a) Os números de oxidação são obtidos pela contagem de todos os elétrons compartilhados com o átomo mais eletronegativo (neste caso, Cl). (b) As cargas formais são obtidas pela divisão de todos os elétrons compartilhados proporcionalmente entre os átomos ligados. (c) A distribuição da densidade eletrônica em uma molécula de HCl como calculado por um programa de computador. Regiões de carga negativa relativamente maior estão em vermelho; as de carga mais positiva são azuis. A carga negativa é facilmente localizada no cloro.

separação de carga com uma carga parcial de  $0,178^+$  em H e  $0,178^-$  em Cl, em surpreendente concordância com a simples aproximação baseada em eletronegatividades. Apesar de o tipo de cálculo fornecer números aproximados para a magnitude da carga nos átomos, a relação entre eletronegatividade e separação de carga é geralmente mais complicada. Como já vimos, programas de computador empregando princípios de mecânica quântica foram desenvolvidos para calcular as cargas parciais nos átomos e até em moléculas complexas. A Figura 8.9 (c) mostra uma representação gráfica da distribuição de carga em HCl.

número de elétrons de valência em um átomo neutro de N é 5, sua carga formal é  $5 - 5 = 0$ . Assim, as cargas formais nos átomos, na estrutura de Lewis, do  $\text{CN}^-$  são:



Observe que a soma das cargas formais é igual à carga total no íon,  $1^-$ . As cargas formais em uma molécula somam zero, enquanto a soma delas em um íon será igual à carga total no íon.

Para ver como a carga formal pode ajudar a distinguir entre as estruturas de Lewis alternativas, vamos considerar a molécula de  $\text{CO}_2$ . Como mostrado na Seção 8.3,  $\text{CO}_2$  é representado como tendo duas ligações duplas. Entretanto, a regra do octeto é também obedecida em uma estrutura de Lewis contendo uma ligação simples e uma tripla. Calculando a carga formal para cada átomo nessas estruturas, temos:



### A química e a vida O improvável desenvolvimento de drogas de lítio

C7

Os íons dos metais alcalinos tendem a ter um papel nada empolgante na maioria das reações químicas na química em geral. Todos os sais dos íons dos metais alcalinos são solúveis; e os íons são espectadores na maioria das reações aquosas (exceto aqueles envolvendo os metais alcalinos em sua forma elementar, como na Equação 7.19).

Contudo, os íons dos metais alcalinos têm papel importante na fisiologia humana. Os íons de sódio e potássio são importantes componentes do plasma sanguíneo e do fluido intracelular, respectivamente, com concentrações médias de 0,1 mol/L. Esses eletrólitos servem como transportadores de cargas vitais para a função celular normal e são dois dos principais íons envolvidos na regulação do coração.

Em contraste, o íon de lítio ( $\text{Li}^+$ ) não tem nenhuma função conhecida na fisiologia humana normal. Entretanto, desde a descoberta do lítio em 1817 pensava-se que os sais do elemento possuíam quase poderes místicos de cura; havia até sugestões de que ele era um ingrediente das antigas fórmulas da 'fonte da juventude'. Em 1927, o Sr. C. L. Grigg começou a divulgar um refrigerante que continha lítio com o esquisito nome 'Bib-Label Lithiated Lemon-Lime Soda'. Grigg logo deu à sua bebida litada um nome bem mais simples: Seven-Up® (Figura 7.24).

Por causa de preocupações da Food and Drug Administration (órgão do governo norte-americano que fiscaliza a comercialização de medicamentos e alimentos), o lítio foi retirado do Seven-Up® no início dos anos 50. Quase ao mesmo tempo, descobriu-se que o íon de lítio tem notável efeito terapêutico na desordem mental chamada *desordem bipolar efetiva*, ou *doença maniaco-depressiva*. Mais de 1 milhão de americanos sofrem dessa psicose, experimentando severas alterações de humor, de profunda depressão à euforia. O íon de lítio atenua essas alterações de estado, permitindo ao paciente atuar mais efetivamente em sua vida diária.

A ação antipsicótica do  $\text{Li}^+$  foi descoberta por acidente no final dos anos 40 por um psiquiatra australiano, John Cade. Cade estava pesquisando o uso do ácido úrico — um componente da urina — para o tratamento da doença maniaco-



Figura 7.24 O refrigerante Seven-Up® continha originalmente citrato de lítio, o sal de lítio do ácido cítrico. Alegava-se que o lítio dava à bebida benefícios saudáveis, incluindo 'excesso de energia, entusiasmo, pele bonita, cabelos e olhos com brilho!'. O lítio foi retirado da bebida no início dos anos 50, aproximadamente na mesma época em que a ação antipsicótica do  $\text{Li}^+$  foi descoberta.

depressiva. Ele administrou o ácido em animais doentes de laboratório na forma de seu sal mais solúvel, urato de lítio, e observou que muitos dos sintomas maníacos pareciam ter desaparecido. Estudos posteriores mostraram que o ácido úrico não tem nenhum papel nos efeitos terapêuticos observados; os responsáveis eram na realidade os íons de  $\text{Li}^+$ . Como a overdose de lítio pode causar severos efeitos colaterais em humanos, inclusive a morte, os sais de lítio não foram aprovados como drogas antipsicóticas para humanos até 1970. Hoje o  $\text{Li}^+$  é comumente administrado via oral na forma de  $\text{Li}_2\text{CO}_3(\text{s})$ . As drogas de lítio são eficientes para cerca de 70% dos pacientes maniaco-depressivos que as ingerem.

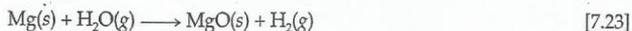
Nesta era de sofisticados projetos de drogas e biotecnologia, o simples íon de lítio é ainda o mais eficiente no tratamento de desordem psicológica destrutiva. Notavelmente, apesar de pesquisas intensivas, os cientistas ainda não compreendem totalmente a ação bioquímica do lítio que o leva a ter efeitos terapêuticos.

### Grupo 2A: os metais alcalinos terrosos

Como os metais alcalinos, os elementos do grupo 2A são todos sólidos com propriedades metálicas típicas, algumas das quais estão relacionadas na Tabela 7.5. Comparados com os metais alcalinos, os metais alcalinos terrosos são mais duros e mais densos, fundindo-se a temperaturas mais altas.

As primeiras energias de ionização dos metais alcalinos terrosos são baixas, mas não tão baixas como as dos metais alcalinos. Conseqüentemente, os metais alcalinos terrosos são menos reativos que seus vizinhos, os metais alcalinos. Como observamos na Seção 7.4, a facilidade com que os elementos perdem elétrons diminui à medida que vamos da esquerda para a direita na tabela periódica e aumenta quando descemos um grupo. Portanto, o berílio e o magnésio, os membros mais leves do grupo, são os menos reativos.

A tendência no aumento da reatividade em um grupo é mostrada pelo comportamento dos elementos median- te água. O berílio não reage com água ou vapor de água, mesmo quando muito aquecidos. O magnésio não reage com água líquida, mas reage com vapor de água para formar óxido de magnésio e hidrogênio:





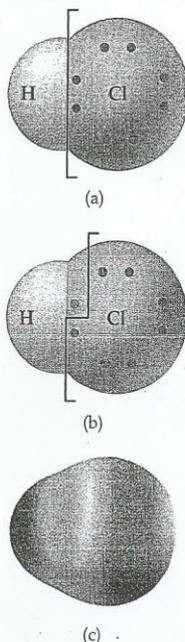
### Um olhar mais de perto Números de oxidação, cargas formais e cargas parciais reais

No Capítulo 4 apresentamos as regras para determinar os números de oxidação dos átomos. O conceito de eletronegatividade é a base desses números. O número de oxidação de um átomo é a carga que ele teria se suas ligações fossem completamente iônicas. Isto é, ao determinar o número de oxidação, todos os elétrons compartilhados são contados com o átomo mais eletronegativo. Por exemplo, considere a estrutura de Lewis de HCl mostrada na Figura 8.9 (a). Para designar o número de oxidação, o par de elétrons na ligação covalente entre os átomos é assinalado para o átomo de Cl mais eletronegativo. Esse procedimento fornece a Cl oito elétrons no nível de valência, um a mais do que o átomo neutro. Assim é designado um número de oxidação de  $-1$ . O hidrogênio não tem elétrons de valência quando estes são contados dessa forma, dando-lhe um número de oxidação de  $+1$ .

Nesta seção acabamos de considerar uma outra forma de contar elétrons que dá origem às *cargas formais*. A carga formal é assinalada ignorando-se completamente a eletronegatividade e assinalando igualmente os elétrons nas ligações entre os átomos ligados. Considere mais uma vez a molécula de HCl, mas desta vez divida o par de elétrons da ligação proporcionalmente entre H e Cl como mostrado na Figura 8.9 (b). Neste caso, o Cl tem sete elétrons atribuídos, o mesmo que o átomo neutro de Cl. Assim, a carga formal do Cl nesse composto é  $0$ . Da mesma forma, a carga formal de H é também  $0$ .

Nem o número de oxidação nem a carga formal fornecem uma descrição precisa das cargas reais nos átomos. Os números de oxidação superestimam o papel da eletronegatividade; as cargas formais a ignoram completamente. Parece razoável que os elétrons em ligações covalentes fossem divididos de acordo com as eletronegatividades relativas dos átomos ligados. Na Figura 8.6 vemos que Cl tem uma eletronegatividade de  $3,0$ , enquanto a de H é  $2,1$ . Espera-se que o átomo de Cl mais eletronegativo deva ter aproximadamente  $3,0 / (3,0 + 2,1) = 0,59$  da carga elétrica no par ligante, ao passo que o átomo de H tenha  $2,1 / (3,0 + 2,1) = 0,41$  da carga. Como a ligação consiste em dois elétrons, a parte de Cl é  $0,59 \times 2e = 1,18e$ , ou  $0,18e$  mais que o átomo neutro de Cl. Isso dá origem a uma carga parcial de  $0,18-$  no Cl e  $0,18+$  no H.

O momento de dipolo de HCl fornece uma medida experimental das cargas parciais em cada átomo. Em "Como fazer 8.6", vimos que o momento de dipolo do HCl indica uma



**Figura 8.9** (a) Os números de oxidação são obtidos pela contagem de todos os elétrons compartilhados com o átomo mais eletronegativo (neste caso, Cl). (b) As cargas formais são obtidas pela divisão de todos os elétrons compartilhados proporcionalmente entre os átomos ligados. (c) A distribuição da densidade eletrônica em uma molécula de HCl como calculado por um programa de computador. Regiões de carga negativa relativamente maior estão em vermelho; as de carga mais positiva são azuis. A carga negativa é facilmente localizada no cloro.

separação de carga com uma carga parcial de  $0,178+$  em H e  $0,178-$  em Cl, em surpreendente concordância com a simples aproximação baseada em eletronegatividades. Apesar de o tipo de cálculo fornecer números aproximados para a magnitude da carga nos átomos, a relação entre eletronegatividade e separação de carga é geralmente mais complicada. Como já vimos, programas de computador empregando princípios de mecânica quântica foram desenvolvidos para calcular as cargas parciais nos átomos e até em moléculas complexas. A Figura 8.9 (c) mostra uma representação gráfica da distribuição de carga em HCl.

número de elétrons de valência em um átomo neutro de N é  $5$ , sua carga formal é  $5 - 5 = 0$ . Assim, as cargas formais nos átomos, na estrutura de Lewis, do  $\text{CN}^-$  são:



Observe que a soma das cargas formais é igual à carga total no íon,  $1-$ . As cargas formais em uma molécula somam zero, enquanto a soma delas em um íon será igual à carga total no íon.

Para ver como a carga formal pode ajudar a distinguir entre as estruturas de Lewis alternativas, vamos considerar a molécula de  $\text{CO}_2$ . Como mostrado na Seção 8.3,  $\text{CO}_2$  é representado como tendo duas ligações duplas. Entretanto, a regra do octeto é também obedecida em uma estrutura de Lewis contendo uma ligação simples e uma tripla. Calculando a carga formal para cada átomo nessas estruturas, temos:



## A química no trabalho Os explosivos e Alfred Nobel

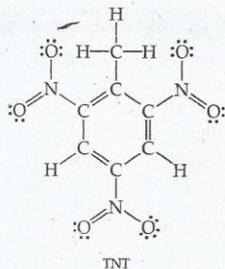
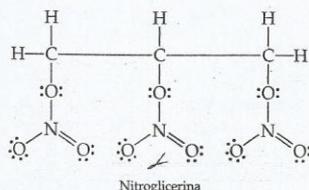
C8

Quantidades enormes de energia podem ser armazenadas em ligações químicas. Talvez a ilustração mais vívida desse fato seja vista em certas substâncias moleculares usadas como explosivos. A abordagem de entalpias de ligação nos permite examinar mais atentamente algumas das propriedades dessas substâncias explosivas.

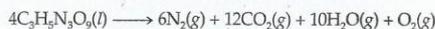
Um explosivo deve ter as seguintes características: (1) deve se decompor exotermicamente; (2) os produtos de sua decomposição têm de ser gasosos, para que uma enorme pressão de gás acompanhe a decomposição; (3) sua decomposição deve ocorrer muito rapidamente; e (4) ele deve ser estável o suficiente para que possa ser detonado com previsibilidade. A combinação dos primeiros três efeitos leva à violenta evolução de calor e gases.

Para apresentar a reação mais exotérmica, um explosivo deve ter ligações químicas fracas e deve decompor-se em moléculas com ligações muito fortes. Ao olharmos para as entalpias de ligação (Tabela 8.4), as ligações  $\text{N} \equiv \text{N}$ ,  $\text{C} \equiv \text{O}$  e  $\text{C} \equiv \text{O}$  estão entre as mais fortes. Não causa surpresa o fato de que os explosivos são normalmente projetados para compor os produtos gasosos  $\text{N}_2(\text{g})$ ,  $\text{CO}(\text{g})$  e  $\text{CO}_2(\text{g})$ . Vapor de água é também quase sempre produzido.

Muitos explosivos comuns são moléculas orgânicas que contêm grupos nitro ( $\text{NO}_2$ ) ou nitrato ( $\text{NO}_3$ ) ligados a um esqueleto de carbono. As estruturas de dois dos mais conhecidos explosivos, nitroglicerina e trinitrotolueno (TNT), são mostradas aqui. TNT contém o anel de seis membros característico do benzeno.



A nitroglicerina é um líquido oleoso de cor amarelo-pálida. É altamente *sensível a choque*. O simples ato de balançar o líquido pode causar a explosiva decomposição em gases de nitrogênio, dióxido de carbono, água e oxigênio:



As grandes entalpias de ligação das moléculas de  $\text{N}_2$  (941 kJ/mol), de  $\text{CO}_2$  ( $2 \times 799$  kJ/mol) e de água ( $2 \times 463$  kJ/mol) fazem com que essa reação seja enormemente exotérmica. A nitroglicerina é um explosivo excepcionalmente instável uma vez que está em *equilíbrio explosivo* quase perfeito: com exceção de uma pequena quantidade de  $\text{O}_2(\text{g})$  produzida, os únicos produtos são  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ . Observe também que, diferentemente das reações de combustão (Seção 3.2), as explosões são inteiramente *fechadas*. Nenhum outro reagente, como  $\text{O}_2(\text{g})$ , é necessário para a decomposição do explosivo.

Em virtude de a nitroglicerina ser tão instável, é difícil usá-la como um explosivo controlável. O inventor sueco, Alfred Nobel (Figura 8.14), descobriu que a mistura de nitroglicerina com um material sólido absorvente como terra diatomácea ou celulose resulta em explosivo sólido (dinamite), que é muito mais seguro que a nitroglicerina líquida.



Figura 8.14 Alfred Nobel (1833–1896), sueco, inventor da dinamite. De acordo com a opinião de muitos, a descoberta de Nobel de que a nitroglicerina poderia tornar-se mais estável pela absorção em celulose foi acidental. Essa descoberta fez de Nobel um homem muito rico. Entretanto, ele era também um homem difícil e solitário que nunca se casou; estava sempre doente e sofria de depressão crônica. Tinha inventado o explosivo militar mais poderoso daqueles tempos, mas firmemente apoiava movimentos de paz mundial. Seu testamento determinava que sua fortuna fosse usada para estabelecer recompensas para premiar aqueles que “conferiram o maior benefício para a raça humana”, incluindo a promoção da paz e “fraternidade entre as nações”. O Prêmio Nobel é provavelmente a mais cobiçada premiação que um cientista, economista, escritor ou defensor da paz pode receber.



## A química e a vida A química da visão

c9

Nos últimos anos, os cientistas começaram a entender a química complexa da visão. A visão começa quando a luz é focalizada pelas lentes dentro da retina, a camada de células recobrando o interior do globo ocular. A retina contém células *fotorreceptoras* conhecidas como bastonetes e cones (Figura 9.30). A retina humana contém aproximadamente 3 milhões de cones e 100 milhões de bastonetes. Os bastonetes são sensíveis à luz fraca e usados durante a visão noturna. Os cones são sensíveis às cores. As partes superiores dos bastonetes e cones contêm uma molécula chamada *rodopsina*. A rodopsina consiste em uma proteína, chamada *opsina*, ligada a um pigmento violeta-avermelhado chamado *retinal*. As variações estruturais ao redor de uma ligação dupla na porção retinal da molécula inicia uma série de reações químicas que resultam na visão.

As ligações duplas entre os átomos são mais fortes que as ligações simples entre os mesmos átomos (Tabela 8.4). Por exemplo, uma ligação dupla  $C=C$  é mais forte [ $E(C=C) = 614 \text{ kJ/mol}$ ] que uma ligação simples [ $E(C-C) = 348 \text{ kJ/mol}$ ], ainda que não seja duas vezes mais forte. As recentes abordagens permitem-nos agora apreciar outro aspecto das ligações duplas: a dureza ou a rigidez que elas introduzem nas moléculas.

Imagine pegar o grupo  $-CH_2-$  da molécula de etileno e girá-lo em relação a outro grupo  $-CH_2-$ , como mostrado na Figura 9.31. Essa rotação destrói a superposição dos orbitais  $p$ , quebrando a ligação  $\pi$ , um processo que requer considerável energia. Portanto, a presença de uma ligação dupla restringe a rotação das ligações na molécula. Por outro lado,

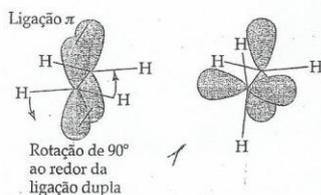


Figura 9.31 Rotação ao redor de uma ligação dupla carbono-carbono no etileno. A superposição dos orbitais  $p$  que formam a ligação  $\pi$  é perdida na rotação. Por essa razão, a rotação ao redor das ligações duplas não ocorre facilmente.

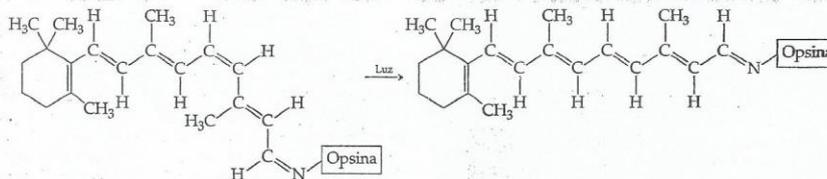


Figura 9.32 Quando a rodopsina absorve luz visível, a componente  $\pi$  da ligação dupla, em traços vermelhos, permite a rotação que produz uma mudança na geometria molecular.

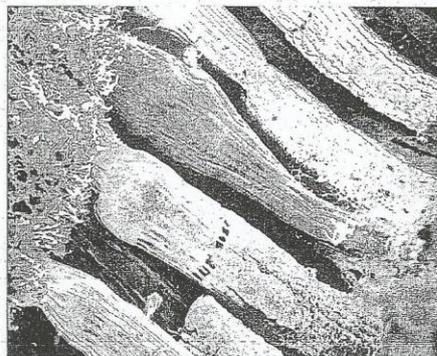


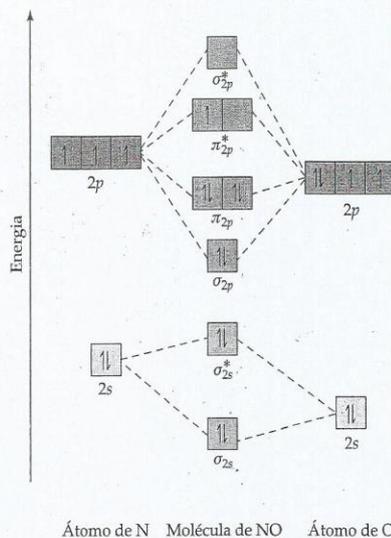
Figura 9.30 Uma micrografia ampliada dos cones e dos bastonetes na retina do olho obtida com um microscópio eletrônico de varredura. Os cones possuem forma cônica e os bastonetes são cilíndricos.

a molécula pode rodar quase livremente ao redor do eixo de ligação nas ligações simples ( $\sigma$ ) porque esse movimento não afeta a superposição dos orbitais. Essa rotação permite que as moléculas com ligações simples torçam-se e dobrem-se quase como se seus átomos estivessem ligados por dobradiças.

A visão depende da rigidez das ligações duplas no retinal. Em sua forma normal, o retinal é mantido rígido por suas ligações duplas, como mostrado à esquerda na Figura 9.32. A luz entrando no olho é absorvida pela rodopsina, e a energia é usada para quebrar a porção da ligação  $\pi$  da ligação dupla indicada. A molécula gira ao redor dessa ligação, mudando sua geometria. O retinal se separa da rodopsina, iniciando as reações que produzem um impulso nervoso, que o cérebro interpreta como a sensação da visão. São necessárias apenas cinco moléculas pouco espaçadas reagindo dessa maneira para produzir a sensação da visão. Portanto, apenas cinco fótons de luz são necessários para estimular o olho.

O retinal reverte-se lentamente a sua forma original e religa-se à opsina. A lentidão desse processo ajuda a explicar por que a luz intensa causa cegueira temporária. A luz faz com que todo o retinal se separe da opsina, não deixando nenhuma outra molécula para absorver a luz.

Figura 9.44 Diagrama de energia de OM para NO.



Se os átomos em uma molécula diatômica heteronuclear não diferirem tanto em suas eletronegatividades, a descrição de seus OMs lembrará os das moléculas diatômicas homonucleares. O diagrama de OM para NO está mostrado na Figura 9.44. Os orbitais atômicos do átomo mais eletronegativo de O têm energia ligeiramente menor que os de N. Contudo, o diagrama de níveis de energia de OM é tratado de forma muito similar que para molécula diatômica homonuclear. Existem oito elétrons ligantes e três antiligantes, fornecendo uma ordem de ligação de  $\frac{1}{2}(8 - 3) = 2\frac{1}{2}$ , que está mais de acordo com o experimento do que a estrutura de Lewis.



### A química no trabalho Corantes orgânicos 69

A química da cor tem fascinado as pessoas desde os tempos antigos. As cores brilhantes ao seu redor — as das roupas e dos alimentos que você come — são relativas à absorção seletiva de luz pelos produtos químicos. A luz excita os elétrons nas moléculas. Em uma figura, podemos visualizar a luz excitando os elétrons de um orbital molecular preenchido para um vazio de energia mais alta. Como os OMs têm energias definidas, apenas a luz de comprimentos de onda específicos pode excitar os elétrons. A situação é análoga àquela dos espectros de linhas. (Seção 6.3) Se o comprimento de onda apropriado para excitar os elétrons está na parte visível do espectro eletromagnético, a substância aparecerá colorida: determinados comprimentos de onda de luz branca são absorvidos, outros não são. A luz vermelha de sinais luminosos de tráfego aparece vermelha porque só ela é transmitida através das lentes. Os outros comprimentos de onda da luz visível são absorvidos por elas.

Ao usar a teoria do orbital molecular para discutir as absorções de luz pelas moléculas, podemos nos ater a dois OMs em particular. O *orbital molecular ocupado mais alto* (HOMO) é o OM de energia mais alta que contém elétrons. O *orbital molecular desocupado mais baixo* (LUMO) é o OM de mais baixa energia que contém elétrons. Em  $N_2$ , por exemplo, o HOMO é o OM  $\pi_{2p}$  e o LUMO é o OM  $\pi_{2p}^*$  (Figura 9.41). A diferença de

energia entre o HOMO e o LUMO — conhecida como a lacuna HOMO-LUMO — está relacionada com o mínimo de energia necessário para excitar um elétron em uma molécula. As substâncias incolores ou brancas geralmente têm uma lacuna HOMO-LUMO grande, de maneira que a luz visível não tem energia suficiente para excitar um elétron a um nível mais alto. O mínimo de energia necessário para excitar um elétron em  $N_2$  corresponde à luz com comprimento de onda menor que 200 nm, que é bem distante na parte ultravioleta do espectro (Figura 6.4). Como resultado,  $N_2$  não pode absorver nenhuma luz visível e, por isso, é incolor.

Muitas cores ricas são produzidas por *corantes orgânicos*, moléculas orgânicas que absorvem fortemente comprimentos de onda selecionados de luz visível. Os corantes são mais conhecidos como substâncias usadas para fornecer cores vibrantes aos tecidos. Eles também são utilizados em filmes fotográficos coloridos e em novas aplicações de alta tecnologia, como os discos compactos chamados discos CD-R (Figura 9.45). Em um disco CD-R uma fina camada de corante orgânico transparente é prensada entre uma superfície refletiva e um polímero transparente e rígido. Os dados são 'queimados' no disco CD-R por um laser. Quando o laser atinge a tinta, as moléculas do corante absorvem luz, mudando a estrutura, e tornam-se opacas. A produção seletiva desses

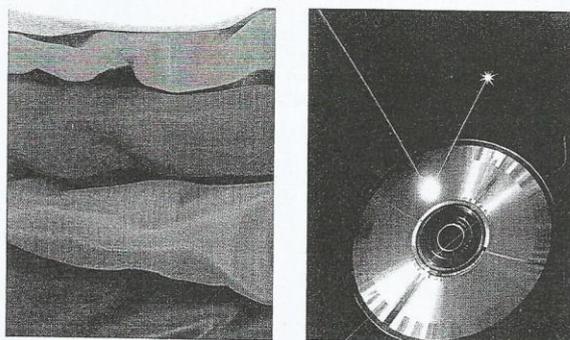
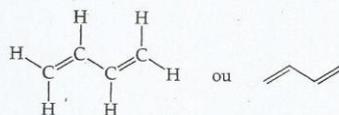


Figura 9.45 Os corantes possuem uma ampla variedade de aplicações importantes, desde o tingimento de tecidos (à esquerda) até a produção de filmes fotográficos e CDs graváveis para o armazenamento de dados digitais (CD-R).

'buracos' opacos no disco CD-R fornece-lhe a capacidade de armazenar dados na forma binária ('transparente' e 'opaco'). Como a estrutura do corante é irreversivelmente alterada quando os dados são escritos no disco, esses dados só podem ser escritos uma vez em qualquer parte determinada do disco.

Os corantes orgânicos contêm extensivamente elétrons  $\pi$  deslocalizados. As moléculas contêm átomos predominantemente hibridizados  $sp^2$ , como os átomos de carbono no benzeno (Figura 9.28). Isso deixa um orbital  $p$  não-hibridizado em cada átomo para formar ligações  $\pi$  com átomos vizinhos. Os orbitais  $p$  estão arranjados de tal forma que os elétrons podem estar deslocalizados pela molécula inteira; dizemos que as ligações  $\pi$  são *conjugadas*. A lacuna HOMO-LUMO em tais moléculas decresce à medida que o número de ligações duplas conjugadas aumenta. O butadieno ( $C_4H_6$ ), por exemplo, tem ligações carbono-carbono duplas e simples alternadas:

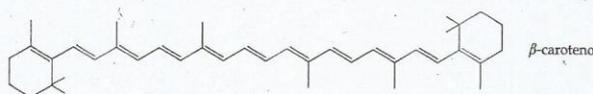


A representação da direita é a notação simplificada que os químicos usam para moléculas orgânicas. Existem átomos de carbono implícitos no final dos três segmentos retos e há,

também, implícitos, átomos de hidrogênio suficientes para perfazer um total de quatro ligações em cada carbono. O butadieno é plano, de forma que os orbitais  $p$  não-hibridizados no carbono estão apontando na mesma direção. Os elétrons  $\pi$  estão deslocalizados entre os quatro átomos de carbono, e diz-se que as duplas ligações estão *conjugadas*.

Como o butadieno tem apenas duas duplas ligações conjugadas, ele tem uma lacuna HOMO-LUMO razoavelmente grande. O butadieno absorve luz a 217 nm, bem dentro da região do ultravioleta do espectro. Portanto, ele é incolor. Se nos mantivermos adicionando novas ligações duplas conjugadas, a lacuna HOMO-LUMO mantém-se em diminuição até que a luz visível seja absorvida. O  $\beta$ -caroteno, por exemplo, é a principal substância responsável pela cor laranja das cenouras.

O  $\beta$ -caroteno contém 11 ligações duplas conjugadas; seus elétrons  $\pi$  estão extensivamente deslocalizados. Ele absorve luz de comprimento de onda de 500 nm, no meio da região do visível do espectro. O corpo humano converte o  $\beta$ -caroteno em vitamina A, que por sua vez é convertida em retinal, um componente da *rodopsina*, encontrado na retina dos olhos. (Veja o quadro "A química e a vida" na Seção 9.6). A absorção de luz visível pela rodopsina é a principal razão pela qual a luz 'visível' é realmente visível. Portanto, parece existir uma boa base para a máxima de que comer cenouras é bom para a visão.



C9

#### COMO FAZER ESPECIAL: Interligando os conceitos

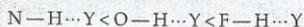
O enxofre elementar é um sólido amarelo que consiste em moléculas de  $S_8$ . A estrutura da molécula de  $S_8$  é um anel de oito membros pregueado (Figura 7.28). O aquecimento de enxofre elementar a altas temperaturas produz moléculas gasosas de  $S_2$ :





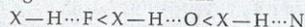
### Um olhar mais de perto Tendências na ligação de hidrogênio

Se a ligação de hidrogênio é resultado de uma interação eletrostática entre o dipolo da ligação X—H e um par de elétrons não compartilhado em outro átomo, Y, a força da ligação de hidrogênio deverá aumentar à proporção que o dipolo da ligação X—H aumentar. Portanto, para o mesmo Y, deveríamos esperar que a força da ligação de hidrogênio aumente na série

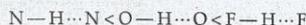


Isso de fato é verdade. Mas qual a propriedade de Y que determina a força da ligação de hidrogênio? O átomo Y deve possuir um par de elétrons não compartilhado que atraia o lado positivo do dipolo da ligação X—H. Esse par de elétrons não deve ser muito difuso no espaço; se os elétrons ocupam um volume muito grande, o dipolo da ligação X—H não sofrerá atração direta muito forte. Por essa razão, a ligação de hidrogênio não é muito forte, a não ser que Y seja um átomo muito pequeno e altamente eletronegativo, especificamente N, O ou F. Entre esses três elementos, a ligação de hi-

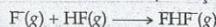
drogênio é mais forte quando o par de elétrons não é atraído *também* fortemente por seu próprio núcleo. A eletronegatividade de Y é uma boa medida desse aspecto. Por exemplo, a eletronegatividade do nitrogênio é menor que a do oxigênio. O nitrogênio é, dessa forma, melhor doador do par de elétrons para a ligação X—H. Para determinada ligação X—H, a ligação de hidrogênio aumenta na ordem:



Quando X e Y são os mesmos, a energia da ligação de hidrogênio aumenta na ordem



Quando o átomo de Y carrega uma carga negativa, o par de elétrons é capaz de formar ligações de hidrogênio especialmente fortes. A ligação de hidrogênio no íon  $\text{F—H}\cdots\text{F}^-$  está entre as mais fortes conhecidas; a reação:



tem valor de  $\Delta H$  de aproximadamente  $-155 \text{ kJ/mol}$ .

#### COMO FAZER 11.2

Em qual das seguintes substâncias é mais provável que a ligação de hidrogênio tenha papel importante na determinação das propriedades físicas: metano ( $\text{CH}_4$ ), hidrazina ( $\text{H}_2\text{NNH}_2$ ), fluoreto de metila ( $\text{CH}_3\text{F}$ ) ou sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ )?

**Solução** Todos esses compostos contêm hidrogênio, mas a ligação de hidrogênio geralmente ocorre quando este está diretamente ligado a N, O ou F. É necessário também que exista um par de elétrons não compartilhado em um átomo eletronegativo (geralmente N, O ou F) em uma molécula vizinha. Esses critérios eliminam  $\text{CH}_4$  e  $\text{H}_2\text{S}$ , que não contêm H ligado a N, O ou F. Eles também eliminam  $\text{CH}_3\text{F}$  cuja estrutura de Lewis mostra um átomo de carbono central rodeado por três átomos de H e um átomo de F. (O carbono sempre forma quatro ligações, enquanto hidrogênio e flúor formam uma ligação cada um.) Como a molécula contém uma ligação C—F e não tem ligação H—F, ela não forma ligações de hidrogênio. Entretanto, em  $\text{H}_2\text{NNH}_2$ , encontramos ligações N—H. Conseqüentemente, existem ligações de hidrogênio entre as moléculas.

#### PRATIQUE

Em qual das seguintes substâncias é possível que a ligação de hidrogênio seja significante: cloreto de metileno ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ), fosfina ( $\text{PH}_3$ ), peróxido de hidrogênio ( $\text{HOOH}$ ) ou acetona ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ )?

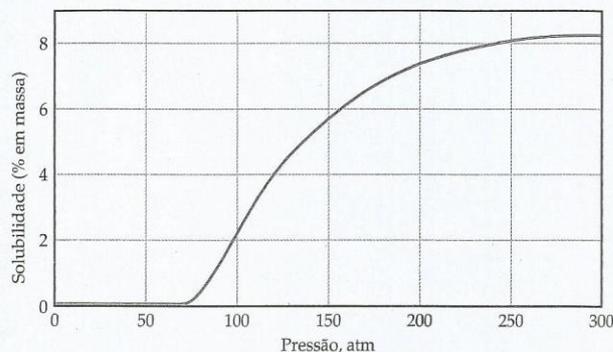
**Resposta:** HOOH

#### Comparando as forças intermoleculares

Podemos identificar as forças intermoleculares que atuam em certa substância considerando as respectivas composição e estrutura. As forças de dispersão são encontradas em todas as substâncias. A intensidade dessas forças aumenta com o aumento da massa molecular e dependem das formas moleculares. As forças dipolo-dipolo adicionam-se ao efeito das forças de dispersão e são encontradas em moléculas polares. As ligações de hidrogênio, que necessitam de átomos de H ligados a F, O ou N, também se adicionam aos efeitos das forças de dispersão. As ligações de hidrogênio tendem a ser o tipo mais forte de força intermolecular. Entretanto, nenhuma dessas forças intermoleculares é tão forte quanto as ligações covalentes e iônicas ordinárias. A Figura 11.12 apresenta uma maneira sistemática de identificar os tipos de forças intermoleculares em um sistema em particular, incluindo as forças íon-dipolo e íon-íon.



**Figura 11.20** A solubilidade do naftaleno ( $C_{10}H_8$ ) em dióxido de carbono supercrítico a  $45^\circ C$ .

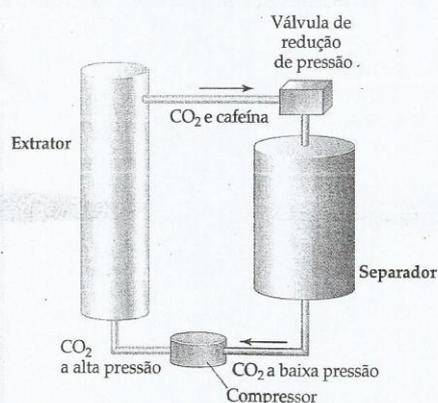


A pressões ordinárias, uma substância acima de sua temperatura crítica comporta-se como um gás ordinário. Entretanto, à medida que a pressão aumenta para várias centenas de atmosferas, seu caráter muda. De modo semelhante ao gás, ela se expande para preencher o limite do recipiente que a contém, mas sua densidade aproxima-se da do líquido. (Por exemplo, a temperatura crítica da água é  $647,6 K$ , e sua pressão crítica é  $217,7 atm$ . A essa temperatura e pressão, a densidade da água é  $0,4 g/mL$ .) Uma substância a temperaturas e pressões mais altas que sua temperatura e pressão críticas é mais bem considerada *fluido supercrítico* em vez de gás.

Como os líquidos, os fluidos supercríticos podem comportar-se como solventes dissolvendo uma enorme variedade de substâncias. Usando *extração por fluidos supercríticos*, os componentes de misturas podem ser separados. O poder de solvente de um fluido supercrítico aumenta à proporção que sua densidade aumenta. Contrariamente, a diminuição da densidade (abaixando a pressão ou aumentando a temperatura) faz com que o fluido supercrítico e o material dissolvido se separem. A Figura 11.20 mostra a solubilidade de um sólido orgânico apolar típico, o naftaleno ( $C_{10}H_8$ ), em dióxido de carbono supercrítico a  $45^\circ C$ . A solubilidade do naftaleno é praticamente zero abaixo da pressão crítica de  $73 atm$ . Entretanto, a solubilidade aumenta rapidamente com o aumento da pressão (dessa forma aumentando a densidade do fluido supercrítico).

Pela manipulação apropriada da pressão, a extração por fluido supercrítico tem sido usada com sucesso para separar misturas complexas nas indústrias química, alimentícia, farmacêutica e de energia. O dióxido de carbono supercrítico, por exemplo, não prejudica o ambiente porque não existem problemas no rejeito de solventes e não existem resíduos tóxicos resultantes do processo. Além disso,  $CO_2$  supercrítico é barato comparado com outros solventes que não sejam água. Um processo para a remoção da cafeína de grãos de café verdes por extração com  $CO_2$  supercrítico,

mostrado no diagrama da Figura 11.21, está em operação comercial há vários anos. A temperatura e pressão apropriadas,  $CO_2$  supercrítico remove a cafeína dos grãos pela dissolução, mas deixa os componentes do sabor e do aroma, produzindo café descafeinado. Outras aplicações da extração por  $CO_2$  supercrítico incluem a extração de elementos essenciais de sabor do lúpulo para uso em fermentação de bebidas e no isolamento dos componentes do sabor de ervas e temperos. (Veja também Seção 18.7.)



**Figura 11.21** Diagrama de processo de extração por fluido supercrítico. O material a ser processado é colocado no extrator. O material desejado dissolve-se em  $CO_2$  supercrítico a alta pressão; a seguir é precipitado no separador quando a pressão de  $CO_2$  for reduzida. O dióxido de carbono é reciclado por compressor com uma quantidade fresca de material no extrator.

**COMO FAZER 11.5**

Use a Figura 11.24 para estimar o ponto de ebulição do éter dietílico sob uma pressão externa de 0,80 atm.

**Solução** O ponto de ebulição é a temperatura na qual a pressão de vapor é igual à pressão externa. A partir da Figura 11.24, vemos que o ponto de ebulição a 0,80 atm é aproximadamente 27 °C, que é próximo da temperatura ambiente. Podemos fazer um frasco de éter dietílico entrar em ebulição à temperatura ambiente usando uma bomba de vácuo para diminuir a pressão acima do líquido para aproximadamente 0,8 atm (80 kPa).

**PRATIQUE**

A qual pressão externa o etanol terá um ponto de ebulição de 60 °C?

**Resposta:** a aproximadamente 0,45 atm.



### Um olhar mais de perto Equação de Clausius–Clapeyron CM

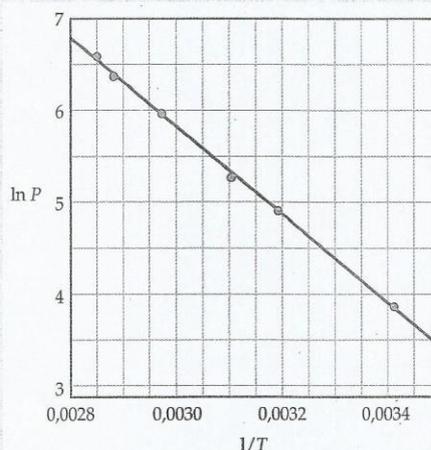
Você deve ter notado que os gráficos da variação da pressão de vapor com a temperatura, mostrados na Figura 11.24, têm formato distinto: cada curva ascende nitidamente para uma pressão de vapor mais alta com o aumento da temperatura. A relação entre pressão de vapor e temperatura é dada por uma equação chamada *equação de Clausius–Clapeyron*:

$$\ln P = -\frac{\Delta H_{\text{vap}}}{RT} + C \quad [11.11]$$

Nessa equação,  $T$  é a temperatura absoluta,  $R$  é a constante dos gases (8,314 J/mol·K),  $\Delta H_{\text{vap}}$  é a entalpia molar de vaporização e  $C$  é uma constante. A equação de Clausius–Clapeyron determina que um gráfico de  $\ln P$  versus  $1/T$  deverá dar uma linha reta com uma inclinação igual a  $-\Delta H_{\text{vap}}/R$ . Portanto, podemos usar tais gráficos para determinar a entalpia de vaporização de uma substância como segue:

$$\Delta H_{\text{vap}} = -\text{inclinação} \times R$$

Como um exemplo da aplicação da equação de Clausius–Clapeyron, os dados da pressão de vapor para o etanol mostrados na Figura 11.24 são colocados em um gráfico de  $\ln P$  versus  $1/T$  na Figura 11.25. Os dados encontram-se em linha reta com uma inclinação negativa. Podemos usar a inclinação da reta para determinar o  $\Delta H_{\text{vap}}$  para o etanol. Podemos também extrapolar a reta para obter os valores para a pressão de vapor do etanol a temperaturas acima e abaixo da faixa de temperaturas dadas.



**Figura 11.25** Aplicação da equação de Clausius–Clapeyron, Equação 11.11, para os dados de pressão de vapor versus temperatura para o etanol. A inclinação da reta é igual a  $-\Delta H_{\text{vap}}/R$ , fornecendo  $\Delta H_{\text{vap}} = 38,56$  kJ/mol.

## 11.6 Diagramas de fases

O equilíbrio entre um líquido e seu vapor não está apenas no equilíbrio dinâmico que pode existir entre os estados da matéria. Sob condições apropriadas de temperatura e pressão, um sólido pode ter equilíbrio com o estado líquido e até mesmo com o gasoso. O **diagrama de fase** é um gráfico que resume as condições de equilíbrio existentes entre os diferentes estados da matéria, além de permitir determinar a fase de uma substância estável em qualquer temperatura e pressão.

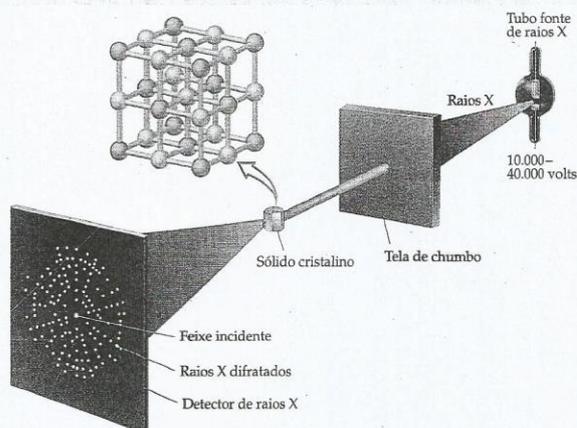
A forma geral de um diagrama de fase para uma substância que exhibe três fases é mostrada na Figura 11.26. O diagrama é um gráfico bidimensional, com pressão e temperatura como eixos. Ele contém três importantes curvas, cada qual representando as condições de temperatura e pressão em que as várias fases podem coexistir em equilíbrio. A única substância presente no sistema é aquela cujo diagrama de fase é examinado. A pressão mostrada no diagrama é a aplicada ao sistema ou gerada pela própria substância. As curvas podem ser descritas da seguinte maneira:



## Um olhar mais de perto Difração de raios X por cristais

CM

**Figura 11.38** Na cristalografia de raios X, um feixe de raios X é difratado por um cristal. O padrão de difração pode ser gravado como pontos onde os raios X chocam-se com um detector, que grava as posições e as intensidades dos pontos.

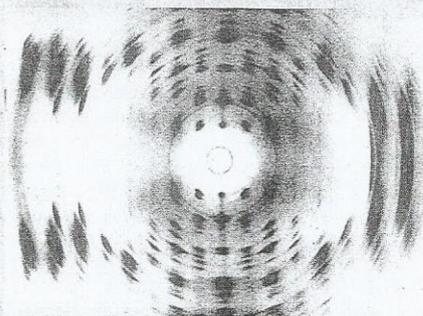


Quando ondas de luz passam por uma fenda estreita, elas são desviadas de tal modo que a onda parece espalhar-se. Esse fenômeno físico é chamado *difração*. Quando a luz passa por muitas fendas estreitas igualmente espaçadas (um *retículo de difração*), as ondas desviadas interagem para formar uma série de bandas de luz e bandas escuras, conhecidas como padrão de difração. A difração de luz mais eficiente ocorre quando o comprimento de onda da luz e a largura das fendas são similares em magnitude.

O espaçamento das camadas de átomos em cristais sólidos é geralmente em torno de 2–20 Å. Os comprimentos de onda dos raios X também são nessa faixa. Portanto, um cristal pode servir como uma grade de difração efetiva para os raios X. A difração de raios X resulta da distribuição de raios X por um arranjo regular de átomos, moléculas ou íons. Muito do que sabemos sobre estruturas cristalinas tem sido obtido por estudos de difração de raios X por cristais, uma técnica conhecida como *cristalografia de raios X*. A Figura 11.38 descreve a difração de um feixe de raios X à medida que ele passa através de um cristal. Os raios X difratados eram detectados antigamente por filme fotográfico. Hoje, os cristalógrafos usam um *detector de raios*, um dispositivo semelhante aos usados em câmaras digitais, para capturar e medir as intensidades dos raios difratados. O padrão de difração de pontos no detector na Figura 11.38 depende do arranjo particular dos átomos no cristal. Assim, diferentes tipos de cristais dão origem a diferentes padrões de difração. Em 1913, os cientistas ingleses William e Lawrence Bragg (pai e filho) determinaram pela primeira vez como o espaçamento das camadas nos cristais leva a diferentes padrões de difração de raios X. Medindo as intensidades dos feixes difratados e dos ângulos nos quais eles são difratados, é possível inferir de frente para trás a estrutura que deve ter dado origem ao padrão. Um dos mais famosos padrões de difração de raios X é aquele para os cristais de material genético de DNA (Figura 11.39), obtido pela primeira vez no início

dos anos 50. Trabalhando a partir de fotografias como essa, Francis Crick, Rosalind Franklin, James Watson e Maurice Wilkins determinaram a estrutura de dupla hélice do DNA, uma das mais importantes descobertas na biologia molecular.

Hoje a cristalografia de raios X é usada extensivamente para determinar as estruturas de moléculas em cristais. Os instrumentos usados para medir a difração de raios X, conhecidos como *difratômetros de raios X*, são agora controlados por computador, fazendo a coleta de dados de difração de maneira altamente automatizada. O padrão de difração de um cristal pode ser determinado com muita exatidão e rapidez (algumas vezes em questão de horas) mesmo que milhares de difrações sejam medidas. Os programas de computador são, então, usados para analisar os dados de difração e determinar o arranjo e a estrutura das moléculas no cristal.



**Figura 11.39** Fotografia de difração de raios X de uma forma cristalina do DNA, tirada no início dos anos 50. A partir do padrão de pontos escuros, a forma de dupla hélice da molécula de DNA foi deduzida.



## Um olhar mais de perto Buckybola

CAM

Até a metade da década de 80 pensava-se que o carbono sólido puro existisse em duas formas: diamante e grafite, que são sólidos covalentes. Em 1985, um grupo de pesquisadores liderados por Richard Smalley e Robert Curl da Universidade de Rice, em Houston, e Harry Kroto da Universidade de Sussex, na Inglaterra, fizeram uma descoberta surpreendente. Eles vaporizaram uma amostra de grafite com um pulso intenso de luz laser e usaram um jato de gás hélio para carregar o carbono vaporizado para dentro de um espectrômetro de massa (veja o quadro "Um olhar mais atento", da Seção 2.4). O espectro de massa mostrou picos correspondendo a aglomerados de átomos de carbono com um pico particularmente forte correspondendo a moléculas compostas de 60 átomos de carbono,  $C_{60}$ .

Como o aglomerado de  $C_{60}$  era formado de maneira tão perfeita, o grupo propôs uma forma radicalmente diferente de carbono, a saber, moléculas de  $C_{60}$  que eram aproximadamente esféricas na forma. Eles propuseram que os átomos de carbono de  $C_{60}$  formam uma 'bola' com 32 faces, das quais 12 são pentágonos e 20 são hexágonos (Figura 11.43), exatamente como uma bola de futebol. A forma dessa molécula é similar ao domo geodésico inventado pelo engenheiro e filósofo norte-americano R. Buckminster Fuller, de forma que  $C_{60}$  foi caprichosamente chamado 'buckminsterfulereno' ou 'buckybola' abreviadamente. Desde a descoberta de  $C_{60}$ , outras moléculas relacionadas de átomos de carbono têm sido descobertas. Elas são agora conhecidas como fulerenos.

Quantidades apreciáveis de buckybola podem ser preparadas por evaporação elétrica de grafite em uma atmosfera

de gás hélio. Aproximadamente 14% da fuligem resultante consiste em  $C_{60}$  e uma molécula relacionada,  $C_{70}$ , que tem uma estrutura mais alongada. Os gases ricos em carbono dos quais  $C_{60}$  e  $C_{70}$  condensam também contêm outros fulerenos, a maioria com mais átomos de carbono como  $C_{76}$  e  $C_{84}$ . O menor fulereno possível,  $C_{20}$ , foi detectado pela primeira vez em 2000. Essa pequena molécula em forma de bola é mais reativa que os fulerenos maiores.

Uma vez que os fulerenos são compostos de moléculas individuais, eles se dissolvem em vários solventes orgânicos, enquanto o diamante ou a grafite não se dissolvem (Figura 11.44). Essa solubilidade permite que os fulerenos sejam separados de outros componentes da fuligem e até mesmo uns dos outros. Ela permite também o estudo de suas reações em solução. O estudo dessas substâncias levou à descoberta de uma química muito interessante. Por exemplo, é possível colocar um átomo metálico dentro de uma buckybola, gerando uma molécula na qual um átomo metálico está completamente circundado pela esfera de carbono. As moléculas de  $C_{60}$  também reagem com o potássio para fornecer  $K_3C_{60}$ , que contém uma rede cúbica de face centrada de buckybas com íons  $K^+$  nas cavidades entre elas. Esse composto é um supercondutor a 18 K (Seção 12.5), sugerindo a possibilidade de que outros fulerenos também possam ter propriedades elétricas, magnéticas ou óticas interessantes. Por suas descobertas e trabalho pioneiro com os fulerenos, os professores Smalley, Curl e Kroto ganharam o Prêmio Nobel em Química de 1996.

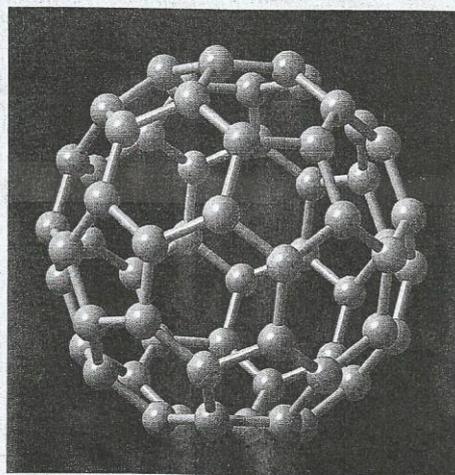


Figura 11.43 A molécula buckminsterfulereno,  $C_{60}$ , tem estrutura altamente simétrica na qual 60 átomos de carbono localizam-se nos vértices do icosaedro truncado – a mesma geometria de uma bola de futebol.

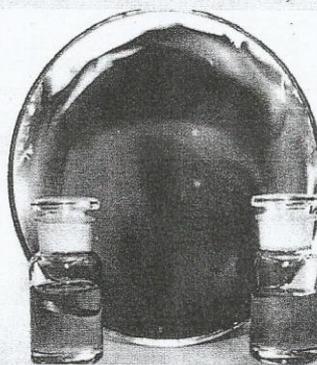


Figura 11.44 Diferentemente do diamante e da grafite, as novas formas moleculares do carbono podem ser dissolvidas em solventes orgânicos. A solução à esquerda (laranja) é uma solução de  $C_{70}$  em *n*-hexano, que é um líquido incolor. A solução à direita (magenta) é uma solução de buckybola,  $C_{60}$ , em *n*-hexano.

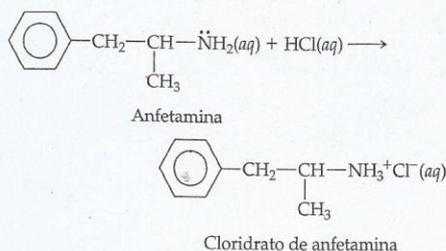


## A química no trabalho Aminas e cloridratos de aminas

C16

Muitas aminas com baixa massa molecular têm odores desagradáveis 'de peixe'. As aminas e  $\text{NH}_3$  são produzidos pela decomposição anaeróbica (ausência de  $\text{O}_2$ ) de animais mortos e matéria vegetal. Duas dessas aminas com odores desagradáveis são  $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$ , conhecida como *putrescina*, e  $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_5\text{NH}_2$ , conhecida como *cadaverina*.

Muitos medicamentos, incluindo quinina, codeína, cafeína e anfetamina (Benzedrina<sup>TM</sup>), são aminas. Como outras aminas, essas substâncias são bases fracas; o nitrogênio da amina é facilmente protonado com tratamento com um ácido. Os produtos resultantes são chamados *sais ácidos*. Se usamos A como abreviatura para uma amina, o sal ácido formado pela reação com o ácido clorídrico pode ser escrito como  $\text{AH}^+\text{Cl}^-$ . É também algumas vezes escrito como  $\text{A}\cdot\text{HCl}$  e chamado cloridrato. O cloridrato de anfetamina, por exemplo, é o sal ácido formado pelo tratamento da anfetamina com HCl:



Tais sais ácidos são muito **menos voláteis**, mais estáveis e geralmente mais solúveis em água que a amina neutra correspondente. Muitos medicamentos que são aminas são vendidos e administrados como **sais ácidos**. Alguns exemplos de medicamentos vendidos **sem receita médica** que contêm cloridratos de aminas como **princípio ativo** são mostrados a seguir.



Figura 16.10 Alguns medicamentos vendidos sem receita médica nos quais um cloridrato de amina é o princípio ativo principal.

### COMO FAZER 16.16

Calcule (a) a constante de dissociação básica,  $K_b$ , para o íon fluoreto ( $\text{F}^-$ ); (b) a constante de dissociação ácida,  $K_a$ , para o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ).

#### Solução

**Análise:** pede-se determinar as constantes de dissociação para  $\text{F}^-$ , a base conjugada de  $\text{HF}$ , e de  $\text{NH}_3^+$ , o ácido conjugado de  $\text{NH}_3$ .

**Planejamento:** apesar de nem  $\text{F}^-$  nem  $\text{NH}_4^+$  aparecerem nas tabelas, podemos encontrar os valores tabelados para as constantes de ionização para  $\text{HF}$  e  $\text{NH}_3$ , e usar a relação entre  $K_a$  e  $K_b$  para calcular as constantes de ionização para cada um dos conjugados.

**Resolução:** (a)  $K_a$  para o ácido fraco,  $\text{HF}$ , é dado na Tabela 16.2 e no Apêndice D como  $K_a = 6,8 \times 10^{-4}$ . Podemos usar a Equação 16.40 para calcular  $K_b$  para a base conjugada,  $\text{F}^-$ :

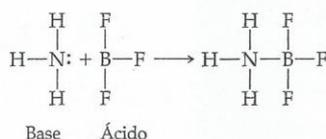
$$K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1,0 \times 10^{-14}}{6,8 \times 10^{-4}} = 1,5 \times 10^{-11}$$

(b)  $K_b$  para  $\text{NH}_3$  é listado na Tabela 16.4 e no Apêndice D como  $K_b = 1,8 \times 10^{-5}$ . Usando a Equação 16.40, podemos calcular  $K_a$  para o ácido conjugado,  $\text{NH}_4^+$ :

$$K_a = \frac{K_w}{K_b} = \frac{1,0 \times 10^{-14}}{1,8 \times 10^{-5}} = 5,6 \times 10^{-10}$$

#### PRATIQUE

(a) Qual dos seguintes ânions tem a maior constante de dissociação básica:  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  ou  $\text{N}_3^-$ ? (b) A base quinolina tem a seguinte estrutura:

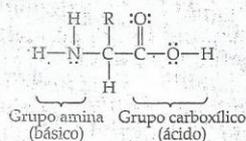


A ênfase deste capítulo tem sido na água como solvente e no próton como fonte de propriedades ácidas. Em tais casos achamos a definição de ácidos e bases de Brønsted-Lowry a mais útil. De fato, quando falamos de uma substância como sendo ácida ou básica, geralmente pensamos em soluções aquosas e usamos os termos no sentido de Arrhenius ou Brønsted-Lowry. A vantagem da teoria de Lewis é que ela nos permite tratar maior variedade de

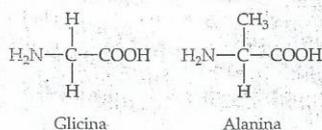


### A química e a vida Comportamento anfótero dos aminoácidos

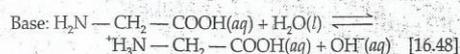
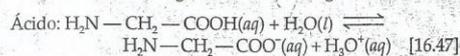
Os aminoácidos são as unidades básicas das proteínas. A estrutura geral dos aminoácidos é mostrada aqui, onde diferentes aminoácidos têm diferentes grupos R ligados ao átomo de carbono central.



Por exemplo, na *glicina*, que é o aminoácido mais simples, R é um átomo de hidrogênio, enquanto na *alanina* R é um grupo CH<sub>3</sub>.

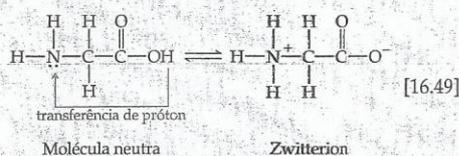


Os aminoácidos contêm um grupo carboxílico e podem, portanto, servir como ácidos. Também contêm um grupo NH<sub>2</sub>, característico de aminas (Seção 16.7), podendo assim atuar como bases. Os aminoácidos, conseqüentemente, são anfóteros. Para a glicina, poderíamos esperar que as reações ácida e básica com a água fossem como seguem:



O pH de uma solução de glicina em água é em torno de 6,0, indicando que ela é um ácido ligeiramente mais forte que uma base.

Entretanto, a química ácido-base dos aminoácidos é algo mais complicado do que está mostrado nas equações 16.47 e 16.48. Como COOH pode atuar como um ácido e o grupo NH<sub>2</sub> pode atuar como uma base, os aminoácidos sofrem uma reação ácido-base de Brønsted-Lowry 'interna' na qual o próton do grupo carboxílico é transferido para o átomo de nitrogênio:



Apesar de a forma do aminoácido à direita da Equação 16.49 ser eletricamente neutra como um todo, ela tem uma ponta carregada positivamente e outra carregada negativamente. Uma molécula desse tipo é chamada *zwitterion* (do alemão 'íon híbrido').

Os aminoácidos apresentam quaisquer propriedades que indicam comportamento como o de zwitterions? Se apresentarem, eles devem se comportar de maneira análoga às substâncias iônicas. (Seção 8.2) Os aminoácidos cristalinos (Figura 16.14) têm pontos de fusão relativamente altos, em geral acima de 200 °C, característico dos sólidos iônicos. Os aminoácidos são muito mais solúveis em água que em solventes apolares. Além disso, os momentos de dipolo dos aminoácidos são grandes, coerentes com grande separação de cargas na molécula. Portanto, a habilidade de os aminoácidos agirem simultaneamente como ácidos e como bases tem importante efeito em suas propriedades.



Figura 16.14 Lisina, um dos aminoácidos encontrados nas proteínas, está disponível como suplemento alimentar.



## A química e a vida Batimentos cardíacos e eletrocardiograma

C 20

O coração humano é uma maravilha de eficiência e segurança. Em um dia normal o coração de um adulto bombeia mais de 7 mil L de sangue pelo sistema circulatório, normalmente sem nenhuma necessidade de manutenção além de uma dieta e estilo de vida sensatos. Geralmente pensamos no coração como um dispositivo mecânico, um músculo que circula o sangue via contrações musculares regularmente espaçadas. Entretanto, há mais de dois séculos, dois pioneiros em eletricidade, Luigi Galvani (1729–1787) e Alessandro Volta (1745–1827), descobriram que as contrações do coração são controladas por fenômenos elétricos, da mesma forma que os impulsos nervosos pelo corpo são controlados. Os pulsos de eletricidade que fazem com que o coração bata resultam de uma combinação notável da eletroquímica e das propriedades das membranas semipermeáveis. (Seção 13.5)

As paredes da célula são membranas com permeabilidades variáveis em relação ao número de íons fisiologicamente importantes (especialmente  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$ ). As concentrações desses íons são diferentes para os fluidos dentro das células (o fluido intracelular, ou FIC) e fora das células (o fluido extracelular, ou FEC). Nas células dos músculos cardíacos, por exemplo, as concentrações de  $\text{K}^+$  no FIC e no FEC normalmente são 135 mmol/L e 4 mmol/L, respectivamente. Entretanto, para  $\text{Na}^+$ , a diferença de concentração entre FIC e FEC é o contrário daquela para  $\text{K}^+$ ; normalmente,  $[\text{Na}^+]_{\text{FIC}} = 10 \text{ mmol/L}$  e  $[\text{Na}^+]_{\text{FEC}} = 145 \text{ mmol/L}$ .

A membrana da célula é inicialmente permeável aos íons  $\text{K}^+$ , mas muito menos aos  $\text{Na}^+$  e aos  $\text{Ca}^{2+}$ . A diferença na concentração de íons  $\text{K}^+$  entre o FIC e o FEC gera uma pilha de concentração: apesar de os mesmos íons estarem presentes em ambos os lados da membrana, existe uma diferença de potencial entre os fluidos que podemos calcular usando a equação de Nernst com  $E^\circ = 0$ . Na temperatura fisiológica ( $37^\circ\text{C}$ ) o potencial em milivolts para mover  $\text{K}^+$  de FEC para FIC é:

$$E = E^\circ - \frac{2,30RT}{nF} \log \frac{[\text{K}^+]_{\text{FIC}}}{[\text{K}^+]_{\text{FEC}}}$$

$$= 0 - (61,5 \text{ mV}) \log \left( \frac{135 \text{ mmol/L}}{4 \text{ mmol/L}} \right) = -94 \text{ mV}$$

Em suma, o interior da célula e o FEC juntos funcionam como uma célula voltaica. O sinal negativo do potencial indica que se necessita de trabalho para mover  $\text{K}^+$  para dentro do fluido intracelular.

As variações nas concentrações relativas dos íons no FEC e em FIC levam a variações na fem da célula voltaica. As células do coração que controlam a taxa de contração do coração são chamadas de células marcapasso. As membranas das células regulam as concentrações de íons no FIC, permitindo variar de maneira sistemática. As variações de con-

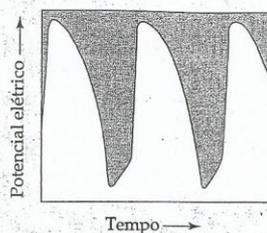


Figura 20.17 Variação do potencial elétrico causado pelas variações das concentrações dos íons nas células marcapasso do coração.

centração fazem com que a fem varie de uma forma, como mostrado na Figura 20.17. O ciclo da fem determina a velocidade na qual o coração bate. Se as células marcapasso não funcionam direito por causa de uma doença ou ferimento, um marcapasso artificial pode ser implantado cirurgicamente. O marcapasso artificial é uma pequena bateria que gera os pulsos elétricos necessários para disparar as contrações do coração.

No final do século XIX os cientistas descobriram que os impulsos elétricos que provocam a contração dos músculos do coração são fortes o suficiente para ser detectados na superfície do corpo. Essa observação formou a base para a *eletrocardiografia*, o monitoramento não-invasivo do coração usando uma rede complexa de eletrodos na pele para medir a variação de voltagem durante as batidas do coração. Um eletrocardiograma normal é mostrado na Figura 20.18. É bastante impressionante que, apesar de a principal função do coração ser o bombeamento mecânico do sangue, ele é muito mais facilmente monitorado quando são utilizados os impulsos elétricos gerados pelas minúsculas células voltaicas.

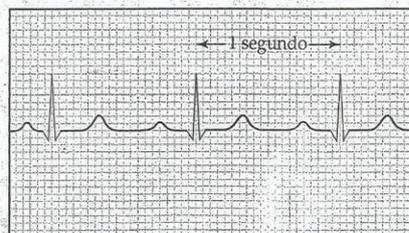


Figura 20.18 Uma impressão de eletrocardiograma (ECG) registra os eventos elétricos monitorados pelos eletrodos ligados à superfície do corpo. O eixo horizontal é o tempo, e o deslocamento vertical, a fem.