



**SARITA MALKA KULYSZ FATUCH**

**OS PARADIGMAS EMERGENTES E A PRÁTICA PEDAGÓGICA DO  
PROFESSOR DE QUÍMICA NA UNIVERSIDADE**

Dissertação apresentada à Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Educação, sob a orientação da Prof.(a) Dr.(a) Marilda Aparecida Behrens.

**CURITIBA**  
1999



**ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE EXAME DE DISSERTAÇÃO DO CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO, DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ.**

Exame de Dissertação n.º 160

Aos vinte e quatro dias do mês de junho de um mil novecentos e noventa e nove, realizou-se a sessão pública de defesa de dissertação "OS PARADIGMAS EMERGENTES E A PRÁTICA PEDAGÓGICA DO PROFESSOR DE QUÍMICA NA UNIVERSIDADE", apresentada por **Sarita Malka Kulysz Fatuch**, ano de ingresso 1996 para obtenção do título de Mestre. A Banca Examinadora foi composta pelos seguintes professores:

MEMBROS DA BANCA	ASSINATURA
Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Marilda Aparecida Behrens	
Prof. Dr. Valdo José Cavallet	
Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Léa das Graças Camargos Anastasiou	

De acordo com as normas regimentais a Banca Examinadora deliberou sobre os conceitos a serem atribuídos e que foram os seguintes:

Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Marilda Aparecida Behrens	Conceito <u>  A  </u>
Prof. Dr. Valdo José Cavallet	Conceito <u>  A  </u>
Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Léa das Graças Camargos Anastasiou	Conceito <u>  A  </u>
	<b>Conceito Final</b> <u>  A  </u>

Observações da Banca Examinadora:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Amélia Sabbag Zainko**  
**Diretora da Área de Educação**  
**Coordenadora do Curso de Mestrado em Educação**

Dedico este trabalho à memória de Eduardo B., cuja ausência me mostrou a fragilidade do ser humano, a dor, a humildade e a relatividade do tempo.

## AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Não seria justo apontar o mérito deste trabalho de pesquisa a um aluno ou a um mestre. Na realidade, as idéias foram sendo desenvolvidas durante todo o Mestrado de Educação, com a participação de colegas e professores em debates e assuntos nunca antes despertados.

A inspiração perpassa momentos muito especiais que nos fazem valorizar ainda mais um banco escolar em cada fase de nossas vidas.

Agradeço a colaboração da minha família em todos os momentos, mas em especial, agradeço aos meus pais pelo alento à cultura, herança de nossos avós.

Especialmente também gostaria de agradecer à Professora Doutora Marilda Aparecida Behrens, que muito mais do que orientadora competente, foi sempre amiga em todos os momentos.

Ao Departamento de Química que tornou possível esta etapa, agradeço carinhosamente ao Doutor Alsedo Leprevost e ao Doutor Sérgio Vaz.

À Solange, secretária do Mestrado, competente, simpática, sempre atendendo a todos com muita dedicação e carinho.

Aos alunos, agradeço a colaboração e aprendizagem mútuas.

Aos colegas, minha admiração e saudades deste convívio.

E finalmente, agradeço à Rosemari Sampaio, secretária da minha casa, sem a qual nenhum trabalho seria possível, pois sempre atendeu a casa e aos meus filhos com afinho e dedicação, nos momentos em que freqüentava as aulas deste curso de Mestrado.

## RESUMO

O presente trabalho de pesquisa traz uma reflexão sobre a Química, sua história e seu papel no dia-a-dia das pessoas. Passando pela “Nutrição Humana”, relaciona-se a Bioquímica à energia liberada pelos alimentos consumidos e a sua utilização nos seres vivos.

Para facilitar a compreensão da Química e Bioquímica envolvidas nos processos fisiológicos, foi desenvolvida uma proposta metodológica que visa aliar a prática pedagógica da abordagem progressista e do ensino com pesquisa na Educação Superior sob a ótica holística. Desta maneira pretende-se articular esta proposta na busca de referenciais químicos e bioquímicos no cotidiano.

Nesta perspectiva do ensino com pesquisa, pretende-se trabalhar para uma educação que leve à autonomia, à independência intelectual e social, à reflexão crítica, à análise e à ação. A visão holística mostra a integração entre os seres dentro de um equilíbrio gerado entre a energia e a matéria, analisando sempre um contexto como produto a ser construído e reconstruído, jamais pronto e acabado. A abordagem progressista prevê o rigor, a transformação da realidade visando melhorá-la cada vez mais.

Baseando-se no paradigma chamado de emergente ou inovador, a proposta metodológica sugerida pela autora contempla o aprender a aprender, onde os alunos produzem textos com identidade própria, individual e coletivamente, articulando as disciplinas a serem cursadas às suas futuras profissões. O resultado é surpreendente e gratificante, pois professor e alunos aprendem uns com os outros, debatem e tentam juntos resolver problemas comuns através de discussão dialógica.

## RESUMO

O presente trabalho de pesquisa traz uma reflexão sobre a Química, sua história e seu papel no dia-a-dia das pessoas. Passando pela “Nutrição Humana”, relaciona-se a Bioquímica à energia liberada pelos alimentos consumidos e a sua utilização nos seres vivos.

Para facilitar a compreensão da Química e Bioquímica envolvidas nos processos fisiológicos, foi desenvolvida uma proposta metodológica que visa aliar a prática pedagógica da abordagem progressista e do ensino com pesquisa na Educação Superior sob a ótica holística. Desta maneira pretende-se articular esta proposta na busca de referenciais químicos e bioquímicos no cotidiano.

Nesta perspectiva do ensino com pesquisa, pretende-se trabalhar para uma educação que leve à autonomia, à independência intelectual e social, à reflexão crítica, à análise e à ação. A visão holística mostra a integração entre os seres dentro de um equilíbrio gerado entre a energia e a matéria, analisando sempre um contexto como produto a ser construído e reconstruído, jamais pronto e acabado. A abordagem progressista prevê o rigor, a transformação da realidade visando melhorá-la cada vez mais.

Baseando-se no paradigma chamado de emergente ou inovador, a proposta metodológica sugerida pela autora contempla o aprender a aprender, onde os alunos produzem textos com identidade própria, individual e coletivamente, articulando as disciplinas a serem cursadas às suas futuras profissões. O resultado é surpreendente e gratificante, pois professor e alunos aprendem uns com os outros, debatem e tentam juntos resolver problemas comuns através de discussão dialógica.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	iv
CAPÍTULO 1 –	
Introdução.....	1
1. Reflexões sobre a Química.....	2
1.1 Histórico de minha prática pedagógica.....	6
1.2 Definição e delimitação do problema.....	10
1.2.1 Objetivo Geral.....	10
1.2.2 Objetivos Específicos.....	10
1.3 Justificativa.....	11
1.3.1 Contribuições teórico-práticas.....	16
1.4 Metodologia.....	20
1.4.1 Fases da pesquisa na proposta de trabalho pedagógico.....	23
CAPÍTULO 2 –	
2.0 Algumas considerações sobre a Química.....	27
2.1 Breve Histórico da Química contextualizado na História das Ciências.....	28
2.1.1 Ciências Antigas do Oriente.....	28
2.1.1.1 Origem da alquimia.....	31
2.1.2 Idade Média.....	32
2.1.3 Renascimento.....	33
2.1.4 A Ciência Moderna.....	34
2.2 Breve histórico da Bioquímica.....	38
2.2.1 Século XIX.....	39
2.2.2 Século XX.....	40
CAPÍTULO 3 –	
3.1 Nutrição humana e suas implicações na aprendizagem da Química.....	45
3.2 Nutrientes.....	49
3.2.1 Carboidratos.....	49
3.2.1.1 Papel dos carboidratos no organismo.....	51
3.2.2 Gorduras.....	52
3.2.3 Proteínas.....	53
3.3 Vitaminas, minerais e a água.....	54
3.4 Alimento e Energia.....	55
3.4.1 Energia do catabolismo dos açúcares.....	59
3.4.1.2 Formação do ácido láctico.....	60
3.4.2 Energia dos lipídios (gorduras).....	61
3.4.3 Energia das proteínas.....	62
3.5 Interconversões entre metabolismo de carboidratos, gorduras e proteínas.....	63
CAPÍTULO 4 –	
4.0 O desafio do ensino de Química.....	64
4.1 Crise nas Ciências.....	64

4.2 A Ciência Clássica.....	66
4.3 A Ciência do Complexo.....	70
4.4 Do ser ao devir.....	73
4.5 Crise na Educação.....	74
4.6 Abordagens Emergentes.....	76
4.6.1 Visão Holística.....	78
4.6.2 Abordagem Progressista.....	83
4.6.2.1 O aluno na abordagem progressista.....	87
4.6.2.2 O professor na abordagem progressista.....	88
4.6.2.3 A metodologia na abordagem progressista.....	89
4.6.2.4 A escola no ensino progressista.....	90
4.6.2.5 A avaliação na abordagem progressista.....	90
4.6.3 Ensino com Pesquisa.....	91
4.6.3.1 O aluno na perspectiva do Ensino com Pesquisa.....	97
4.6.3.2 O professor no Ensino com Pesquisa.....	98
4.6.3.3 A metodologia do Ensino com Pesquisa.....	99
4.6.3.5 A escola na perspectiva do Ensino com Pesquisa.....	101
4.6.3.5 A avaliação na ótica do Ensino com Pesquisa.....	101
4.6.4 Aspectos metodológicos do Ensino com pesquisa numa abordagem progressista e numa visão holística no Ensino de Química e Bioquímica.....	102
4.6.4.1 O aluno e a aprendizagem.....	102
4.6.4.2 O desafio do professor.....	104
4.6.4.3 Importância das Ciências Naturais.....	104
4.6.5 A seleção dos conteúdos da disciplina.....	105
4.6.6 Proposição metodológica.....	109
CAPÍTULO 5 –	
5.0 O caminho percorrido na pesquisa.....	112
5.1 A opção pela pesquisa qualitativa.....	113
5.2 Sujeitos envolvidos e a Instituição.....	114
5.3 Fases da pesquisa na proposta de trabalho pedagógico.....	115
5.4 A avaliação da metodologia dos paradigmas emergentes na opinião dos alunos.....	122
CAPÍTULO 6 –	
6.0 Considerações Finais.....	141
ANEXO 01 - Instrumento de avaliação da metodologia empregada.....	148
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	149

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### Química : um jogo da natureza

Esta metáfora representa o papel da Química em nossas vidas. Ciência das transformações, a Química é codificada por elementos já relacionados em uma tabela, de acordo com os seus números atômicos. Uma simples tabela?

Não, uma tabela ordenada de tal maneira que as propriedades de seus elementos químicos assemelham-se periodicamente. Um exaustivo trabalho, porém a regra de um jogo, de cujas reações obtém-se produtos. Através da Química e das propriedades físicas de átomos e moléculas, pode-se prever produtos.

A natureza contém todos os peões e dados deste jogo e aos cientistas e homens comuns, cabe o papel de decifrar estas regras e seus signos. O homem é pura química, composto por proteínas, lipídios, carboidratos, água, sais minerais, vitaminas, ácidos nucleicos e elementos inorgânicos também. Veste-se de pura química, tal qual o é, e muitas vezes não se dá conta de que seus sonhos, emoções e reações orgânicas são um misto de Bioquímica e de Metafísica. Transpõe os seus limites no afã de descobrir seus símbolos e mergulha num oceano repleto de novas paisagens.

Como acompanhar a caminhada de um aluno, mostrando-lhe que nossa breve estada na Terra pode ser transformada num belíssimo passeio pelas entranhas das Ciências Naturais?

Quem são os participantes desta partida? Certamente alunos, professores, escolas, homens comuns e as cartas são os sujeitos da natureza. Cabe ao participante a melhor estratégia de manejá-los para chegar ao fim do jogo.

A presente pesquisa tem como objeto a prática pedagógica do estudo da Bioquímica e da Química em seu contexto teórico e prático no Ensino Superior. Pretende-se focar a realidade da Química no ensino brasileiro, a sua conexão com o cotidiano e a importância desta área do conhecimento na formação de cidadãos mais críticos e responsáveis pelo futuro do planeta.

## **1. REFLEXÕES SOBRE A QUÍMICA**

A atual população mundial, com um crescimento demográfico vertiginoso, requer mais e melhores produtos a cada dia. "A Química é o estudo das propriedades, da composição e da estrutura da matéria, de mudanças que nela ocorrem e da energia liberada ou consumida durante essas modificações" (QUAGLIANO e VILLARINO, 1994, p.3).

Cabe, portanto, ao químico a responsabilidade pela qualidade dos produtos. E é essa busca pela qualidade que conceitua a Química como uma Ciência que tende a favorecer o progresso da humanidade, desvendando as leis naturais que regem as transformações da matéria. Disso decorre a tecnologia química, que é a soma do conhecimento, permitindo a promoção e o domínio dos fenômenos que obedecem a essas leis para um sistemático usufruto e benefício do homem.

No intuito de desenvolver os conhecimentos científicos cada vez mais na área de Química, é que se precisa aprofundá-los, estudando e buscando o desenvolvimento de novas técnicas, sempre preparados para reformular conceitos estabelecidos, uma vez que "Química é transformação". Assim, é preciso analisar a função da Química na busca da melhoria na qualidade de vida, em resposta à grande variedade de produtos, que nem sempre visam o bem da natureza.

O Brasil tem hoje um grande potencial em indústria Química instalada, demonstrando que há uma grande necessidade de pessoal com capacitação química especializada .

Faz-se necessário diferenciar ciência e técnica. A ciência moderna e contemporânea transforma a técnica em tecnologia. As ciências passaram a fazer parte das forças econômicas e produtivas da sociedade e trouxeram mudanças sociais consideráveis. CHAUI escreve:

"Por não percebermos o poderio econômico das ciências, lutamos para ter acesso, para possuir e consumir os objetos tecnológicos, mas não lutamos pelo direito de acesso tanto aos conhecimentos como às pesquisas científicas, nem lutamos pelo direito de decidir seu modo de inserção na vida econômica e política de uma sociedade" (1995, p.285 ).

Para entender a caminhada da Química é preciso sobretudo voltar à sua história para descobrir alguns fenômenos importantes que revelem a sua essência e que talvez também a ocultem. Precisamos refletir para tentarmos nos sobrepor ao nosso desafio. O que é refletir, senão voltar atrás? Revisar, vasculhar nos dados disponíveis, algo que nos traga algum significado, alguma busca e nos leve além.

Viajemos pela Química, valorizando a interdependência existente entre a evolução dos diversos ramos de atividade humana e outros aspectos da história das civilizações. A história das ciências possui um valor muito

especial para o homem de ciência que não pode ignorar o suporte de seus precursores e a filiação de grandes correntes do pensamento científico. Insere-se no domínio da história geral, ao lado da política, economia e sociedade, e aparece até os dias de hoje como um dos capítulos mais importantes da história cultural da humanidade, na fronteira das Ciências Humanas, Sociais e Exatas.

Através dos séculos foram muitos os estudiosos que tentaram desvendar os mistérios das moléculas. Porém, com a Revolução Industrial, na terceira parte do séc. XVIII na Inglaterra, começa uma Nova Era. Com o advento da máquina a vapor e com a associação a esta do movimento circular, acontece a mais decisiva interferência da ciência na indústria e a energia passa a unificar este relacionamento. No séc. XIX consolida-se a ciência e é o grande século da Química, que já começa a interagir com o meio vivo. Ocorrem inúmeros avanços e a nomenclatura lavoisieriana da Química é aceita internacionalmente, junto com a classificação periódica dos elementos. Paralelamente, a Física teve avanços extraordinários e o ápice foi a nova noção do *quantum* de energia estabelecida por Albert Einstein, que mostra a existência de uma interconversão entre matéria e energia. Geralmente as mudanças químicas envolvem liberação ou absorção de energia. Como a Química é uma Ciência de transformação, suas verdades não são eternas. Mostram que o paradigma da interdisciplinaridade sobre uma ótica holística é a própria história da Química no âmbito das Ciências. Estas caminham juntas num universo amplo onde o grande impulsionador desta energia é o próprio homem. Cabe pois a ele, como cientista e como ser humano fazer a real ligação entre homens e moléculas.

A técnica é um componente da cultura tão antigo quanto esta. Possui uma relação simbiótica com a ciência. Mas esta relação está intimamente ligada com a atividade humana no sentido de preservação do nosso maior patrimônio, que é a “mãe natureza”. O homem oriental desde a Idade Antiga já se preocupava com a harmonia e o equilíbrio. Esta é a regra básica que rege o Universo.

É preciso sempre refletir sobre os caminhos da Ciência e da tecnologia para que se direcionem para o bem. Os reflexos negativos sobre o ecossistema nos anos pós guerra podem ser exemplificados pelos EUA, que ganharam junto com a guerra o acesso às mais avançadas tecnologias dos países derrotados. A tecnologia direcionou o desenvolvimento da sociedade de consumo, entrando em nossas casas em todos os aspectos como vestuário, alimentação e lazer. Os resíduos desta produção sem limites lançou aos rios e ao ar, poluentes cujos prejuízos são ainda incalculáveis.

BOYLE e ELLIOT, citado por GUERRERO; ACOSTA-HOYOS (1985, p.10) caracterizam este desencontro ecológico como o primeiro grande conflito criado pelo avanço tecnológico do nosso tempo. Todo pesquisador deve lançar mão da ciência e tecnologia de sua época, mas como cidadão não pode jamais esquecer do conflito ético, ou seja, para quem faz esta ciência e se esta é realmente direcionada para o bem da sociedade. Espera-se, segundo GUERRERO; ACOSTA-HOYOS (1985, p.17), que a Revolução pós-Industrial atinja melhores índices de qualidade de vida para o planeta Terra. Porém, cada país tem sua própria realidade e sabe-se que são bastante contraditórias. Não se pode esperar um perfil único para os continentes. Cabe ao homem cientista inserir-se profundamente no seu

contexto de atuação e batalhar pela verdade e justiça da sociedade do mundo em que vive e no qual viverão as próximas gerações.

O aluno precisa relacionar a Química no seu dia-a-dia, pois ele come, pensa, mora, respira, veste e transporta-se realizando processos químicos e bioquímicos ininterruptamente. A Química não é algo que apenas polui e traz catástrofes para a natureza, como tem sido veiculado pela imprensa. O ser humano precisa ter o mínimo de conhecimento em Química para posicionar-se diante dos inúmeros problemas da vida, instrumentalizando-se para exigir os benefícios da aplicação do conhecimento químico para toda a sociedade. Pode-se exemplificar isto quanto aos problemas de: poluição, recursos energéticos, reservas minerais usadas indiscriminadamente e a falta de rigor na legislação que aceita tantas barbaridades cometidas contra o homem e a natureza.

### **1.1 - Histórico de minha prática pedagógica**

A nossa experiência como professora iniciou-se ao optar pela docência em aulas particulares de Química desde o tempo em que estudamos na Universidade Federal do Paraná, no curso de Engenharia Química. São vinte anos de aprendizado com alunos, como professora e sempre como aluna. Entendemos que exercendo os dois papéis praticamente durante todo este tempo na graduação, especialização, mestrado e no trabalho é que se tem a real dimensão da troca.

Nos tempos escolares, ainda no Ensino Fundamental, a educação tinha traços tecnicistas bastante acentuados. Porém, as discussões,

redações, passeios, pesquisas, concursos, etc, eram bastante estimulados na nossa escola. Tínhamos autonomia para desenvolver projetos de pesquisa, e ainda criança ganhamos prêmios na Feira Municipal de Ciências (FEMUCI) e alguns a nível estadual e nacional.

No Ensino Médio, em escola particular, porém com muitos alunos, de repente o todo foi se restringindo à alternativas e (x), quando o excesso de matéria tornou-se “suco” para o vestibular.

Ao ingressar na universidade, após viagem de um ano de estudos em *kibutz*, nossa leitura de mundo era diferente da grande maioria. A Engenharia Química, curso que escolhemos para a formação profissional, tinha uma visão abrangente, mas a falta de base filosófica e epistemológica, tornou o curso extremamente fragmentado e descontextualizado, dentro de um paradigma absolutamente positivista.

Ingressamos há quatro anos na PUC-Pr para lecionar a disciplina de Química Geral e Inorgânica para o curso de Engenharia de Alimentos. Concomitantemente começamos a ministrar aulas de Bioquímica para o Curso de Educação Física e a cursar uma especialização em Didática do Ensino Superior. Assim é que ao partir para o ensino de Educação Superior, tivemos uma bagagem bastante oportuna e cada aula era de fato, um novo desafio. Portanto, logo no início já havíamos estudado sobre os paradigmas que permearam a Educação, o seu contexto neste conturbado século XX e havíamos aliado estes conhecimentos à epistemologia, estudo de currículos e avaliações. Resultando então numa Química vista por um prisma antes desconhecido, provida de história e contextualizada, uma Química que transcende ao tempo e que dirige o progresso do homem. Após alguns anos

de trabalho como engenheira química em indústria, começamos no entanto, uma nova fase, não mais como engenheira, mas como professora. Descobrimos um lado novo, instigante e contemplativo da Química no mundo. A interdisciplinaridade logo fez sentido, somando-se a todas as outras experiências de vida. Sentimo-nos como que montando um quebra-cabeça, e nesta busca aprendemos a realmente “amar” a Ciência, que ainda adolescente escolhemos como objeto de estudo. Não negando a Escola tradicional, em cuja academia nos formamos, mas aliando-a a um processo de valorização do ser humano e de seu conjunto como participante do processo, como parceiros de fato, professores e alunos juntos podem construir muito conhecimento, empenhando-se com base em uma Educação progressista, com ensino aliado à pesquisa, numa dimensão holística, portanto, interdisciplinar.

Não descartando as boas idéias de todas as escolas, mas sonhando com uma que abranja o ser humano como um todo, não foi difícil simpatizarmos com a Escola Progressista. Assim, espera-se que a Química seja conduzida para a melhoria da qualidade de vida de toda a sociedade. A Química nos traz parâmetros no dia-a-dia, com os quais convivemos e geralmente desconhecemos. No entanto, uma pedagogia mais crítica nos teria tornado mais curiosos, cientistas, observadores, indagadores e lúcidos. Uma Química com pesquisa permanente, significativa para os alunos tentando diminuir a dicotomia entre a teoria e a prática, teria nos tornado mais conhecedores das coisas simples e mais atraídos pela Ciência.

É este o grande desafio como professora, utilizar-se dos recursos disponíveis, tornando a Química uma prática do dia-a-dia, prazerosa, curiosa e com significados do mundo.

Não podemos pensar em mudar o mundo, se não levarmos em conta a sua história, a história da escola e a história daqueles que compõem o universo escolar (seja ele em qualquer estágio).

Vale-nos da experiência de aulas teóricas e práticas, aumentando o contato com os alunos e tornando-os pessoais, uma vez que a aula prática, com menos alunos, possibilita um relacionamento mais individualizado entre suas equipes. Assim, pretende-se em cada aula do curso, fazer uma ligação entre o estudo da Química e o cotidiano. Algumas aulas contemplam a exposição teórica, embora jamais centrando o discurso na voz apenas do professor. Temos ainda muito a caminhar, mas dentro das nossas possibilidades, tentamos fazer o melhor, aliando o estudo com pesquisas paralelas e permanentes.

Buscamos identificar a dificuldade da relação ensino-aprendizagem de Química com alunos do Ensino Superior, para o melhor entendimento das relações que cercam o mundo.

Atualmente estamos lecionando a disciplina de Bioquímica para os cursos de Fisioterapia e Educação Física.

## 1.2- DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

O presente projeto de pesquisa tem como problema o seguinte desafio:

**“Como aliar a prática pedagógica da abordagem progressista e do ensino com pesquisa na Educação Superior, numa visão holística como articuladora na busca de referenciais da Química no cotidiano”?**

A preocupação com a formação de jovens mais críticos não é uma preocupação exclusiva dos professores brasileiros. A questão de como diminuir a dicotomia entre a formação e a realidade da Química atinge a todos os profissionais da área. Dá-se conta do poderio que se tem nas mãos quando começam as atividades profissionais de professor. Este trabalho de pesquisa desenvolver-se-á durante aproximadamente um semestre, nos quais serão abordados 156 alunos matriculados na disciplina de Bioquímica I e II, dos cursos de Fisioterapia e de Educação Física da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, PUC-PR.

### 1.2.1 - **Objetivo Geral**

Contribuir para a compreensão teórica e para a efetivação na prática pedagógica, da relação entre a apropriação do conhecimento já dominado pelo aluno (conhecimento do dia-a-dia) e a produção de novo conhecimento.

### 1.2.2 - **Objetivos específicos**

— Resgatar a história de uma prática pedagógica no ensino de Química, enaltecendo a própria história desta ciência do conhecimento.

— Identificar a dificuldade da relação ensino-aprendizagem de Bioquímica com alunos dos cursos de Fisioterapia e Educação Física, da PUC-Pr., utilizando-se dos conceitos da Química para o melhor entendimento da Bioquímica e das relações que cercam o mundo.

— Elaborar e vivenciar uma proposta metodológica alternativa que instrumentalize o ensino da Química e áreas afins e sua articulação com a prática do dia-a-dia do aluno, com os alunos da PUC-Pr.

### 1.3 - JUSTIFICATIVA

São muitos os educadores preocupados com a Educação, sobretudo a brasileira, mas há uma lacuna distinguindo a Física da Biologia. Esta preocupação é abrangente e estende-se à todas as áreas do conhecimento.

A escola nasceu, segundo ENGUITA (1989, p.114) para servir aos interesses da elite capitalista, industrializada. Docilizando os indivíduos, formou e continua formando mão-de-obra dócil para o trabalho assalariado. Na escassez de empregos pergunta-se onde está esta Escola, que não tem transformado significativamente ninguém? Não se pode negar o papel socializador que a escola brasileira desenvolveu neste século através da educação aos filhos de imigrantes, mas a atual geração necessita de uma nova Educação, que para se efetivar, deve basear-se numa prática pedagógica mais eficiente. O mundo automatizado precisa de idéias criativas, pessoas que pesquisem, que indaguem e que critiquem.

O *marketing* e o consumo invadem nossos lares, assim também como a pobreza se prolifera a cada dia. Esta pobreza institucionalizada mostra um lado de Brasil que não queremos mais ver e que não podemos

negar, e há um outro lado, o lado classe média que frequenta as universidades. Como educadores, devemos nos colocar nesta realidade tão contraditória e articulando nossas práticas, temos o dever moral de tentar diminuir a dicotomia existente. A realidade social que temos vivenciado pela janela é a maior vergonha diante da nossa prática.

Um país de contrastes não pode dormir tranqüilo. A falta de oportunidades se entranha nas nossas disciplinas e nos fazem envergonhados diante de tanta miséria. Se podemos modificar pouco, modifiquemos pouco, buscando uma visão mais ampla, teremos feito muito. Um ensino que se diz progressista não pode estar alheio às pesquisas, tanto de alta tecnologia, quanto sociais.

A crise do final do século XX é uma crise de valores e não apenas econômica, é também na nossa realidade, uma crise de cidadania.

A crise do cotidiano dá mostra que a modernidade está se acabando. KUJAWSKI (1991) escreve: "a crise é universal em extensão geográfica, é também universal em extensão social, irrompendo, ao mesmo tempo, na política, na economia, na moral, no direito, na ciência, na técnica, na arte, na religião, (.....) nas manchetes diárias dos jornais". Mas o cotidiano traz suas categorias típicas como moradia, trabalho, conversa, passeios e comida. O homem comum tem sido privado de muitas dessas categorias. Não é possível que se continue a dicotomizar os ricos dos miseráveis, trazendo à tona as feridas do nosso tempo.

Este estudo pretende contribuir através de uma metodologia de ensino que leve os alunos e professores à uma leitura de mundo, com uma visão ampla em que se resgatem os valores integrais do homem. Desta maneira

compreende-se que os nossos jovens, futuro Brasil de amanhã, encontrem um país cada vez melhor. Precisamos conhecer melhor esta juventude para tentarmos, numa relação dialógica, construir juntos esse Brasil melhor e modificá-lo.

Para tanto, o ensino progressista se apresenta como uma metodologia que lê o mundo e a palavra numa visão histórico-social e política, de uma maneira crítica. O educador para tal fim, tem que se mostrar exigente, centrando a sua prática nas relações entre ele e seus alunos. Desta maneira mais humana e democrática, construímos com nossos alunos, além de uma relação agradável em sala de aula, uma relação de respeito mútuo. Ou seja, muitas vezes, em função da liberdade que nos damos, alguns alunos extrapolam. No entanto, sabem reconhecer o limite entre o diálogo harmonioso e o respeito em relação às trocas de conhecimento. Nem sempre esta leitura de mundo se torna fácil, ou mesmo motivadora em função das nossas limitações.

Neste contexto FREIRE alerta: “Enquanto objetos de conhecimento os conteúdos se devem entregar à curiosidade cognoscitiva de professores e alunos. Uns ensinam e, ao fazê-lo, aprendem. Outros aprendem e, ao fazê-lo ensinam” (1992, p.112).

Este professor não é neutro, mas mostra ao aluno que a sua opinião não é a única e que entre eles permeiam-se outras idéias. Reforçando a idéia nas palavras de FREIRE (1992): “O papel do educador ou da educadora progressista, que não pode nem deve se omitir, ao propor sua ‘leitura do

‘mundo’, é salientar que há outras ‘leituras do mundo’, diferentes da sua e às vezes antagônicas a ela”( p.112-113). (grifo do autor)

Assim, a palavra do professor não se torna profecia, mas sim parte de um diálogo cuja busca será feita durante todo o processo com bastante rigor. A abordagem progressista, longe de ser estática, é transformadora. É este o verdadeiro objetivo da educação. Construir para transformar.

A Química nas escolas brasileiras é uma disciplina relativamente nova, pedagogicamente muito mal elaborada e conseqüentemente não tão significativa quanto merece.

A maioria dos alunos que chega à Universidade não gosta de Química. Mesmo a pequena parcela que frequenta os cursos de Química ou de áreas afins apresenta dificuldades. Analisando este fato, vê-se que a crise no ensino de Química contém pelo menos dois aspectos fundamentais: a má aplicação dos poucos recursos dados à área e problemas de caráter metodológico.

A Química vem sendo ensinada como uma ciência de conteúdo estático e acabado, embora como ciência de transformação saiba-se que isto não esteja correto. Os fatos importantes da construção deste conhecimento são geralmente postos de lado. Como resultado, tem-se cursos que não aliam o conteúdo com a compreensão ou que com uma rapidez incrível, passam pelos fenômenos e conceitos, dando regras a fim de resolver as listas de exercícios.

As aulas de Química não têm sido ministradas por profissionais capacitados científica e didaticamente em sua maioria, pois há falta de professores de Química. Portanto, com o reflexo das tentativas de melhoria

da qualidade do ensino desta ciência, restou como único recurso do Ensino de Química, o livro didático comercial. Infelizmente, este tipo de livro é que domina o panorama do ensino de Química, pois estes não apresentam em suas propostas uma Química articulada ao cotidiano e na grande maioria, não possuem propostas metodológicas claras.

Os problemas existentes atualmente no ensino de Química são muitos. Há ênfase exagerada à memorização de símbolos, nomes, fórmulas, fatos, etc., teoria química sem vínculos com a prática, seqüências inadequadas entre conteúdos da disciplina, falta de atividades experimentais convenientes e extensão do programa, entre outros. Segundo BELTRAN E CISCATO, tem-se: “porém talvez o maior dos problemas dos professores, derivados de todos os outros, seja o da dogmatização do conhecimento científico. O conteúdo da ciência sem suas origens e sua caminhada, não mostra a sua construção. É passado como algo absoluto, sem questões nem contradições” (1995, p.17).

O professor não pode ser responsabilizado por tudo isso num país onde a educação não é primordial. Sobre-lhe como apoio uma literatura comercial, muitas vezes sem lógica, que complica ainda mais a construção do conhecimento em Química. Assim dificulta-se o acesso ao conhecimento científico. O verdadeiro educador de Química é aquele que torna o ensino desta ciência, um exercício de compreensão da natureza.

Para uma melhor compreensão dos conteúdos da disciplina de Bioquímica I e II, é preciso que os conceitos de Química estejam bem sedimentados, pois formam sua base.

### 1.3.1 - Contribuições teórico-práticas

Um método pedagógico para ser competente, deve articular-se na relação entre o saber sistematizado e aquele saber do cotidiano que o aluno traz consigo. O conteúdo da Química é inesgotável. Não se pode deixar que a extensão do programa prejudique a clareza dos conceitos. Os conceitos fundamentais devem ser bem compreendidos e a relação entre estes e o seu conhecimento é a chave para uma evolução gradativa do aluno nesta caminhada. As atividades experimentais devem ser prioritárias e trabalhadas juntamente com a teoria exposta em aula. Muitas destas transformações são conhecidas pela experiência diária e não amadurecidas enquanto saber sistematizado. Cabe ao professor, portanto, auxiliar o aluno na mediação entre estes dois saberes para que este construa o seu conhecimento com bases sólidas e concretas. Espera-se que ao confrontar o estudante com os saberes comum e escolar, liberte-o de um estudo fragmentado para um estudo integrado, portanto, holístico.

Todo jovem crítico será certamente um homem mais crítico. É preciso que os jovens de nossas universidades tenham a real dimensão do seu poder crítico perante os problemas da vida. A Química está inserida em todos os caminhos da sociedade, quer na tecnologia, na economia, na política e num melhor futuro. O homem que consegue enxergar o poderio das relações simples da vida, saberá indicar os melhores rumos para o seu país. A Química é uma importante chave para descobrir as manipulações impostas às sociedades compradoras de tecnologia que não detêm sua teoria, mas

apenas os seus botões. A Bioquímica aplicada às pesquisas tem se mostrado como a grande esperança na cura das doenças que afligem a humanidade.

A visão mais científica da Química traz também modificações no seu próprio ensino. Há uma necessidade explícita de experimentar, associando o pensamento com a prática, a teoria com o laboratório. O ensino de Química deve estar sempre sendo experimentado e testado para se adequar ao desenvolvimento da própria ciência, da tecnologia, da sociedade e principalmente do aluno, levando em conta os aspectos sociais que permeiam a utilização e apropriação deste conhecimentos.

A tecnologia é importante como elo entre teoria e prática, entre formação geral e formação especial, dois mundos ainda dicotomizados. É o que FREIRE escreve: “O que me parece fundamental para nós, hoje, (...) é a assunção de uma posição crítica, vigilante, indagadora, em face da tecnologia. Nem, de um lado, demonologizá-la, nem, de outro, divinizá-la “ (1992, p.133).

VASQUEZ afirma: “Outro fator importante para o conhecimento da escola é a compreensão da relação entre teoria e prática, numa visão de unidade” ( 1994, p. 209 ).

Os alunos de hoje são mais pragmáticos, visto acostumarem-se a obter resultados imediatos ou a curto prazo, das atividades que desenvolvem. A falta de clareza, por parte destes, de que o conhecimento do educando é composto não apenas de conhecimentos adquiridos em sua prática cotidiana, mas também daqueles adquiridos em sua escolarização anterior, leva-os, muitas vezes, a valorizar uma destas formas de conhecimento, em detrimento da outra. Para a compreensão desta influência é pertinente a reflexão de

HELLER, que escreve: “O saber cotidiano acolhe, ou pode suceder que ocorra, certos aportes científicos, mas não o saber científico como tal. Quando um conhecimento científico penetra no pensamento cotidiano, o saber cotidiano o assimila englobando-o em sua própria estrutura” (1987, p.322).

Também PRESTES tem preocupação semelhante e propõe: “conhecer é um processo que permite ao homem elucidar o mundo, surgiu da necessidade prática de sobrevivência e objetiva a melhoria da existência. Portanto, ressalta do enfrentamento do homem com o mundo. É preciso compreendê-lo, desdobrá-lo e desvelá-lo para agir sobre o próprio mundo” (1989, p.24).

A relação entre o conteúdo e a forma na prática pedagógica transmite uma concepção de mundo, que não é aceita passivamente pelos alunos, e sim interagida com eles, visto ser a escola uma das instituições sociais que favorece a formação de sua visão de mundo. Como esclarece OLIVEIRA; DUARTE:

(...) é preciso compreender que, já dentro da escola, isto é, já na efetivação da ação pedagógica se pode concretizar um processo de transformação de raciocinar e atuar do educando ( e do próprio educador ) naquilo que se refere ao próprio modo de aprender/ensinar algo e que ao mesmo tempo serve para a atuação do indivíduo de modo geral. Esse resultado vai depender, dentre outros fatores, de como a ação especificamente pedagógica foi programada e realizada em função das necessidades reais da prática social global ( 1985, p.104).

A possibilidade de articulação entre os conteúdos de química da escola e o conteúdo do dia-a-dia, decorre, no plano pedagógico, do posicionamento crítico do educador, ao refletir a ação educativa, considerando sua finalidade e metodologia.

FREIRE (1981) chama atenção para a importância de uma educação libertadora no estabelecimento de uma nova concepção de desenvolvimento que promova mudança nas relações sociais.

A proposta de Paulo FREIRE aplicada na Educação Química, direciona aos usos mais comuns dos conhecimentos químicos. “Só no entendimento dialético, [...], de como se dão consciência e mundo, é possível compreender o fenômeno da introjeção do opressor pelo oprimido, a aderência deste à aquele, a dificuldade que tem o oprimido de localizar o opressor fora de si, oprimido” (1992, p.106).

Pois o saber tecnológico não é transferido automaticamente, e sim, construído e relembado. O importante não é o saber *como*, mas também o saber *por quê*. Assim, nos dizeres de LEITE : “se os homens de ciência não podem transformar o mundo, podem, ao menos - sobretudo os cientistas do Terceiro Mundo -, contribuir para análise da situação em que se encontram os seus países e tentar compreender o significado social dos seus próprios trabalhos”( 1977, p.18 ).

Neste contexto, FREIRE propõe que: “Uma das tarefas da educação popular progressista, ontem como hoje, é procurar, por meio da compreensão crítica de como se dão os conflitos sociais, ajudar o processo no qual a fraqueza dos oprimidos se vai tornando força capaz de transformar a força dos opressores em fraqueza” ( 1992, p.134).

Não se pode mais esperar aulas ditadas pelo professor. O aluno de hoje questiona os vínculos com a prática, não mais aceita a memorização como regra. É preciso como escreve DEMO:

*Em termos de conhecimento inovador e de pesquisa crítica e criativa, teoria e prática carecem de ser intermediadas pela habilidade de saber pensar e aprender a aprender. Saber pensar e aprender a aprender supõe um tipo de formação ao mesmo tempo propedêutica e capaz de intervir. De um lado, está a habilidade construtiva de conhecimento, de outro, a capacidade de fazer história tomando o conhecimento como fator primordial de intervenção ( 1994, p.28).*

Assim é, que o aluno participando como sujeito crítico e criativo, poderá entender a realidade per si e entenderá o seu lugar dentro dela.

Para consolidar esta proposta pretende-se investigar a possibilidade de desenvolver uma metodologia com uma abordagem progressista numa visão holística, contemplada num ensino com pesquisa.

#### 1.4 - METODOLOGIA

Contra-pondo-se às leis e às idéias mecanicistas estáticas que inspiraram o positivismo e, questionando-se a sua estabilidade nas ciências sociais e humanas é que novas abordagens valorizaram aspectos qualitativos dos fenômenos. Assim, os aspectos mais complexos que envolvem o mundo como um todo começaram a ser discutidos. É evidente que nas ciências acima mencionadas, estes pressupostos sejam mais aparentes. Porém também a Química está dando sinais de ruptura com os velhos paradigmas das ciências clássicas e contemporâneas, ao lado da Física, que tenta explicar a irreversibilidade dos fenômenos e o aumento de entropia do sistema, partindo-se para longe do equilíbrio. A contribuição de CHIZZOTTI desafia:

“Os pesquisadores que adotaram essa orientação se subtraíram à verificação das regularidades para se dedicarem à análise dos significados que os indivíduos dão

às suas ações, no meio ecológico em que constróem suas vidas e suas relações, à compreensão do sentido dos atos e das decisões dos atores sociais ou, então, dos vínculos indissociáveis das ações particulares com o contexto social em que estas se dão" ( 1991, p.78 ).

A abordagem qualitativa mostra a dinâmica da relação entre o sujeito e o mundo em que vive, opondo-se à estática dos fenômenos positivos experimentados. O sujeito observa e participa do processo de conhecimento. Interpreta os fenômenos, lançando mão da teoria já existente e lhes dá significados. CHIZZOTTI afirma: "O objeto não é um dado inerte e neutro; está possuído de significados e relações que sujeitos concretos criam em suas ações" ( 1991, p. 79).

Buscando resultados socialmente mais relevantes, dentro da pesquisa qualitativa, propõe-se um modelo de pesquisa-ação, que segundo THIOLENT é : "(...) um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos do modo cooperativo ou participativo" ( 1996, p.14).

As orientações filosóficas que suportam este projeto de pesquisa são de cunho dialético. A dialética processa-se numa relação dinâmica entre o sujeito e o objeto, e também analisa as oposições contraditórias valorizando o todo em detrimento das partes, relacionando o saber e o agir com a vida da sociedade.

Para alguns autores, como DEMO (1994), a dialética é a metodologia mais conveniente para a realidade social, pois é a que melhor argumenta em favor da sua historicidade e de estrutura. Nos dicionários encontramos ainda seu significado restritivo apresentando a dialética como a arte da discussão.

Mas a dialética, como a compreendemos hoje, vem para ordenar e organizar a consciência do homem e do mundo. LEFEBVRE descreve o método dialético como:

O método dialético aplica-se à vida e à arte: tanto à vida individual e cotidiana quanto à mais refinada vida estética. Sem perder de vista o sólido fundamento do ser humano na natureza e na prática (na vida econômica e social), ou mais exatamente, porque não perde jamais de vista esse fundamento, o método do materialismo dialético introduz ordem e clareza nos domínios mais afastados da prática imediata e da ação. Assim, e somente assim, pode ele tornar-se a 'nova consciência do mundo' e a 'consciência do homem novo', ligando a lucidez do indivíduo e a universalidade racional (1991, p.44).

A dialética traz um discurso mais abrangente sobre a realidade, pois é tecido num processo dinâmico. "Já que o conteúdo é feito da interação de elementos opostos, como o sujeito e o objeto, o exame de tais interações é chamado por definição de dialética; por conseguinte a lógica concreta ou lógica do conteúdo será a lógica dialética" (LEFEBVRE, 1991, p.83).

Quem inicia este movimento de introdução ao pensamento humano na pesquisa e discussão é HEGEL (1770-1831), seguindo KANT que, como DESCARTES, destaca a força dos aspectos contraditórios no processo de desenvolvimento. O materialismo dialético segue bases da dialética de HEGEL, embora rejeite o conteúdo idealista das mesmas, colocando a concepção materialista do mundo, da história e do pensamento apoiadas na Ciência. Assim o materialismo dialético mostra-se não apenas ontológico (do ser), mas também gnosiológico (do conhecimento).

A dialética estuda algumas categorias e princípios, flexíveis, mas que auxiliam na compreensão de suas leis.

O pesquisador não é um mero relator passivo, ao contrário, participa dos acontecimentos e percebe os conceitos que permeiam as relações entre o sujeito e objeto em questão. Os pesquisadores numa pesquisa qualitativa, são reconhecidos como sujeitos que elaboram conhecimento e possuem práticas próprias para intervir em seus problemas. São autores de um conhecimento, que segundo CHIZZOTTI (1991), deve ser elevado pela reflexão coletiva ao conhecimento crítico.

A crise das ciências traz marcas profundas no que tange à especialização e tecnicismo. Fugiu-se da gênese dos fenômenos. A atualidade está se esforçando no sentido de revigorar as raízes do ser e do conhecimento. O método dialético está mais próximo de um conhecimento baseado em contradições que possibilitem estudar a dinâmica dos fatos e objetos, contribuindo com leis baseadas no movimento entre as relações contrárias, na continuidade e descontinuidade das coisas. A lei da passagem da quantidade para a qualidade demonstra estes saltos e as conseqüências no devir ou mesmo na superação de idéias.

O presente trabalho de pesquisa será composto de questionários-abertos e trabalhos individuais e coletivos de alunos por meio de uma metodologia aplicada (pesquisa-ação). Os fenômenos a serem analisados levarão em conta a constância das manifestações, em que ocasiões acontece, quais os aspectos já percebidos pelos alunos e pela professora em questão, enquanto sujeitos e agentes de uma mesma relação.

#### 1.4. 1 - Fases da pesquisa na proposta de trabalho pedagógico

Através da metodologia baseada nos paradigmas emergentes que propõe-se nesta pesquisa, pretende-se aumentar a capacidade do *aprender a aprender*, ampliando a autonomia dos alunos na elaboração própria e num trabalho coletivo com argumentos, capacidade de análise e crítica.

A **primeira fase** começará com a escolha dos temas de maior interesse aos alunos de acordo com os seus cursos, aliando a bioquímica a estes, permeados através do metabolismo, bioenergética, assuntos a serem estudados no 3º bimestre do ano letivo, época em que será feita a pesquisa. A autora trará a proposta de pesquisa às salas de aula, convidando os alunos a participarem desta aventura pedagógica. Serão escolhidos seis temas, problematizados, e de acordo com o interesse dos alunos e cursos, divididos em equipes. As bases do metabolismo serão contextualizadas, bem como serão propostas bibliografias disponíveis na biblioteca da universidade para o início dos trabalhos. Desta forma serão confrontadas diversas bibliografias sobre os assuntos abordados e escolhidos

Na **segunda fase** os alunos deverão trazer as suas bibliografias lidas, tirar as suas dúvidas com o professor e elaborar um texto individual a respeito de seu futuro trabalho coletivo. Os alunos que necessitarem reescrever os seus textos até melhorar a qualidade, o farão, e será dada uma nota de acordo com a participação dos alunos nas fases construtivas do trabalho.

A **terceira fase** começará com um confronto entre as idéias dos componentes do grupo, pois uma vez instrumentalizados, terão mais

condições de discutir o assunto a ser abordado. Esta etapa do trabalho será feita durante duas aulas. Em cada um dos encontros, o material será apresentado à professora, corrigido e avaliado, avaliando-se também a participação dos alunos frente às suas equipes.

A **quarta fase** começará com a entrega dos trabalhos, independente da data a serem apresentados. Todos os membros das equipes precisarão apresentar alguma parte do trabalho, bem como, entregar uma crítica sobre os trabalhos apresentados em cada um dos encontros. Dessa maneira, pretende-se estimular a crítica do aluno, como também o seu comparecimento às apresentações de seus colegas.

Os seguintes critérios serão levados em consideração, para a avaliação: o desenvolvimento individual e coletivo, a criatividade, a síntese e análise dos temas, bem como a compreensão dos temas escritos para um público formado por alunos dos seus respectivos cursos e a professora, respeitando o seu estágio de produção do conhecimento. Após o término dos trabalhos, será feito um fechamento da etapa, abordando os diversos temas e encerrando a parte prática metodológica com um questionário de avaliação do método, por parte dos alunos envolvidos nesta pesquisa.

Pretende-se, numa fase posterior, analisar o processo por meio deste questionário semi-aberto. Assim os alunos poderão apresentar as suas contribuições, que certamente serão significativas, para uma melhor análise do objeto em estudo e posterior adequação numa proposta metodológica para uma prática pedagógica que atenda aos anseios de alunos e professores da disciplina de Bioquímica I e II. Disciplina esta, que envolve muitos conhecimentos de Química advindos do Ensino Médio, mas que

fragmentados, necessitam de uma proposta metodológica que estruture e articule os velhos conteúdos já estudados àqueles que ora estão sendo analisados.

Tanto o professor quanto os alunos, sujeitos desta mesma pesquisa, estarão envolvidos numa proposta de constante troca, pesquisa e diálogo, na tentativa de melhor esclarecer os conceitos que permeiam a Química e a Bioquímica. Pretende-se que, ao se estabelecerem correlações entre estas Ciências e o dia-a-dia de todos nós, haja uma melhor compreensão destas nas implicações com as futuras profissões dos alunos e uma leitura de mundo mais adequada às necessidades do mundo atual.

## CAPÍTULO 2

### 2 – Algumas considerações sobre a Química

A Química apresenta uma linguagem própria. Para compreendê-la é preciso alfabetizar-se em Química. Assim, poder-se-á imaginar quais serão os produtos de uma reação, ou mesmo, se a reação acontecerá ou não.

Mas esta Ciência não caminha só. Suas regras e suas deduções estão inseridas dentro da Matemática e suas fronteiras não são claras quando estão interpenetradas com a Física e Biologia. Assim, tem-se a Físico-Química e a Bioquímica, e porque não dizer, a Físico-Bioquímica.

Os professores de Química geral, ou mesmo de qualquer outra matéria introdutória, têm a oportunidade e a obrigação de auxiliarem os seus alunos a perceber o sujeito e a relação da matéria em questão, dentro de um universo de conhecimento. O professor que mostra o lugar da Química, entre as outras ciências naturais e suas relações com as demais disciplinas, pode minimizar o provincialismo intelectual que paira entre os estudantes.

Quando se estuda Química e/ou Bioquímica puras, dificilmente existe um confronto com a epistemologia destas. Mas basta tornar-se curioso e penetrar pelas entranhas da Filosofia, que sentir-se-á outro ou outra, pairando sobre séculos, paradigmas e desafiando a História das Ciências.

Por muitos séculos acreditou-se em mitos, em Deus e no homem como centro de tudo. Mas na verdade, será que o sonho da descoberta ou o enigma eterno da vida, continuarão a ser o nosso maior desafio?

O que aqui escreve a autora, certamente não é novo para cientistas e estudiosos que já passaram por este questionamento. Mas é certamente gratificante passar por este estágio de curiosidade, de busca e de sentido dentro de nossas aspirações pedagógicas. É um momento único.

Nesta caminhada pelas Ciências, mergulha-se num jogo que parece não poder cortar suas arestas. Tudo é conectado a alguma coisa e decifrar estes signos é uma tarefa para toda a vida. Para compreender esta caminhada é preciso, sobretudo, vislumbrar, mesmo sem profundidade, a história da Química dentro das Ciências, para então analisá-la dentro de sua historicidade.

## 2.1 BREVE HISTÓRICO DA QUÍMICA CONTEXTUALIZADO NA HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS

### 2.1.1 - CIÊNCIAS ANTIGAS DO ORIENTE

A Química egípcia ( $\pm$  2000 A.C.) começou com simples descobertas úteis ao homem. Descobriram propriedades curativas por erro e acerto. A Química era associada ao misticismo. Extraíam cobre, ferro e mercúrio e eram “experts” na fabricação de vidro e refino de ouro. Interessavam-se em aplicações práticas que os transformassem em poderosos.

A Química chinesa, conforme HAUDRICOURT e NEEDHAN , girava em torno de explicar os fenômenos da natureza que se dividia entre “*yin*” (obscuro, frio, úmido, feminino, ímpar) simbolizados pela lua e “*yang*” (luminoso, quente, seco, masculino, par), simbolizados pelo sol. Os chineses

procuravam sempre o equilíbrio numa visão qualitativa e dinâmica. “O número cinco representava os agentes da terra (terra, fogo, metal, água e madeira), os quatro pontos cardeais e o centro, cinco cores, cinco sons musicais e cinco classes de animais. Enumeraram quatro substâncias minerais, identificando reservas metálicas e quantificando as suas mutações” (1957, p.196).

Segundo RONAN , começou com a arte de cozinhar, tinha um lado místico e permitia o uso das mãos. Como ciência prática, de laboratório, demonstrava a diferença entre taoístas e confucionistas (que adotavam uma postura de superioridade em relação às práticas artesanais. “O principal objetivo dos taoístas era a busca da imortalidade física, para os quais empregavam métodos que incluíam ginásticas, exercícios respiratórios e o uso de remédios especiais, muitas vezes preparados com minérios” (1987, vol.II, p.60).

Estavam em sintonia com os protoquímicos de Alexandria, da Índia e demais civilizações que investigavam a transformação de outros metais em ouro, suas experiências levaram ao projeto de fornos, vasos em que reações químicas ocorriam a altas pressões. Projetaram o alambique, destilando álcool com sistema de resfriamento e congelamento da água. Industrialmente tornaram-se peritos na extração do cobre e descobriram a pólvora. Desenvolveram tabelas de substâncias e tinham conhecimento sobre afinidade química. Sua preocupação com a precisão contribuiu para o nascimento da Química Moderna.

A Química na Índia, de acordo com RONAN (1987), surgiu por motivos práticos. Produziam cerâmica, pigmentos e fundiam o ferro.

No mundo greco-romano apareceram os estudiosos, que já pensando nas transformações da matéria, discutiam evaporação, combustão e o acúmulo de água no céu e na terra.

Segundo HOOG et al. (1953), pode-se agrupar as idéias desta época em:

a) multiplicidade infinita das substâncias desde a origem (Anaximandro e Anaxágoras).

b) pluralidade limitada a um certo número de substâncias elementares tais como, terra, fogo água e ar, onde as combinações dão origem à variedades de composições ofertadas na natureza (Empédocles) e aceita por Platão.

c) uma única substância primordial em todas as outras, por condensação, rarefação, etc. (Thales, Anaximenes, Heráclito).

d) uma única substância, sem qualidade, mas divisível em partículas distintas, últimos elementos onde rearranjos são permitidos para a formação de diversos corpos (Leucipo e Demócrito).

e) tudo se origina de um número inteiro, doutrina anterior ao atomismo, anuncia a descontinuidade da matéria, com idéias de formação de corpos sensíveis que respondiam à combinações numéricas (Pitágoras).

Para CHAUI (1994): “Estas tendências, resumidas em duas grandes tendências, devir (não-ser), que prega a multiplicidade das substâncias e o ser, de Parmênides de Eléia, dão origem ao nascimento da Filosofia, ocupando-se da origem, transformação e desaparecimento de todos os seres”.

### 2.1.1.1 - ORIGEM DA ALQUIMIA

Alquimia, de acordo com BEAUJEU vem do árabe "*al kimiya*", onde "kimiya é um derivado do termo grego chemi = fusão de metal, da palavra egípcia chemí = preto, helenizada em quimia, que designava no Egito como terra negra" (1957,p.379). Significava chumbo fundido que era matéria original das operações alquímicas. Consistia essencialmente na transmutação real dos 4 metais vis - cobre, ferro, estanho e chumbo em ouro ou prata.

BOLOS, originário de Mendes, no baixo Egito, foi um grande alquimista da Idade antiga. Fundou a alquimia propriamente dita com base numa doutrina filosófica grega, centrada na física e metafísica. A idéia do elixir da longa vida veio da Síria, séculos depois. Porém, foi Bolos que estabeleceu o cânone da alquimia, combinando dois princípios filosóficos: a lei da simpatia e da antipatia, onde todas as substâncias ou naturezas do mundo físico se juntam ou se separam. Esta dualidade continua presente na Química moderna estabelecendo um paralelo entre as combinações químicas e a tabela periódica.

No tempo do Império Romano, ano 300 D.C., Zózimo de Panápolis, outro grande alquimista escreveu com Bolos um tratado místico em 28 livros; tem a forma de uma religião esotérica, onde é preciso iniciação secreta e preparação espiritual. Ainda de acordo com BEAUJEU, nos séculos IV e V D.C a alquimia aparece dividida em técnica e mística. Durante 18 séculos, a partir da dominação helênica e romana, os alquimistas revelaram-se bons experimentadores.

### 2.1.2 - IDADE MÉDIA

A Idade Média, retratada por ARNALDEZ e MASSIGNON (1957) nos traz a alquimia da ciência árabe, estudando fatos químicos na meteorologia. RONAN, a descreve como “mistura de ciência, arte e magia que floresceu gradualmente até atingir uma forma inicial de química” (1987, vol.II, p.126).

Jābir Ibn Hayyān, o maior alquimista do fim do século VIII e início do século IX, classificou minerais em: a) espíritos (substâncias voláteis), b) corpos metálicos (chumbo, estanho, ouro, prata, etc.), c) substâncias minerais que não podem ser pulverizadas.

Para o árabe o importante era a volatilidade, fundir, martelar, pulverizar. “Possuíam noções de peso específico, idéias de afinidade química e inércia química dos corpos” (ARNALDEZ e MASSIGNON, 1957, p.464). AVICENA provou que os metais não mudavam de cor. Já empregavam produtos orgânicos como reagentes.

FILLIOZAT (1957) escreve que a ciência indiana medieval já utilizava técnicas metalúrgicas, pesquisas de preparo de drogas à base de minerais, entre outras. No taoísmo, por HAUDRICOURT e NEEDHAM a alquimia aparece na publicação de Li-Che-Tchen em seu célebre Pen Ts’ao Kang Mou com a descrição de 217 minerais, 443 animais e 1.074 substâncias vegetais (1957, p.485).

A ciência bizantina medieval, descrita por THÉODORIDES, teve influências greco-romanas e já utilizavam alambiques, aquecedores banho-maria. “Na sua vitória frente aos árabes em 678 D.C., Constantino Pagonat utilizou-se de armas químicas” (1957, p.496).

O ocidente medieval cristão, na descrição de BEAUJOUAN (1957), já considerava muitas propriedades físicas e químicas como densidade, ductilidade, maleabilidade e sensibilidade frente a certos reativos. Tinham muitos conhecimentos em operações unitárias, mas o principal mérito da idade média latina foram experimentos com álcoois e ácidos minerais.

### 2.1.3 – RENASCIMENTO

O Renascimento foi uma época que forjou gigantes pela força do pensamento, pela universalidade e erudição.

Nas mudanças onde os direitos das nações e dos cidadãos passaram a se sobrepor à tradição universal da autoridade eclesiástica, começou uma transformação decisiva para a revolução científica, que iniciou no século XV e se estendeu até o fim do século XVI. Chegou à Europa a prensa de tipos móveis, pelo alemão Johann GUTENBERG ( $\pm$  1450), embora o papel já houvesse sido desenvolvido há mil anos antes, na China. A Química da Renascença teve ainda grande influência da alquimia com PARACELSO (1493-1541), Andreas LIBAVIUS e Leonardo da VINCI, que abordou a ciência pelo lado prático. De acordo com RONAN (1987), a busca da alquimia continuava com a finalidade de transmutar metais básicos em ouro e de descobrir um elixir da longa vida. Além disso, nesta época houve um crescimento da química para fins medicinais e da química prática com base na mineração e metalurgia, produção da pólvora e incremento na destilação.

Com o intuito de encontrar o aparelho mais conveniente para um conjunto de reações químicas, desenvolveu-se uma aparelhagem química mais eficiente, aliando-se a aparelhagem à impressão gráfica, surgindo as técnicas de laboratório. “Eram livros práticos, como o famoso Buch zu Distillieren (Livro da destilação), impresso e publicado em Brunswick, em 1519, o primeiro texto descritivo do assunto a surgir no Ocidente” (RONAN, 1987, Vol.III, p.29).

PARACELSO descobriu como médico, técnicas práticas de preparo de álcool, metais novos e não venenosos para uso medicinal. Andreas LIBAVIUS foi também importante para a Química desta época, nascido em 1560, na Alemanha, escreveu sobre Química, dividindo-a em instrumentos laboratoriais e em análises de metais, minerais e águas minerais.

#### 2.1.4- A CIÊNCIA MODERNA (Século XVII- XVIII)

De acordo com CHASSOT (1994), a Revolução Científica começou com o polonês COPÉRNICO (1473 - 1543). Seguiu com GALILEU GALILEI, que examinou matérias físicas a partir da Matemática . Descartes descreveu um sistema cartesiano e NEWTON, seu aluno, fez um trabalho inesgotável na Física, Matemática e também na Química. O século XVIII, o Século das Luzes, foi definido por KANT, citado por CHASSOT (1994) como: “Aquilo que permite ao homem pensar por si mesmo e repensar as decisões dos outros”. Os homens preocuparam-se em resgatar o conhecimento até então acumulado, elaborando a “Enciclopédia” por DIDEROT, D’ALAMBERT e outros 160 colaboradores.

Após as idéias parecelsianas tivemos: Jean-Baptiste van HELMONT (1577 - 1644), belga que idealizou um agente universal “o alcaest” responsável pelas reações químicas: 1ª noção de gás. John MAYOW (1641 - 1679), inglês, estudou combustão, pirotecnia e agricultura. HOOKE (1635 - 1703), estudou a importância do ar e trabalhou com BOYLE (1627 - 1691), físico, químico e filósofo, que publicou a origem e peso do ar, lei da compressibilidade dos gases (Lei BOYLE-MARRIOTE), efeito de pressão atmosférica sobre o ponto de ebulição da água. Estudou calor, eletricidade, magnetismo e tinha noções de elemento.

Joseph PRISTLEY (1767) escreveu “A História e o estado atual da eletricidade”, aqueceu óxido de mercúrio, vermelho e obteve um “ar sem cor”, chamado de ar deflogístico. Porém, foi Antoine Laurent de LAVOISIER (1743 - 1794) quem escreveu “Traité élémentaire de Chimie”, em 1789 e é considerado por muitos como o “Pai da Química”. KUHN (1991), coloca o “Traité” junto com a Física de Aristóteles, Almagesto de PTOLOMEU, Princípios e Ótica de NEWTON, Eletricidade de FRANKLIN e Geologia de LYELL, entre os livros que serviriam para definir os problemas e métodos legítimos de um campo de investigação para as sucessivas gerações de pesquisadores. Ocorre a Revolução Química, com o estabelecimento de um novo paradigma, celebrando-se a definitiva transição da alquimia à Química. “O mágico cede lugar ao científico; a Química ascende ao fórum das Ciências” (CHASSOT, 1994).

A Revolução Industrial, na 3ª parte do século XVIII na Inglaterra, deu início a uma nova era. Com o advento da máquina a vapor e com a

associação desta ao movimento circular, a ciência vai à indústria e a **energia** passa a unificar este relacionamento.

Aumenta a necessidade de combustíveis como madeira e carvão e novas modificações são feitas para a industrialização, revolucionadas por James WATT, com seus dispositivos elétricos. No **século XIX** consolida-se a ciência e é **o grande século da Química** ao longo da nova e poderosa teoria atômica e do início da Química Orgânica. No século XIX superou-se a idéia flogisticista, balanças mais precisas foram necessárias ao tratamento químico quantitativo, através da lei das combinações foram previstas novas substâncias, DALTON (1766 -1844) retomou a teoria atomista proposta há 23 séculos por LEUCIPO e DEMÓCRITO. Avanços com trabalhos de Thomas THOMSON, BERZELIUS, Amedeu AVOGADRO, Stanislao CANNIZZARO, etc. A proposta lavoisieriana de uma nomenclatura foi aceita internacionalmente. Estabeleceu-se a classificação periódica dos elementos, onde os trabalhos de MENDELEIEV (1834 - 1907) encantaram por sua genialidade. Avanços na eletricidade trouxeram à Química avanços nos estudos de afinidade eletrônica e eletrólise e avanços na Química Orgânica, puseram fim à teoria da força vital. Aliada a métodos matemáticos aplicados, à Química teve grandes progressos em cinética das reações, equilíbrio químico, termodinâmica dos processos químicos, soluções e propriedades coligativas. Trabalhos sobre gases deram início à Físico-Química e como conseqüência destes avanços surge a Indústria Química.

LAVOISIER fez explosivos, BERTHOLLET solucionou problemas das indústrias têxteis e de limpeza, GAY-LUSSAC construiu torres para fabricação de água enquanto LEBLANC fabricou soda cáustica. LIEBIG

estudou a hulha , HOFFMANN fez tese de doutorado em anilina e PERKINS (1838 - 1905) fez a síntese da quinina. Após os corantes, os alvos passaram a ser remédios e perfumes e também explosivos como nitroglicerina e dinamite (NOBEL). HYATT (1896) descobriu o celulóide e Louis Marie CHARDONNET patenteou o rayon. Produziu-se aço e adubos. PASTEUR (1822 - 1895) químico microbiologista, fez descobertas fantásticas neste novo campo enquanto SIEMENS idealizou a recuperação de calor em altos fornos.

Depois das descobertas de NEWTON e LEIBNIZ, o cálculo proporcionou grandes descobertas na físico-química sobre calor e gases. A natureza da luz foi estudada por NEWTON, HUYGENS, HOOKE, YOUNG, FRESNEL e depois retomada por EINSTEIN e De BROGLIE no século XX.

Enquanto Coulomb estudava a repulsão de cargas opostas, Henry CAVENDISH, GALVANI, Alexandre VOLTA, OHM, OERSTED (campo magnético) AMPÈRE e FARADAY (eletrólise), a Química foi interpenetrando cada vez mais na Física, formando a Físico-química. Merecem menção Thomas EDSON, GRAHAM BELL, MAXWELL, HERTZ, ZEEMANN, (descobriu a relação carga/massa elétron), raios x e radioatividade foram decisivos para a nova Física e Química que surge no limiar do século XX.

RUTHERFORD mostrou a transmutação de elementos radioativos, PLANCK revolucionou a Física com a descrição de que a energia emitida por um corpo não é contínua e sim formada por quantidades pequenas e finitas que denominou quantum de energia ( $E = h\nu$ ). O imenso alcance de sua teoria só se tornou perceptível quando em 1905, EINSTEIN aplicou as noções de quantum para novas realidades. Albert Einstein (1879 - 1955) disse que havia uma interconversão entre matéria e energia,  $E = mc^2$

(eletrodinâmica dos corpos em movimento). Volta-se à cultura oriental que sempre pregou esta interconversão.

Em julho de 1969 o homem chega à lua. A tecnologia invadiu a Terra. Mas estes avanços chegaram até o homem comum? Sabe-se que a tecnologia pode ajudar na melhoria da agricultura, mas também sabe-se que há fome no campo. Portanto: está presente!

## 2.2- BREVE HISTÓRICO DA BIOQUÍMICA

A história da Bioquímica está muito associada com o desenvolvimento da Química no começo do século XVIII e posterior desenvolvimento da Biologia no século XIX. Mas, no entanto, somente nos primeiros anos do século XX é que a Bioquímica começou a emergir. É uma ciência, segundo ARMSTRONG (1989), multifacetada, que inclui o estudo de outras ciências.

“Bioquímica, freqüente e convenientemente descrita como o estudo da química da vida, é uma ciência multifacetada que inclui o estudo de todas as formas de vida, e que utiliza conceitos básicos derivados da biologia, química, física, e matemática para alcançar seus objetivos”. (tradução da autora)

A pesquisa bioquímica que apontou no final do século XIX, com o isolamento e caracterização química dos compostos orgânicos naturais, é hoje pesquisa biológica moderna. Esta nova disciplina têm demonstrado influenciar profundamente muitas outras Áreas do conhecimento, tal como a biologia molecular, biotecnologia, etc., integrando dados sobre as bases moleculares da vida.

### 2.2.1 - Século XIX

O desenvolvimento da Química como ciência no final do século XVIII deixou questões intrigantes para os cientistas da época, como distinguir compostos orgânicos dos inorgânicos, por exemplo. Acreditava-se que as leis que regiam os organismos vivos eram distintas daquelas que regiam o mundo inanimado.

Foi na primeira metade do século XIX que a Química Orgânica foi separada de outros ramos da Química. Em 1828 Friedrich WÖHLER descobriu que a uréia, um composto encontrado somente em organismos vivos, poderia ser formada através de um composto inorgânico, cianato de amônio.

De acordo com o histórico da Bioquímica elaborado por ARMSTRONG (1989), esta descoberta desmoronou a Teoria da Força Vital que imperava na época e teve um impacto inclusive filosófico. Em 1820 Justus von LIEBIG, introduziu fertilizantes na agricultura, categorizou os alimentos pela classificação atual como carboidratos, proteínas e gorduras, introduzindo conceitos de metabolismo. Na década de 1840, SCHWANN e SCHLEIDEN reconheceram as células como unidades estruturais de todos os organismos. Descobertas em Fisiologia e Química Orgânica, auxiliaram no desenvolvimento desta nova ciência, Bioquímica.

Foi HOPPE-SEYLER quem, após estudar a hemoglobina em 1864, propôs a criação de um jornal " Informativo para Química fisiológica (1877) e quem escreveu no primeiro número que a Bioquímica [...] do seu começo natural e necessariamente analítico, havia se tornado uma ciência". A nova

ciência, como previsto por ele, foi distinguida da fisiologia” (ARMSTRONG, 1989, p.5). (tradução da autora)

O interesse pelas reações químicas que ocorrem nas células, pela degradação dos alimentos, etc., ajudou no desenvolvimento desta Ciência. Louis PASTEUR propôs a existência de fermentos que ocorriam apenas em células de leveduras vivas na ausência de Oxigênio. (Fermentação Anaeróbica). Estudando as fermentações e em meio a controvérsias do período é que em 1878, KÜHNE propôs o termo enzima para fermentos, introduzindo o termo que depois tornou-se genérico para a catálise das reações biológicas. Em 1897 Eduard BUCHNER e seu irmão Hans resolveram a controvérsia da fermentação demonstrando que extratos de leveduras preparados de células não inteiras, sofriam fermentação alcoólica.

### 2.2.2 - Século XX

Foram muito importantes as contribuições feitas por Emil FISCHER, considerado por alguns pesquisadores como o pai da Bioquímica ( Prêmio Nobel em 1902). FISCHER demonstrou a especificidade das enzimas e alguns aspectos entre estas e seus substratos. No começo deste século, revelou que as proteínas eram formadas por longas cadeias de aminoácidos e demonstrou suas quebras por enzimas digestivas. (ARMSTRONG, 1989)

Na primeira metade do século XX, muitas pesquisas individuais foram feitas, mas a comunicação entre as mesmas não era tão rápida e nem eficiente quanto o são atualmente. A Europa nesta época sofreu duas grandes guerras e o saber científico era muito reservado. Portanto a

bibliografia destas décadas é bastante rara, embora a ênfase química e fisiológica continuasse a dominar a pesquisa bioquímica. Houve progressos na elucidação de hormônios, identificação e caracterização de vitaminas hidrossolúveis e lipossolúveis, bem como os aminoácidos requeridos pelos humanos para a nutrição.

A cristalização da enzima urease por James B. SUMMER em 1926 e Prêmio Nobel 1946, seguida pela cristalização e elucidação das enzimas digestivas, iniciando a Enzimologia, outro ramo de fundamental importância da Bioquímica. Estudos *in vitro* sobre enzimas individuais deram uma grande importância à pesquisa bioquímica, pois a sua elucidação mostra o caminho das vias metabólicas, embora as condições para estes experimentos devam ser bastante especiais devido à fragilidade das mesmas.

ARMSTRONG (1989) evidencia outra importante descoberta na primeira metade do século XX, mais precisamente na década de trinta, que foi o Ciclo da Uréia, postulado por Sir Hans A. KREBS e Kurt HENSELEIT. KREBS continuou os seus estudos e mais tarde descobriu o Ciclo do Ácido Cítrico (Ciclo de Krebs) recebendo o Prêmio Nobel em 1953.

A partir dos anos 50, muitas descobertas foram elucidadas envolvendo bioenergética, através do estudo da habilidade das células em transformar energia química de nutrientes orgânicos numa forma utilizável, adenosina-trifosfato (ATP). Estes estudos científicos feitos por bioquímicos a respeito da química da vida, como processos metabólicos, bioenergética e reações enzimáticas, deram identidade e independência à Bioquímica, como disciplina científica.

Com a elucidação de vias anabólicas (síntese) de compostos biológicos creditada a partir da utilização de radioisótopos, aliada aos estudos de catabolismo já estudadas, chegou-se ao metabolismo intermediário, mostrando-se as redes das reações enzimáticas.

A década de 1950 foi um período muito fértil no estudo das proteínas, iniciado com a proposta de Linus PAULING, ( Prêmio Nobel, 1954 ) e Robert B. COREY sobre a conformação em  $\alpha$ -hélice de uma proteína (estrutura secundária). SANGER( Prêmio Nobel, 1958 ), publicou em 1953 uma seqüência na formação de uma proteína (hormônio da insulina).

WATSON e CRICK (Prêmio Nobel, 1962 para ambos), elucidaram a estrutura do ácido desoxirribonucleico (DNA). “O clássico *paper* (Nature, 171:737) é freqüentemente citado como o princípio da Biologia Molecular. A partir deste novo modelo, a química da natureza e a estrutura molecular da unidade de hereditariedade foram hipotetizadas. O gene (DNA) e sua função (síntese proteica) foram então analisados em um nível molecular” (ARMSTRONG, 1989, p.11).

Pesquisas em macromoléculas revolucionaram o estudo da biologia, através da estrutura tridimensional das macromoléculas que deram uma grande contribuição na elucidação dos mecanismos das funções biológicas.

Anos de pesquisa provaram que o modelo da replicação do DNA era verdadeiro, exceto para certos vírus.

“Exceto para certos vírus, o DNA é o material genético universal e é replicado por um mecanismo bioquímico similar em todos os tipos de células” (ARMSTRONG, 1989, p.11). ( tradução da autora)

Em síntese, a conformação genética está contida num gene (DNA) que é transcrito em uma molécula de ácido ribonucleico (RNA), outro tipo de ácido nucleico, que é então traduzido na forma de proteína. A síntese das proteínas, que ocorre em qualquer forma de vida, requer os mesmos vinte aminoácidos e os mesmos processos bioquímicos. Além de WATSON e CRICK, também François e Jacques MONOD foram importantes na elucidação da regulação molecular da expressão gênica procariótica.

Com a introdução na biologia molecular das técnicas de DNA recombinante nos anos de 1970, a manipulação gênica deu início à Biotecnologia, com técnicas já usadas e novas, desenvolvendo a produção de anticorpos monoclonados de tecidos de células animais e vegetais. Entre os produtos advindos desta nova técnica vieram as vacinas, hormônios, remédios para diversos fins, herbicidas, inseticidas e produtos para melhorar a produção de plantas e até de animais.

Com a biotecnologia, a Bioquímica continua a ocupar uma posição de destaque como ciência básica e através do estudo da química-fisiológica, tem mostrado diariamente o seu papel na elucidação dos enigmas de nossas profissões na ânsia de compreender cada movimento como participante de um todo.

Conforme foi descrito, a Química sempre esteve presente na História das Ciências. É uma ciência que caminha com as transformações químicas que ocorrem não apenas no plano material, mas principalmente nos seres vivos através da Bioquímica. Destacando-se a importância da Química e da Bioquímica numa leitura de mundo, escolheu-se o capítulo de Nutrição

Humana para elucidar estas ciências de forma simples e significativa dentro do contexto dos alunos.

## CAPÍTULO 3

### 3.1 - NUTRIÇÃO HUMANA E SUAS IMPLICAÇÕES NA APRENDIZAGEM DA QUÍMICA E BIOQUÍMICA

Como suporte para desenvolver uma proposta metodológica adequada à uma aprendizagem significativa dos conteúdos de Química e de Bioquímica, e com o intuito de fazer relações entre estas e o dia-a-dia dos alunos, escolheu-se o capítulo de Nutrição Humana como base para a compreensão da disciplina de Bioquímica I e II.

Estudos sobre a Química tem sido amplamente divulgados, e pesquisados. Os livros de Química tem demonstrado alguns fenômenos em tópicos isolados, bem como também encontra-se nos livros de Bioquímica, capítulos muito bem estruturados que trazem profundo conhecimento de Química, Física e Biologia por parte de seus autores.

Como a disciplina de Bioquímica I e II, que a autora vem lecionando para os cursos de Fisioterapia e Educação Física, é densa, básica e extremamente importante para os cursos citados, é preciso desde o início canalizá-la para o interesse dos mesmos, de modo que os alunos não percam a seqüência.

O ápice da disciplina encontra-se no metabolismo, onde ao integrá-lo são utilizados todos os conhecimentos das macromoléculas estudadas no primeiro semestre.

A primeira parte do conteúdo da referida disciplina traz conceitos de matéria, equilíbrio e energia, conceitos estes que regem o mecanismo da

vida. Aliados às macromoléculas estudadas durante o começo do curso, que envolvem as proteínas, carboidratos, lipídios, ácidos nucleicos, etc., o metabolismo vai construindo uma rede que liga todos os conhecimentos ao mesmo tempo.

Para que este aprendizado vá se tornando cada vez mais significativo para os alunos, procura-se durante o curso mostrar alguns caminhos que respondam às questões básicas da Bioquímica, correspondendo justamente aos anseios dos alunos no afã de descobrir as primeiras estradas que levem a uma compreensão mais profunda e elaborada dos mecanismos das suas respectivas áreas de estudo.

A pesquisa bioquímica tem sido orientada para algumas questões fundamentais, que ao respondê-las, vai-se elucidando um mapa de mistérios que vêm instigando a curiosidade tanto científica, quanto leiga, do ser humano. De acordo com WHITE, HANDLER e SMITH, são estas algumas das questões:

Qual é a composição química da matéria viva? Como são as estruturas das macromoléculas características dos organismos vivos? Como as enzimas exercem a sua função catalítica? Quais as substâncias necessárias para satisfazer as demandas nutricionais do homem e de outros organismos, e quais as funções fisiológicas desses compostos? Por que processos químicos os materiais da dieta se transformam em compostos característicos das células de uma certa espécie? Como se usa a energia potencial da oxidação de nutrientes para dirigir os inúmeros processos da célula viva que requerem energia? Por qual mecanismo a energia luminosa é aproveitada para realizar a fixação de  $\text{CO}_2$  até carboidrato? Qual a estrutura de uma célula viva, e como ela se organiza para realizar as funções químicas que lhe são peculiares? Por quais meios as células se dividem e produzem células-filhas? Qual é a química da herança? Que é um gene e como funciona? Sendo a vida da célula a totalidade de mil reações químicas diferentes, cada uma catalisada por uma enzima específica, como se sincronizam para produzir um todo harmônico? Como fazem as células especializadas do organismo aportar as suas contribuições especiais a toda a economia animal? Como regula um animal, o volume e a composição dos fluidos que constituem o ambiente de suas células e do sangue que as conecta? Como se utiliza a informação genética de um ovo fertilizado e totipotente para dirigir o desenvolvimento de um organismo diferenciado? Por que mecanismos uma célula "reconhece" outras? Pode-se descrever o comportamento em termos químicos? É possível explicar as doenças em termos moleculares? (1976, p.2-7).

Respostas parciais a estas perguntas têm sido obtidas nas últimas décadas, integrando dados, descobertas, somando-se a uma vasta gama de pesquisas que nutrem a rede da vida. Por mais avançada que a pesquisa se encontre, ainda se engatinha em Bioquímica, devido aos enigmas e dificuldades na elucidação dos processos vivos. Mesmo com todas as limitações, a velocidade do progresso é determinada pelo avanço dos instrumentos de análise. Portanto, mais uma vez, salienta-se a importância da Bioquímica e a sua interdependência com outros ramos da Ciência, fazendo com que seu papel fundamental seja sempre a correlação entre a função biológica e a estrutura molecular.

Para LEHNINGER o metabolismo é uma “atividade celular altamente coordenada, com propósitos determinados, e na qual cooperam muitos sistemas multienzimáticos” (1988, p. 245). Portanto, ao integrá-lo às funções orgânicas da molécula viva, percebe-se o seu mecanismo que envolve todos os íons, átomos, moléculas pequenas até as grandes, num movimento de degradação dos nutrientes e de síntese dos mesmos.

A compreensão bioquímica dá subsídios para que o aluno da área tanto de Fisioterapia, quanto de Educação Física, possa analisar o que acontece em todos os processos dos seus movimentos. Para compreender a Química da vida é preciso primeiramente entender quais são as macromoléculas que dão energia, como esta energia é armazenada para fazer trabalho e como o sistema restabelece e mantém o seu equilíbrio. Este ponto básico envolve todos os aspectos da Bioquímica, bem como conceitos químicos, biológicos, físicos, biofísicos e fisiológicos.

Com um propósito didático escolheu-se a Nutrição Humana como exemplo de um dos temas a serem desenvolvidos pelos alunos. Assim, partindo de conceitos básicos de Química e de Bioquímica, os estudantes começam a também entender as relações destes em outros campos de investigação e leitura de mundo.

A nutrição adequada é a base para o desempenho físico, fornecendo combustíveis para o trabalho biológico e extraíndo e utilizando a sua energia potencial para todos os fins. O alimento fornece todos os elementos necessários e essenciais para a síntese de novas moléculas e tecidos e reparo das já existentes. De que são formados?

“Dos 103 tipos diferentes de átomos ou elementos, N, H, C, O, perfazem 3,10, 18 e 65% da massa corporal, respectivamente. Esses átomos desempenham o principal papel na composição química dos nutrientes e englobam as unidades estruturais para a maioria das substâncias biologicamente ativas no organismo” ( McARDLE, F. KATCH & V. KATCH, 1992, p.5). Estes átomos são obtidos através das plantas fotossintetizantes, que aproveitando a fonte luminosa do sol, captam energia e produzem o seu próprio alimento. Por outro lado, embora o nitrogênio exista em grande quantidade no ar que se respira, este não é aproveitado diretamente. Apenas algumas bactérias e plantas, em simbiose, captam e “fixam” o nitrogênio do ar. Por este motivo sabe-se que os seres heterotróficos, ou seja, que não produzem seu próprio alimento, necessitam de alimentos que contenham os elementos necessários para o seu metabolismo.

Todos os nutrientes, com exceção dos minerais e da água, contêm carbono, que possuem uma capacidade enorme de partilhar ligações

químicas com muitos átomos, formando uma gama interminável de grandes moléculas. Os carboidratos e lipídios são formados por ligações de átomos de carbono com hidrogênio e oxigênio. Porém as proteínas são formadas por aminoácidos, que por sua vez, possuem nitrogênio. Os átomos de carbono, de hidrogênio, de oxigênio e de nitrogênio constituem os blocos orgânicos principais com os quais são feitos os nutrientes.

## 3.2 – NUTRIENTES

### 3.2.1 – Carboidratos

Os carboidratos são poliidroxialdeídos ou poliidroxicetonas ou ainda elementos que por hidrólise resultem em alguma dessas moléculas. São divididos em monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos. Os monossacarídeos mais comuns na natureza são a glicose, frutose e galactose. A glicose é formada como um açúcar natural no alimento ou é produzida no corpo como resultado da digestão de carboidratos mais complexos ou através do processo de gliconeogênese. “A frutose é encontrada no mel e nas frutas e a galactose é produzida a partir do açúcar do leite nas glândulas mamárias dos animais que estão em fase de lactação. É transformada em glicose para o metabolismo energético” (McARDLE, F. KATCH & V. KATCH, 1992, p.6).

Os oligossacarídeos são formados por pequenos açúcares ligados através de ligações glicosídicas e os polissacarídeos, da mesma maneira são ligados, porém formando grandes cadeias de açúcares. Estes são divididos

em polissacarídeos animais e vegetais. Os polissacarídeos vegetais mais comuns são o amido e as fibras. Os seres humanos aproveitam os polissacarídeos do amido, pois possuem enzimas (proteínas especializadas) capazes de auxiliar na sua digestão e absorção. No entanto, as fibras celulósicas, embora auxiliem no bolo estomacal e fecal, não são consideradas nutrientes, pois não são quebradas enzimaticamente. Assim, seu conteúdo orgânico não é aproveitado energeticamente.

O glicogênio é o polissacarídeo sintetizado a partir da glicose no processo denominado de GLICOGÊNESE, e é armazenado nos tecidos dos animais, variando desde poucas centenas até milhares de moléculas unidas por ligações glicosídicas, formando cadeias lineares e ramificadas. “Nos seres humanos bem nutridos, cerca de 375 a 475g de carboidratos estão armazenados no corpo. Desses, cerca de 325g são constituídos por glicogênio muscular, 90 a 110g por glicogênio hepático e apenas 15 a 20g estão presentes como glicose sanguínea” (McARDLE, F. KATCH & V. KATCH, 1992, p.7).

Levando-se em conta que cada grama de glicogênio contém quatro calorias de energia, a pessoa comum armazena entre 1500 e 2000 calorias de energia dentro das ligações da molécula de carboidrato. Essa quantidade de energia é quase suficiente para acionar uma corrida de 32Km.

Durante o exercício, os carboidratos armazenados na forma de glicogênio muscular são utilizados como fonte de energia para o músculo específico no qual estão armazenados. Em contraste, no fígado, o glicogênio é transformado novamente em glicose e transportado pelo sangue para

utilização nos músculos. Quando o glicogênio muscular e hepático vai sendo degradado e depletado, a síntese da glicose a partir de outros nutrientes tende a aumentar, principalmente através das proteínas (gliconeogênese). Neste processo os hormônios são bastante importantes, regulando as reservas de glicogênio através do controle do nível de açúcar no sangue.

### 3.2.1.1 - Papel dos carboidratos no organismo

Os principais papéis desempenhados pelos carboidratos com relação aos exercícios são: fonte energética, preservação das proteínas, ativação metabólica dos lipídios e combustível para o sistema nervoso central.

Como combustível energético para o corpo, precisa ser ingerido em quantidades suficientes para alimentar as reservas hepáticas e musculares de glicogênio, bem como as funções das células. Se for ingerido em excesso, o excedente é transformado em gordura. A preservação das proteínas através de controle de ingestão de carboidratos, é regulada da seguinte maneira: se a ingestão for muito pequena, as proteínas e gorduras transformam-se em glicose através da GLICONEOGÊNESE. Assim, as proteínas deixam de cumprir o seu papel primordial de manutenção, reparo e crescimento dos tecidos do corpo, alterando o trabalho renal de excreção de moléculas nitrogenadas. Como ativador metabólico dos lipídeos (gorduras), os carboidratos atuam através de intermediários de sua degradação, importantes ao metabolismo das gorduras. Já, como combustível para o sistema nervoso central, é a glicólise sangüínea quase que exclusivamente o combustível para o cérebro, sem no entanto, armazená-lo. Segundo McARDLE, F. KATCH & V. KATCH (1992), o glicogênio muscular

armazenado e a glicose levada pelo sangue constituem os principais fornecedores de energia nos primeiros minutos do exercício, nos quais não satisfaz as demandas do metabolismo aeróbico, assim como durante um exercício de alta intensidade. Para exercícios moderados e prolongados, à medida que o exercício continua, as reservas de glicogênio sofrem uma redução e a energia é fornecida através do metabolismo de gorduras. “Ocorre fadiga quando o exercício é realizado até o ponto em que o glicogênio no fígado e nos músculos ativos sofre uma redução intensa” (SHERMAN & COSTILL, 1984, p.44).

### 3.2.2 - Gorduras

As gorduras possuem os mesmos elementos estruturais dos carboidratos, mas possuem uma relação muito maior de hidrogênio para oxigênio. São divididas em gorduras neutras, compostas e derivadas. As neutras são as mais abundantes e podem possuir ácidos graxos saturados (contendo apenas ligações simples ) e insaturados (contendo pelo menos uma dupla ligação).

As gorduras compostas compreendem os fosfolipídeos, glicolipídeos e lipoproteínas, importantes no transporte de gordura para o sangue e as gorduras derivadas são substâncias derivadas das gorduras simples e compostas (colesterol). Portanto, os lipídios constituem o combustível celular ideal, pois cada molécula leva consigo grande quantidade de energia, que é facilmente transportada e armazenada em energia.

### 3.2.3 - Proteínas

Formadas por carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, enxofre, fósforo e ferro, principalmente, são polimerizadas através de ligações peptídicas entre aminoácidos. Esses aminoácidos estão unidos em longas cadeias em várias formas e combinações químicas, perfazendo numerosas estruturas proteicas com diferentes funções. Todas as proteínas do corpo são feitas através de apenas vinte aminoácidos, contendo um radical amina, um radical ácido, um hidrogênio e se diferenciando pelas cadeias laterais. Porém dez destes aminoácidos, os chamados aminoácidos essenciais, são encontrados na dieta alimentar. Formam alguns hormônios e ativam vitaminas específicas. As fontes de proteínas completas são os ovos, o leite, a carne, o peixe e as aves.

Os aminoácidos fornecem substâncias para a síntese dos componentes celulares e novos tecidos. As proteínas estão presentes em todas as células e são os componentes primários que formam as membranas celulares. As proteínas encontradas nos núcleos da célula transmitem as características hereditárias e são responsáveis pela síntese protéica contínua dentro da célula. Divide-se em proteínas fibrosas (estruturais) e globulares, dentre as quais destacam-se as enzimas, responsáveis por todas as reações metabólicas especializadas. As proteínas regulam os líquidos corporais e são importantes para a contração muscular.

### 3.3 - Vitaminas, minerais e água

Além dos macronutrientes já citados, carboidratos, lipídeos e proteínas, são também necessários para o metabolismo, vitaminas, minerais e água.

Algumas vitaminas são lipossolúveis, isto é, solúveis em gorduras como a A,D,E,K e outras são hidrossolúveis, como a B6, B1, B2, niacina, ácido pantotênico, biotina, folacina, B12 e vitamina C. As vitaminas não beneficiam energeticamente, mas funcionam como elos essenciais que auxiliam o metabolismo e controlam o processo de síntese dos tecidos. Geralmente são componentes de coenzimas, e devem estar incluídas numa dieta bem balanceada. Sua deficiência gera doenças e seu excesso também não costuma ser benéfico.

“Cerca de 4% do peso corporal são constituídos por pelo menos vinte e dois minerais, que aparecem com as enzimas, vitaminas e hormônios. São encontrados nos músculos, no tecido conjuntivo e em todos os líquidos corporais” (McARDLE, F. KATCH & V. KATCH, 1992, p.38). Proporcionam a estrutura na formação de ossos e dentes e síntese de nutrientes. São obtidos através da dieta, pois se encontram na água dos rios, oceanos, solo e são incorporados às raízes das plantas.

Finalmente a água, que perfaz grande parte da massa corporal total e se encontra nas células, no plasma e em outros líquidos extracelulares é bastante necessária ao organismo.

### 3.4 - Alimento e Energia

Todo trabalho que ocorre no metabolismo vem da energia da degradação dos macronutrientes como proteínas, açúcares (carboidratos) e gorduras. Portanto, para cada movimento efetuado há um gasto energético relativo a este trabalho. As macromoléculas são catabolisadas através do metabolismo e a energia obtida por esse processo é conservada por vias que veremos adiante. O estudo da Química e da Bioquímica de Alimentos fornece elementos fartos no entendimento de todos os processos orgânicos vivos.

Como medir a energia de um alimento? A caloria é uma medida utilizada para representar o valor energético do alimento e da atividade física. É definida como o calor necessário para elevar a temperatura de 1 Kg, que equivale à 1 L, de água em 1°C, de 14,5°C para 15,5°C. Por isso, a caloria é chamada de quilocaloria (Kcal). Os alimentos dos quais o homem se nutre, possuem calorias determinadas que são obtidas através da oxidação de seus elementos orgânicos. Mas esta energia não é perdida e nem usada apenas para conservar a temperatura do corpo. Como ela é então conservada e utilizada de acordo com as necessidades do homem, por exemplo?

Os alimentos possuem bastante energia potencial. À medida que são degradados com a ajuda de enzimas específicas, perdem energia potencial, que é convertida em energia cinética, pois são formadas novas células. Esta energia vai sendo transformada e conservada em novos compostos necessários para a execução de trabalho biológico. A energia liberada durante este processo de respiração celular é utilizada, de acordo com

LEHNINGER (1988), para a contração muscular, síntese de moléculas celulares, transporte ativo e informação genética.

Para que o metabolismo ocorra são necessárias enzimas, proteínas para cada passo, específicas e especializadas, que muitas vezes precisam de algum elemento a mais, para ser ativa (elemento não protéico).

Embora os livros e textos de bioquímica tratem dos assuntos bioquímicos com bastante profundidade, os alunos de Fisioterapia e de Educação Física, começam a compreender melhor a Bioquímica, quando a estudam aliada à Fisiologia, principalmente à Fisiologia do Exercício. Como conservar a energia obtida dos alimentos? Esta energia é retirada com o auxílio de enzimas em pequenas quantidades e em soluções aquosas, à medida que vão sendo necessárias. É conduzida e armazenada através de um composto rico em energia, denominado de adenosina-tri-fosfato (ATP).

De acordo com McARDLE, F. KATCH & V. KATCH, (1992), o ciclo do ATP representa as duas principais atividades transformadoras de energia na célula: formar e conservar ATP a partir da energia potencial dos alimentos e em segundo lugar, utilizar a energia química presente no ATP para o trabalho biológico.

O ATP é formado por uma base nitrogenada chamada adenina, que ligada a um açúcar de cinco carbonos denominado de ribose, forma a adenosina, que por sua vez é ligada a três moléculas de fosfato. Esta molécula pode ser hidrolisada, ou seja, quebrada na presença de uma enzima específica em solução aquosa e forma um outro composto, a adenosina di-fosfato (ADP). A energia livre liberada nesta reação é de

aproximadamente 7,3 Kcal de energia livre por mol de ATP degradado a ADP. Esta energia liberada é transferida para moléculas que a necessitem.

Todo trabalho biológico utiliza energia na forma de ATP. A energia pode vir de uma reação que acontece na presença ou não de oxigênio. Desta maneira, por via anaeróbica, é que se pode gerar energia para uso imediato, mas apenas pouco ATP é armazenado dentro da célula. Quando há trabalho há gasto de ATP e portanto as moléculas de ADP precisam restabelecer sua ligação fosfato de alta energia que foi gasta. A quantidade total de ATP dentro do organismo em qualquer momento é de aproximadamente 85g.

Essa quantidade fornece energia suficiente apenas para realizar um exercício máximo por alguns segundos. Como o ATP não pode ser fornecido através do sangue, nem a partir de outros tecidos, terá que ser reciclado continuamente dentro de cada célula. Parte dessa energia para a ressíntese do ATP é fornecida composto fosfatado de alta energia, denominado fosfato de creatina, ou CP. A concentração de CP na célula é aproximadamente três a cinco vezes maior do que aquela de ATP. Por essa razão, o CP é considerado o 'reservatório' de fosfato de alta energia" (McARDLE, F. KATCH, V. KATCH, 1992, p.67).

A molécula de CP é semelhante à molécula de ATP, e seu grupo fosfato é doado diretamente para o ADP para formar novamente ATP. Portanto, a energia humana é uma sucessão de transferências energéticas por meio de ligações químicas que conservam a energia potencial pelas novas ligações. O ATP conserva em suas ligações fosfato, grande parte da energia potencial existente nas moléculas dos alimentos e o processo pelo qual esta molécula transfere fosfatos, chama-se fosforilação. Assim, ADP e creatina são reciclados continuamente em ATP e CP.

Em condições aeróbicas, ou seja, na presença de oxigênio, as moléculas dos nutrientes degradadas em piruvato são transformadas em

acetil-CoA (Acetil-coenzima A), a partir deste composto entram no Ciclo de Krebs, de onde obtém-se  $\text{CO}_2$  e através das enzimas (desidrogenases), tiram átomos de hidrogênio dos substratos durante esta etapa metabólica.

As mitocôndrias ( moléculas carreadoras dentro da célula) removem elétrons do hidrogênio e os transferem para o oxigênio molecular. O oxigênio, ao aceitar também o hidrogênio, forma água e a energia gerada nesta oxidação celular é conservada na forma de ATP (fosfatos de alta energia).

Desta maneira é que os seres aeróbicos oxidam seus nutrientes provenientes da alimentação e recebem energia para o trabalho biológico. Esta é a regra primordial da sobrevivência dos seres vivos que vivem às expensas de oxigênio.

Um organismo fotossintético captura energia da luz levando à síntese de moléculas necessárias ao crescimento e manutenção do organismo. “O papel principal da fotossíntese é a conversão da energia da luz em energia de óxido-redução, onde o fóton captado causa uma troca de energia de seu potencial redox, sendo relativamente eletropositivo para altamente eletronegativo” (NICHOLLS e FERGUSON, 1992, p. 157).

É preciso compreender esta bioquímica que envolve os seres humanos, particularmente, para que se possa beneficiar dos nutrientes e ter uma visão mais crítica a respeito do *marketing* que se faz de muitos produtos industrializados, calóricos, mas sem nutrientes que realmente possam fazer bem à saúde.

Inicialmente, os alunos tanto do Curso de Educação Física, quanto de Fisioterapia, possuem bastante dificuldade em Química e Biologia, o que faz com que o estudo das macromoléculas se torne um pouco difícil e sem maiores interesses visíveis para os alunos. A partir do estudo do metabolismo, as peças começam a se encaixar e nota-se um maior entusiasmo por parte daqueles alunos. A compreensão mais geral do metabolismo compreende redes e interligações bastante significativas entre as macromoléculas, proteínas, carboidratos e lipídeos. No entanto, para exemplificar a liberação energética do alimento, começa-se pelo carboidrato, pois é a maior fonte energética do homem, de animais, de plantas e microrganismos.

#### **3.4.1 – Energia do catabolismo dos açúcares**

A liberação de energia através dos carboidratos, elucida as transformações catabólicas, bem como a necessidade de ingerí-los diariamente, pois os carboidratos fornecem energia para o trabalho celular. O carboidrato, segundo McARDLE, F. KATCH e V. KATCH , é o único nutriente cuja energia armazenada pode ser usada para gerar ATP anaerobicamente.

Num exercício que exija muito esforço, a liberação rápida de energia acima da capacidade aeróbia é compensada por este feito. Assim, o glicogênio ( polissacarídeo que armazena glicose no fígado e músculos) e a glicose do sangue precisam fornecer energia para ressintetizar o ATP. Num exercício leve e moderado, presume-se que metade da energia provenha dos carboidratos. Estes são degradados conforme as exigências metabólicas e cooperam com a energia advinda de gorduras e proteínas.

A degradação da glicose pode ser aeróbica ou anaeróbica. Na glicólise aeróbica uma molécula de glicose é convertida para duas moléculas de ácido pirúvico (piruvato) por uma ação multi-enzimática, que não necessita de oxigênio. Anaerobicamente o piruvato pode ser transformado em ácido láctico (fermentação láctica) ou em etanol (fermentação alcoólica). Para o presente estudo, o ácido láctico é bastante importante. E aerobicamente, o piruvato é transformado para acetil-CoA, que através do Ciclo do Ácido Cítrico (Ciclo de Krebs), do transporte de elétrons e fosforilação oxidativa, é oxidado em  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ , na presença de oxigênio.

Quando a glicólise começa a partir de glicogênio acumulado, o processo é chamado de glicogenólise, reações que ocorrem no meio aquoso da célula. De acordo com CHASIOTIS, tem-se: “No músculo esquelético a desintegração do glicogênio armazenado é limitada e regulada por uma enzima chamada fosforilase” (1988, p.545).

#### 3.4.1.2 - Formação do ácido láctico

O movimento é um tema de grande interesse para os cursos de Educação Física e de Fisioterapia. A elucidação de sua bioquímica é fundamental para uma compreensão geral e específica dos seus limites.

Exercícios moderados mantêm-se no equilíbrio do metabolismo energético e é formado pouco ácido láctico, e removido no mesmo instante. No entanto, para exercícios físicos intensos, as vias metabólicas aeróbicas necessitam também da ajuda energética anaeróbica, pares de hidrogênios se ligam à coenzima  $\text{NAD}^+$  e ao piruvato, formando o ácido láctico através de uma enzima chamada desidrogenase láctica. Depois que este é formado no

músculo, vai para o sangue e em excesso causa cãimbra, ou outro tipo de desconforto. No entanto, o ácido láctico, como escrevem McARDLE, F. KATCH e V. KATCH (1992), é uma valiosa fonte de energia química que se acumula e será liberada no corpo durante o exercício físico intenso.

Após a recuperação ou redução do ritmo do exercício, o hidrogênio do ácido láctico é captado pelo  $\text{NAD}^+$  e o ácido láctico é reconvertido em ácido pirúvico e utilizado como uma fonte de energia. A energia potencial das moléculas de lactato e piruvato formadas no músculo durante o exercício pode ser conservada e a glicose é ressintetizada num processo denominado Ciclo de Cori (gliconeogênese).

Quando o piruvato se encontra na presença de oxigênio, é transformado em acetil-CoA, que vai ao Ciclo de Krebs, gerando átomos de hidrogênio, que serão oxidados através do transporte de elétrons e fosforilação oxidativa por meio de coenzimas  $\text{NAD}^+$  e FAD, gerando bastante ATP.

Uma molécula de glicose em condições aeróbicas produz 36 ATP, sendo que 32 ATP são gerados somente pela fosforilação oxidativa.

#### 3.4.2 -Energia dos lipídios ( gorduras )

As gorduras são as maiores fontes de armazenamento energético. As lipases (enzimas) desintegram as gorduras nos seus componentes fundamentais constituintes, como na seguinte reação :



O glicerol é degradado para ácido pirúvico e portanto também pode participar das reações aeróbicas e anaeróbicas (19 moléculas de ATP através da degradação de um mol de glicerol anaerobicamente. Já os ácidos graxos, através de um processo denominado de  $\beta$ -oxidação são transformados em acetil-CoA na mitocôndria, continuando o processo de energia aeróbica. Em condições anaeróbicas, o catabolismo dos lipídios é bloqueado e  $\text{NAD}^+$  e FAD continuam com o H, não prosseguindo a  $\beta$ -oxidação.

No catabolismo dos triglicerídeos, para cada molécula de ácido graxo com 18 carbonos são formadas 147 moléculas de ATP. Como os triglicerídeos possuem 3 moléculas de ácidos graxos, são formadas então 441 moléculas de ATP mais 19 moléculas durante o catabolismo do glicerol, num todo de 460 moléculas de ATP por molécula de gordura neutra ( McARDLE, F. KATCH, V. KATCH, 1992, p.77).

### 3.4.3 – Energia das proteínas

Embora as proteínas forneçam aproximadamente de 10 – 15% da energia total diária, as proteínas são as únicas fontes de nitrogênio para o organismo. Para liberar energia, as proteínas são primeiramente desaminadas, ou seja, removidos os grupamentos amina que contêm nitrogênio) no fígado, músculos esqueléticos e sua porção carbônica é então aproveitada transformando-se em compostos das vias metabólicas, como por exemplo, alanina em ácido pirúvico, glicina em acetil-CoA, glutamina em Ciclo de Krebs, etc. Assim, as proteínas são aproveitadas durante o treinamento e estes aminoácidos podem ser utilizados como substrato energético.

### 3.5 - Interconversões entre metabolismo de carboidratos, gorduras e proteínas

Os carboidratos em excesso fornecem fragmentos de glicerol e acetil para a síntese de gordura neutra. Acetil-CoA pode sintetizar colesterol e muitos hormônios. Mas a acetil-CoA não pode ser revertida para o ácido pirúvico (reação é irreversível). Portanto os ácidos graxos, que formam uma parte considerável das reservas lipídicas, não podem sintetizar glicose. Alguns aminoácidos com estruturas semelhantes aos compostos do Ciclo de Krebs podem ser **desaminados** e sintetizados em glicose.

O metabolismo será sempre regulado por fatores energéticos como ATP, cuja demanda requer gasto energético dos macronutrientes. Portanto, o conhecimento da utilização energética dos alimentos e suas ligações com os exercícios e movimentos mostra a integração de todo o estudo básico da Bioquímica e da Química já estudado pelos alunos anteriormente. Desta maneira pretende-se que as perguntas formuladas no início do presente capítulo, comecem a ser lentamente respondidas pelos alunos, atendendo aos desafios do ensino de Química e de Bioquímica.

## CAPÍTULO 4

### 4 – O DESAFIO DO ENSINO DE QUÍMICA

#### 4.1 - Crise nas Ciências

Na História das Ciências não há nada definitivo, acabado e totalmente certo. Existe sim, modelos, suposições, medidas e teorias que evidenciam certos fatos. O que surpreende é o fascínio pelo conhecimento, seja qual for a sua área. No afã de desencantar o mundo descobre-se a sua nova aliança. Verifica-se a sua metamorfose, mas principalmente, viaja-se através da “história”. Muitas vezes retorna-se ao que séculos antes foi negado, pois nestes entroncamentos poder-se-ia ter optado por diferentes caminhos.

Não se sabe por qual trilhas teria sido maior o triunfo, o que se sabe é que o conhecimento é a grande testemunha da racionalidade humana e da esperança que se tem num mundo melhor através da pesquisa.

Partindo da simplicidade das leis clássicas e extrapolando-as para caminhos mais complexos capazes de inspirar-se na tecnologia vigente da era industrializada, descrevendo os ciclos metabólicos já pesquisados e evidenciados pela bioquímica, sabe-se que as leis dos seres vivos, surpreendentes, são distintas das leis inorgânicas. Qual é a diferença entre um cristal e uma célula?

Processos irreversíveis, um avanço e uma volta. Parte-se da célebre questão que deu início à filosofia : ser ou não-ser. Se tivéssemos obtido o sucesso de HERÁCLITO naquela época, talvez tivéssemos hoje respostas mais convincentes às questões vigentes.

EINSTEIN e a Mecânica quântica deram novos passos a um paradigma novo. Resta-nos saber se a corrida por novas respostas relacionadas ao ser humano e ao tempo, explicar-nos-á as questões pendentes e decifrará seus mistérios. Embora a Estática e a Dinâmica tenham sido criticadas através dos tempos, cada ciência não pode ser separada de seu contexto histórico; portanto a Mecânica Clássica, através de NEWTON, foi a base para o caminho da revolução científica. Sua ligação com a Matemática e conseqüentemente com a Química, é que forneceu o impulso ao estudo desta, da Biologia e de outras áreas. Embora exista um elo entre os paradigmas, as rupturas às vezes são necessárias.

A Química é a Ciência das transformações, não pode ser analisada como algo inteiramente conhecido e acabado. O nosso mundo, científica ou filosoficamente não deve ater-se às teorias dadas como universais e eternas.

As mudanças de paradigma da Ciência Clássica à Ciência Contemporânea e às inquietações dos nossos dias, mostram com PRIGOGINE e STENGERS, um caminho baseado na Física e que foi decisivo para as concepções das demais Ciências Naturais, como a Biologia e Química e também para as Ciências Sociais e Humanas.

A crise das Ciências é também uma resposta ao positivismo reinante que dava limites e certezas ao científico e provado. O positivismo inspirou a investigação da constância, da ordem e relações causais explicativas dos fenômenos.

O mecanicismo da física de NEWTON e o determinismo mecanicista de LAPLACE fizeram supor que conhecendo as posições dos corpos, saber-se-iam suas leis mecânicas durante a sua trajetória. "Mas a física atômica, a

teoria da relatividade, a cosmologia e termodinâmica mostraram uma complexidade imprevisível dos fenômenos, mutantes, flutuações e a instabilidade dos eventos naturais” (PRIGOGINE e STENGERS, 1984).

As certezas do que era científico abalaram as crenças físicas e matemáticas advindas das teorias de conjuntos. Após ser questionada a infabilidade científica, a interpretação dos fenômenos foi então revista por outras áreas. Entram aqui as ciências sociais e humanas, principalmente, mostrando que a complexidade acima citada, não era por acaso, mas que ao lado do que parecia previsível, existiam fatores criativos, o acaso e a necessidade. Valorizam-se os aspectos qualitativos dos fenômenos, construindo saberes ligados aos sujeitos e objetos e suas interações com o meio em que vivem.

#### 4.2 - A Ciência Clássica

A Ciência Clássica através de NEWTON, por seus estudos no século XVIII, tornou-se o símbolo da revolução científica europeia do século seguinte, através da escola de LAPLACE. A química, por intermédio de LAVOISIER, alcançou fatos notáveis com o uso da balança (química quantitativa), afinidades, forças de interação específicas. A concepção newtoniana de mundo tem seus limites e como tal continua a ser estudada (desencantada).

A ciência newtoniana é prática, advém dos artesãos da idade Média e de construtores de máquinas. Fornece os meios de agir no mundo, de prever e de modificar o curso de certos processos, explorar forças e recursos

materiais da natureza. Une o confronto entre aristotélicos e GALILEU, respectivamente o “porquê” e “como” as coisas acontecem. É o encontro entre teoria e técnica no afã de modelar e compreender o mundo. Para este modelo é necessário o diálogo experimental com a natureza, preparando o fenômeno a ser estudado, isolando-o a uma situação ideal conforme hipóteses previamente formuladas.

O mito da ciência clássica nasce numa cultura dominada pela aliança entre o homem, situado entre a ordem divina e natural e o Deus, legislador racional e inteligível. As primeiras experiências foram feitas nos mosteiros, portanto, a Ciência clássica “[...] permitira a filósofos e a teólogos fazer ciência, e a cientistas decifrar e comentar a sabedoria e o poder divinos agindo na criação” (PRIGOGINE e STENGERS, 1984, p.37).

Baseando-se ainda nos autores citados, desde GALILEU, o problema central da Física para a identificação do real, era a aceleração dos corpos, movimento uniforme, estado de repouso, sem pensar nas suas causas e na alteração das velocidades. Responde **como** e não **porquê**. As leis newtonianas do movimento são a base e os alicerces da Ciência Clássica, sintetizam a Física com a descrição do movimento de KEPLER , queda dos corpos (GALILEU) e a Matemática, solucionando a primeira através do cálculo infinitesimal. Estas leis da dinâmica definiram a lei da gravitação com seus atributos da trajetória: legalidade, determinismo e reversibilidade. São gerais, não descrevem dinâmicas particulares, necessitam de muitos dados e sua reversibilidade é contestada.

Newton estudou química durante muitos anos e a partir de estudos sobre a matéria, chegou às conclusões de suas leis físicas. Novas teorias em

âmbitos espaciais substituíram a mecânica clássica, mas na descrição de trajetórias deterministas, estáticas e reversíveis, continua no centro da Física.

A linguagem da dinâmica traduz-se no princípio da conservação de energia, evidentes na ciência moderna das máquinas simples (mundo idealizado sem choques ou atritos, com rendimento igual a 1). Porém, quando extrapola-se para vários corpos num sistema em interação, as evidências não são mais facilmente visualizadas. De acordo com PRIGOGINE (1984), a descrição dinâmica foi generalizada no século XIX através da função hamiltoniana (soma das energias cinética e potencial do sistema). A dinâmica passa a ser a ciência modelo; o mundo é descrito numa ciência revelada, definitiva, alheia à história e à sociedade. Este mundo newtoniano-laplaciano ausenta a complexidade e a historicidade do homem e da natureza.

Enquanto o mundo aristotélico mostrava o homem como ser vivo e conhecedor, atingindo o princípio das coisas, causa e razão do seu devir, a ciência moderna nascia da ruptura de uma aliança animista com a natureza. A passagem para um diálogo experimental recebeu justificativas sociais e filosóficas de uma aliança com Deus e racional dos cristãos (PRIGOGINE e STENGERS, 1984).

KANT ambicionou reordenar a paisagem intelectual que o estudo das forças da natureza com o desaparecimento de Deus, criador e racional haviam deixado em caos, sem negar a descrição dada pela dinâmica. Centrou a fonte de ordem do mundo não mais em Deus, mas no sujeito humano. O mundo tal qual ele percebe, fala a sua própria linguagem. Para PRIGOGINE e STENGERS “a solução kantiana descreve e justifica de uma

só vez o conhecimento científico e a estranheza do homem no mundo que essa ciência descreve (1984, p.68).

PRIGOGINE E STENGERS complementam a respeito: “A posição crítica adotada pela filosofia kantiana e, a partir dela, por um grande número de filósofos até os nossos dias ratifica uma situação: não há diálogo com uma ciência mítica, muda, fechada sobre si própria” (p.70). Assim a filosofia consagra e estabiliza a situação de ruptura, abandona à ciência o campo do saber positivo e deixa para si uma meditação sobre a existência humana.

A natureza antiga era fonte de sabedoria, a medieval falava em Deus e a moderna tornou-se muda a tal ponto que KANT julgou dever separar completamente ciência e sabedoria, ciência e verdade.

O vitalismo, apesar de aceito pelos meios científicos no século XIX, foi uma convicção subjetiva e reducionista, enquanto a filosofia hegeliana da natureza sistematizava tudo o que a ciência newtoniana negava, opondo-se à idéia reducionista. HEGEL fundamentava-se contra a ciência matemática da natureza. “A mecânica é matematizável porque só atribui à matéria propriedades exclusivamente espaço-temporais” (PRIGOGINE, STENGERS, 1984, p.72-73).

Para estes autores o sistema hegeliano constituiu uma resposta filosófica extremamente exigente e rigorosa ao problema posto pelo tempo e pela complexidade da mecânica clássica. Outro crítico às idéias newtonianas foi BERGSON (fim do século XIX), através de suas intuições, impossibilitando abstrações.

Portanto, a atual crise das ciências é uma resposta científica à transformação cultural e técnica do mundo, à morte do mundo clássico. Vive-

se num ponto em que não mais se reduz à simplicidade newtoniana, e sim, onde outros pontos de vista são também aceitos, como a arte, filosofia, etc., para compreender as ciências humanas. Um mundo onde a ciência se metamorfoseia para se unir a todos os aspectos inerentes à vida na Terra, não menosprezando o poder político, social e compartimentalizado dominante na atual sociedade industrializada.

#### 4.3 - A Ciência do Complexo

Nas trilhas da termodinâmica e de suas implicações na evolução da Física, Química e Biologia, ao lado da Era Industrial, entra a Ciência do Complexo. Enquanto a força motriz do século XVIII era induzida pelo vento, água e animais, as máquinas eram simples. Mas o século XIX trouxe a combustão como liberadora de calor, podendo variar o volume e produzindo efeito mecânico. O fogo foi capaz de fazer funcionar as máquinas térmicas que deram início à sociedade da indústria. A utilização do calor, através de estudos de FOURIER e CARNOT em pleno triunfo laplaciano, deu lugar à termodinâmica. O equilíbrio térmico juntou-se ao equilíbrio dinâmico. A termodinâmica é a ciência das variações dos parâmetros físico-químicos clássicos. Age sobre o sistema, prevê suas reações a uma modificação imposta.

O princípio de conservação de energia foi decisivo para a unificação da Física. GALVANI, VOLTA, OERSTED e FARADAY reconheceram os efeitos de conservação entre as energias química, elétrica e mecânica. A conservação da energia através das transformações que os sistemas físicos,

químicos e biológicos podem sofrer, foi colocada como a Ciência do Complexo.

A convicção de que a natureza não era um sistema ordenado, mas a eterna expansão de uma força produtora de efeitos antagônicos têm também raízes filosóficas. A entropia tornou-se “indicador de evolução” e traduziu na física a existência de uma “flecha do tempo”.

Chega-se assim a duas descrições distintas: a dinâmica, aplicável ao mundo das massas em movimento, e a termodinâmica, base da ciência do complexo. A termodinâmica do equilíbrio constituiu na primeira resposta dada pela Física ao problema da complexidade da natureza; dissipação da energia, esquecimento das condições iniciais, evolução para a desordem.

A importância dos processos irreversíveis que permeiam as reações químicas (PRIGOGINE, 1996), principalmente nas células vivas faz da Bioquímica o grande exemplo da complexidade desta ciência, envolvendo simultaneamente milhares de reações em atividades ordenadas com diferentes velocidades e localizações. Neste aspecto entra a cinética química, cuja grandeza fundamental é a velocidade das reações, resultando em colisões e em mudanças de concentração dos diferentes reagentes e produtos envolvidos; os catalisadores podem modificar estas velocidades e até mesmo fazer auto-catálise.

A termodinâmica dos processos irreversíveis identifica-se com a biologia molecular. Nas reações lineares o efeito reage compensando a causa, faz parte do mundo inorgânico. Já as reações não-lineares são praticamente a regra nos sistemas vivos, redes de ativações e inibições metabólicas, reações bioquímicas que também transportam a informação

genética. A química da vida é um complexo cujas nuances são as razões da vida dos cientistas, poetas em suas áreas, cada um analisando a matéria e a energia sob a sua ótica.

O desequilíbrio químico é também o desequilíbrio da natureza. Faz-se necessário entender os conceitos simples que regem as suas leis, para tornar os homens mais críticos. Como o ser vivo se insere no mundo descrito pela física e pela química?

Para os biólogos contemporâneos, a organização biológica deve ser pela seleção e acúmulo de mutações favoráveis. Como as moléculas fariam esta seleção? A Bioquímica traz muitos segredos da natureza. Para explicar estas escolhas reacionais em determinados momentos, os ramos das ciências estão relacionados, como a Física, Sociologia, Economia ou Biologia. Flutuações estabelecem-se primeiramente em pequenas regiões, conforme forem as suas dimensões críticas, podendo anular-se ou invadir o sistema. Engendram assim novas estruturas, organizações adaptativas (ruídos, mutantes, inovadores, polimerização, auto-catálise). Conduzem ao acaso e à necessidade da seleção natural ( retorno a DARWIN ).

A nova Biologia, que decifra a cada dia novos genes de seu código, sabe que o ser vivo funciona através de processos irreversíveis oriundos da relação entre proteínas e ácidos nucleicos, sendo estes os que ditam as regras do metabolismo. Cabe-se , portanto, saber como é que a matéria, a energia e as informações são armazenadas, transformadas e distribuídas nos processos naturais. Almeja-se um equilíbrio entre os reagentes, mas ao cair da tarde cessam os movimentos que mantêm cada ser vivo. Evidencia-se que a vida direciona-se para longe do equilíbrio.

#### 4.4 - Do Ser Ao Devir

O século XX vive duas demonstrações de impossibilidade física, uma que funda a relatividade e a outra que funda a mecânica quântica; revelação de limites opostos às ambições da física, pontos de partida para novas possibilidades teóricas.

A relatividade remonta o fim da universalidade. Sintetiza a dinâmica e o campo eletromagnético responsável pela propagação de ondas luminosas, estabelece uma distinção entre as velocidades fracas e as que podemos comparar à velocidade da luz. É uma Física que nos identifica como pertencendo ao mundo que descrevemos, o homem é o observador.

A Mecânica Quântica como descreve PRIGOGINE e STENGERS, (1984), nos localiza na natureza, nos identifica como seres “pesados” e constituídos por um número macroscópico de átomos. EINSTEIN retomou trabalhos de PLANCK e compreendeu a sua constante “h” no que concerne à natureza da luz. Niels BOHR ligou a nova física quântica aos espectros de emissão e absorção. O elétron carregado deveria segundo à Física Clássica emitir radiações e perder sua energia, indo de encontro ao núcleo. Mas ao contrário, o elétron denota um caráter descontínuo, das linhas espectrais, para cada átomo existe um certo número de órbitas permitidas e energias de valores determinados. Torna-se claro que a energia não é uma simples função de posições e momentos como descreve a Mecânica Clássica.

A Mecânica Quântica revela que o mundo microscópico é regido por leis de uma nova estrutura, e pôs fim a uma descrição única do universo. **O essencial nesse novo paradigma é o abandono da trajetória.**

A relação entre o “ser e o devir” transforma-se no objeto de uma complementariedade alargada, irreversível. Há o tempo da trajetória, dos relógios e o tempo natural, idade biológica. Mas pode haver outros tempos que em conjunto definam um devir universal. Na mecânica quântica as trajetórias são vizinhas, não podem ser separadas. A entropia corresponde a um atraente. Pode ser em função de fluxos e forças, mas leva a pensamentos antigos como de Heráclito e de Parmênides.

#### 4.5 - CRISE NA EDUCAÇÃO

É belo saborear as delícias históricas do passado e delas formar-se opiniões. Porém a crise na Educação Universitária Brasileira nos mostra o presente. E para criticá-la, é necessário também auto-criticar-se.

Se a escola nasceu para atender aos interesses da Revolução Industrial, a Universidade Brasileira, também tem sido o centro de aquisição de conhecimento da sociedade de consumo. “No decorrer do século XX o futuro da civilização parecia aceito; a universidade servia para justificá-lo, legitimá-lo, e para ajudar a construí-lo sem contestá-lo”(BUARQUE, 1994, p.25).

No Terceiro Mundo a universidade procurou diminuir a importação de ciência e tecnologia, copiando-a sem contestá-la e nem adaptá-la à própria realidade. Nos 25 anos da ditadura militar recente no nosso País, as

universidades formaram mão-de-obra para os projetos de usinas nucleares e hidrelétricas, grandes estradas e cidades com custos altíssimos e dívidas para o próximo milênio. Seria a Universidade o elemento mais importante na construção da modernidade graças à ciência e à tecnologia que produzia? O ano 2000 mostra que, graças a ela, o conhecimento científico e tecnológico avançou muito, mas tomou proporções bem distantes da utopia idealizada anteriormente. A racionalidade ocidental está sofrendo críticas epistemológicas e o mundo diminuiu o respeito pela Universidade.

Cristovam BUARQUE (1994) escreve que a universidade não avança na formulação de um novo papel. "É a crise que vai mostrar a necessidade de uma reorientação do conhecimento e da realidade do mundo à qual este conhecimento serve. Vai forçar a universidade a buscar um novo caminho, a reencontrar seu destino. Vai fazê-la voltar a ser instrumento de transição. Vai fazê-la viver a contemporaneidade da mudança" (p.31-32).

Uma mudança radical dentro de um sistema com gradientes de mudanças infinitesimais, atingindo seu máximo, rompe com o sistema numa lógica do devir. A entrada do terceiro milênio está remontando a um desses períodos. Não é fácil nem analisá-lo e nem criticá-lo, no entanto é necessário vivê-lo.

As duas últimas décadas têm mostrado um movimento espiritual, ligado à filosofia oriental, como formas de pensamento, valorizando outras inteligências e não somente a racional e lógica. Desta maneira ressurgem uma espiritualidade. "O holismo se afirma como uma prática intelectual" (BUARQUE, 1994, p. 37).

Mas a Universidade parece não enxergar que para se empenhar nesta época de ruptura, é preciso mostrar a consciência de que a sua tecnologia precisa estar ligada aos interesses sociais, não sendo um fim em si mesma, mas um instrumento de libertação.

Muitas indústrias, como as de remédios por exemplo, têm se beneficiado com as descobertas realizadas em convênio com as Universidades. No entanto, grande parte do povo que muitas vezes financia estas pesquisas, não tem tido quase nenhum acesso a este progresso, pois precisa pagar um preço alto demais por ele.

Enquanto o capital continuar a dominar e permear as estruturas da atual sociedade, sem integrar-se à sociedade como um todo e com propósitos justos, não haverá mudanças. E a Universidade deve mostrar este papel com atitudes e com coragem, pois é dentro dela, apesar de uma parte de profissionais se dedicar à melhoria do sistema, onde se encontra a maior resistência às mudanças. Mesmo com toda esta turbulência, ainda acreditamos que a solução para esta crise seja revelada através de uma verdadeira Educação.

#### **4.6 – ABORDAGENS EMERGENTES**

Sabe-se que temos muitos problemas pertinentes à Educação Superior, e que nossos alunos estão, muitas vezes, saindo mal-formados ou mal-informados das Universidades. Para uma análise mais profunda da nossa parcela de envolvimento, a autora se propõe a estudar este tema com o objetivo de tentar buscar respostas e de tentar contribuir com uma

proposta metodológica na busca de soluções para um ensino mais significativo e útil aos alunos da Educação Superior, através da Química e Bioquímica.

Com este intuito a autora experienciou uma proposta metodológica utilizando-se da abordagem progressista, alicerçada ao ensino com pesquisa dentro de uma visão holística.

O paradigma inovador pressupõe uma prática pedagógica que possibilite a produção do conhecimento através de uma ação docente que contemple um ensino em rede, dinâmico e que redimensione a reprodução, a cópia e a memorização vigentes na maioria das ações docentes dos professores universitários.

BOAVENTURA (1989), PIMENTEL (1994) e MORAES (1997) denominam o avanço como paradigma emergente, PRIGOGINE (1991) e CAPRA (1996), como paradigma sistêmico e CARDOSO (1995) e CREMA (1991), como paradigma holístico. Embora sejam apresentadas diversas denominações, o paradigma inovador é caracterizado pela produção do conhecimento e pela visão do todo.

Para fins pedagógicos, optou-se por descrevê-los separadamente. No entanto, ao nosso ver, estas três abordagens interpenetram-se constantemente.

#### 4.6.1. VISÃO HOLÍSTICA

Os interesses econômicos pós-Revolução Industrial, tornaram-se estéreis as relações entre os indivíduos como seres humanos, cegaram os homens quanto às suas raízes com a natureza.

Como a Química é a ciência das transformações, não pode ser analisada como algo inteiramente conhecido e acabado. O nosso mundo, científica ou filosoficamente não deve ater-se às teorias dadas como universais e eternas. Para se ler o mundo através da Química deve-se estar atento para ler todas as formas que a natureza apresenta.

A Idade Antiga já se preocupava com o ser e com o devir. Tinha noções sobre energia, matéria, átomos e suas implicações cósmicas. Porém, a Ciência Ocidental precisou de muitos séculos para chegar a estas conclusões, ainda no século XX com a Teoria da Relatividade de Albert EINSTEIN e com a Mecânica Quântica. Assim, com a interconversão entre matéria e energia, sabe-se que os antigos, mesmo sem instrumentos tecnológicos sofisticados, tinham muita sabedoria. A natureza, apesar de eternamente interrogada, traz seus segredos. Cabe ao homem, como cientista e ser humano, fazer a real ligação entre homens e moléculas.

O presente trabalho baseia-se numa visão holística, que segundo CAPRA (1996) é chamada de **sistêmica**, por acreditar que a Química versa basicamente sobre o equilíbrio entre a matéria e suas transformações dentro de um parâmetro energético. Se há relação entre matéria e energia, é o seu equilíbrio, a verdadeira marca desta visão. O metabolismo, que resume todas as reações que ocorrem simultaneamente no organismo vivo, vislumbrando

energia e mantendo-se através do equilíbrio, é a grande prova de que a Bioquímica é a própria definição desta nova visão que visa o todo, integrando-se às partes, sem perder de vista uma rede.

CAPRA escreve: “Na ciência do século XX, a perspectiva holística tornou-se conhecida como “sistêmica”, e a maneira de pensar que ela implica passou a ser conhecida como pensamento sistêmico” (1996, p. 33).

Para CAPRA a principal característica do pensamento sistêmico emergiu simultaneamente em várias disciplinas na primeira metade do século, onde os biólogos foram os primeiros a dar ênfase a esta concepção em que os organismos vivos fazem parte de um todo integrado. É uma questão formulada à Física Quântica. Neste aspecto a Química se encontra através da Bioquímica dentro desta visão que não mais aceita os fatos sem integrá-los totalmente ao que modernamente se chama de redes, ou ao que CAPRA denomina de teia, e que a autora denominará de elos.

Estes elos supostamente trabalham em correntes, ou em engrenagens múltiplas, são coordenados por um misto de reguladores e biomoléculas que trabalham em conjunto, no afã de um moto-contínuo que é a vida, até que os sinais lhes apontem o término das reações e o fim. Neste momento percebe-se que nada têm-se de máquina, os sinais estão além da nossa compreensão científica. E as reações continuam sem a vida, reagindo, se decompondo para formar novas moléculas, distantes, porém com os mesmos átomos do início da vida.

Para KANT, citado por CAPRA, tem-se : “Numa máquina, as partes existem uma para a outra, no sentido de suportar a outra no âmbito de um todo funcional. Num organismo, as partes também existem por meio de cada

outra, no sentido de produzirem uma outra”. Assim, parte-se do princípio da integração, não menosprezando nenhuma manifestação de inteligência múltipla, além da racional e da lógica, até então, parâmetros únicos de inteligência.

Na Educação, todas estas transformações tem sido acalentadas por poucos professores. É preciso contagiar a Academia, que ainda se encontra nos moldes de seus antigos catedráticos. Muitas vezes inconscientes de suas tarefas pedagógicas, pois enquanto técnicos, desconsideram qualquer outra esfera, situada pouco além de suas fronteiras.

De acordo com FERGUSON (1997), o novo paradigma do aprendizado holístico pressupõe: ênfase em **aprender a aprender**, abertos a novos conceitos, avaliando-se sempre o contexto e não o considerando como produto pronto e acabado; a estrutura hierárquica propõe-se igualitária, onde os alunos e professores discutem os conteúdos encorajando a autonomia, mostrando-se flexível para a compreensão dos assuntos abordados e integrando as diferentes faixas etárias. Neste universo holístico, o aprendizado é visto como um processo, não descartando as experiências anteriores como contexto para a aprendizagem. Assim, a educação não fica restrita aos muros escolares, encorajando o indivíduo a influenciar na sua comunidade, complementando seu conhecimento teórico e abstrato através de experiências dentro e fora da sala de aula.

Neste contexto há um maior empenho pela educação com estratégias holísticas, intuitivas, encorajando as conjecturas e o pensamento divergente como parte do processo criativo. Assim, alunos e professores aprendem mutuamente, formulando problemas e tentando resolvê-los das mais diversas

formas possíveis. O desempenho é gerado pela prioridade à auto-imagem, transcendendo sempre o potencial de professores e alunos. Nesta perspectiva há uma grande preocupação com o ambiente da aprendizagem, através de implementação de tecnologias apropriadas.

Proposto pelo GATE ( Global Alliance for Transforming Education), documento que tornou-se mundialmente conhecido como Educação 2000, Uma Perspectiva Holística (1991), tem-se que: Holismo é um paradigma em ressurgimento baseado na interdependência entre teoria, investigação e prática em constante evolução. Propõe que o universo seja baseado no todo integrado às partes. Integridade versus unidade, contrasta com a fragmentação contemporânea; baseia-se no equilíbrio, conceito expandido da ciência e do potencial humano.

No paradigma holístico a escola é o local que facilita o ensino e o desenvolvimento completo dos educandos. O aluno holístico é visto pelo lado criativo, possui talentos únicos, emocionais, intelectuais e espirituais e possui uma capacidade ilimitada para aprender. É o centro da educação, da aprendizagem.

O professor dentro deste paradigma deve facilitar a aprendizagem, com autonomia, para estabelecer ambientes educacionais apropriados às necessidades dos seus alunos. Conhecendo suas próprias potencialidades, pode convidar o aluno a um processo de co-aprendizagem e criação conjunta. Deve estar sempre atento e consciente das necessidades de cada aluno, respeitando as suas diferenças, aptidões, etc.

A avaliação, na perspectiva holística, tem como função primária proporcionar ao estudante e ao professor informações que facilitem o

processo de aprender. Os objetivos mais importantes não são mensuráveis, portanto troca-se notas e exames padrão por avaliações personalizadas que permitam ao aluno sua própria direção. Leva-se, assim, ao conhecimento de si mesmo, da própria disciplina e de um entusiasmo autêntico por aprender, valorizando as capacidades individuais de cada aluno.

Desta maneira pretende-se que a Educação transforme os alunos, enquanto indivíduos pertencentes à todos os núcleos, tais quais, família, escola, sociedade, cidade, país, natureza e cosmos, partindo de uma célula e integrando-se ao todo. Portanto, uma educação holística pretende ser dinâmica, envolvendo todos aspectos inerentes ao ser humano como a ética, a moral, cultura, economia, política, ecologia, etc., através de uma leitura de mundo mais crítica e aberta.

O ser que aproveita todo o seu potencial para aprender sempre, conseguirá motivação para integrar e equilibrar as necessidades da vida econômica com os ideais humanos que transcendem a economia.

Um currículo holístico é interdisciplinar no sentido que integra, permeia e vivencia todas as formas de saber. E sobretudo, importante porque livre, faz com que alunos e professores aprendam a transformar-se. Assim, parafraseando FERGUSON (1997) em seu artigo Voar e ver: novos caminhos para o aprendizado, aproveitamos a metáfora para que o vôo-livre da transformação, seja também, o vôo para a libertação.

Estas perspectivas estão ainda dando seus primeiros passos, mas seu referencial teórico e epistemológico nos demonstra que não está longe de acontecer. Se não for por meio da educação formal, na qual nos empenhamos, certamente será por outra forma. Assim, nós da Universidade,

teremos que pagar pela nossa estática, enquanto tudo ao nosso redor nos tem demonstrado a dinâmica dos fatos. Nas palavras de CARDOSO, lê-se: “A atual abordagem holística da educação não pretende ser uma nova verdade que detenha a chave única das respostas para os problemas da humanidade. Ela é essencialmente uma abertura incondicional e permanente para o novo, para as infinitas possibilidades de realização do ser humano” ( 1995, p.47).

#### 4.6.2 - ABORDAGEM PROGRESSISTA

Dentro da visão holística já citada, optou-se por uma tendência pedagógica que buscasse a transformação da sociedade por meio da Educação. Uma leitura de mundo através da Química nos aproxima das idéias de PAULO FREIRE. Exímio educador, deixa saudades no seu país de nascimento, cujo povo inspirou suas idéias até seus últimos instantes. As obras de FREIRE transpiram amor e compreensão pela sociedade brasileira na busca da sua identidade e cidadania. Seu lema foi sempre o de **educar para libertar-se**, e a sua luz, seu **povo**.

Não é difícil contaminar-se com as idéias cristalinas deste educador que desvendou, como poucos, a alma brasileira. Aqui ou no exílio, sempre exaltou o desejo e o sonho da liberdade dos oprimidos, alfabetizando-se para a vida além de suas próprias fronteiras, dentro de uma abordagem progressista. Esta abordagem prevê uma estrutura que se contraponha aos padrões tradicionais de pouca autonomia aos professores e alunos, para que estes tenham mais e melhores condições de reinventar o conhecimento existente.

Para FREIRE: [...] “a abordagem da transferência de conhecimento é a mais adequada à manutenção da autoridade, [...] termina nas escolas e universidades passivas dominadas pela pedagogia de transferência, no País inteiro” (1995, p. 96). Infelizmente, desta maneira é mais fácil medir e quantificar, avaliando a nota e não o indivíduo, valorizando a memória e não a edificação de seu conhecimento e engrandecimento próprio.

A abordagem progressista prevê o rigor, mas um rigor com liberdade, para que as opiniões sejam ultrapassadas através do domínio da razão de ser dos seus fatos. FREIRE e SHOR escrevem no livro *Medo e Ousadia*, o cotidiano do professor, que a pedagogia progressista transforma, interpreta a realidade dos fatos, aproximando-se do objeto que vai sendo transformado. “Temos uma pedagogia criativa, que procura reinventar o conhecimento situado nos temas, nas necessidades, na linguagem dos estudantes como um ato de iluminação do poder na sociedade” (1995b, p.102).

Desta maneira pretende-se que a Educação realmente mostre o seu papel capaz de transformar a sociedade, realidade esta que se torna utópica à medida em que o *ser* parece estar dominado pelo *ter*.

Assim, tem-se visto uma luta bruta pelo poder econômico, como se economia não tivesse nenhuma conexão com política e ética. Não se pensa em distribuir os benefícios da evolução tecnológica, apenas em contabilizar ganhos, não importa se estiverem nas mãos de poucos.

FREIRE expressa esta ligação entre a educação e a transformação em todas as suas obras, mas esta leitura de mundo e da palavra foi muito bem colocada no livro *A pedagogia da esperança*, em que o autor aborda que a leitura de mundo não é imposta por acadêmicos, “o educando percebe as

relações mundo – consciência – prática – teoria - leitura de mundo- leitura da palavra – contexto – texto” ( 1992, p.106).

O conteúdo precisa ser trabalhado e não transferido de educador a educando. Há que se entender o que existe por trás dos currículos para democratizá-los através da participação de toda a sociedade. Pois, ao contrário do que é dito, a educação não é uma atividade neutra..... Quem prescreve o que deve ser estudado e o que deve ser omitido nos currículos de nossos filhos? Respondendo a estas questões, lê-se em FREIRE, no livro *A sombra desta mangueira*:

“Para que a finitude, que implica processo, reclame educação, é preciso que o ser nela envolvido se torne dela consciente. A consciência do inacabamento torna o ser educável. O inacabamento sem a consciência dele engendra o adestramento e o cultivo. Animais são adestrados, plantas são cultivadas, homens e mulheres se educam” (1995a, p.75).

Precisa-se perceber a totalidade dos sentidos, das razões, das emoções, captando através da curiosidade todas as indagações. Somente assim, constrói-se uma educação crítica e reflexiva, onde nas palavras de re FREIRE e SHOR, encontramos: “A curiosidade espontânea pode vir a se tornar epistemológica” (1995b, p.78).

A experiência através do diálogo permanente entre professores e alunos é fundamental para o crescimento de ambos. É séria, rigorosa e implica em posturas e não cópias de mestres. Pois, ambos necessitam de um contínuo aprimoramento para quem a formação é uma opção para toda a vida, e esta é uma marca do ensino progressista. ‘Na formação permanente

dos professores, o momento fundamental é o da reflexão crítica sobre a prática”( FREIRE,1997, p.43).

Não se pode aceitar de braços abertos que o capitalismo e seus beneficiários mais diretos comandem as nossas vidas, e que apenas aplaudamos as novas invenções como quem é pago para aplaudir um discurso político. Longe desta hipocrisia, existe um confronto interno diante da responsabilidade que cada professor tem ao expor suas idéias e ao mostrar a sua postura. A ambição tem dado mostras de sua capacidade de driblar os homens, sobretudo os jovens atentos à mídia e ao *marketing* que os instigam ao consumo permanentemente. Não nos cabe aqui, interpretar estes fatos, que em si, poderiam formar mais e mais trabalhos acadêmicos. No entanto, não se pode desprezar estes valores como alheios aos jovens, a quem confia-se o futuro.

Educar para transformar a sociedade, beneficiando-se da tecnologia para muitos, e não para poucos como se tem visto, não é sobremaneira, uma tarefa fácil. Sonhamos por esta pedagogia e que compreendemos ser uma alternativa mais humana de vida. Por isso é que nos sentimos mais educadores do que propriamente professores, embora saibamos que tudo isso transpareça como uma sombra, não vislumbrada por muitos.

A abordagem progressista não pretende transferir conhecimentos, mas criar oportunidades para que estes sejam permanentemente construídos. Assim forma-se e não informa-se aos alunos. FREIRE escreve: “Transformar a experiência educativa em puro treinamento técnico é amesquinhar o que há de fundamentalmente humano no exercício educativo: o seu caráter formador. Educar é substantivamente formar” (1997, p.37).

Para tanto, deve-se estimular uma pedagogia crítica, dinâmica, dialética, em que a ação seja o carimbo do pensamento que levou a fazê-la. Baseando-se nas obras já citadas de FREIRE, e especialmente em BEHRENS (1998), tem-se os tópicos a seguir em relação à abordagem progressista.

#### 4.6.2.1 - O aluno na abordagem progressista

O aluno nesta abordagem, participa dialogicamente com o professor no processo ensino-aprendizagem, analisando política, sócio-econômica e culturalmente o seu mundo. Caracteriza-se como sujeito ativo, criativo, responsável, crítico e co-responsável pelo processo de aprendizagem. Possui liberdade de expressão e pensamento, o que demanda uma ação ativa e reflexiva. Este aluno volta-se para a produção do conhecimento, participando da sua própria função e buscando a transformação para um mundo melhor. Vivencia o processo como sujeito histórico na educação, aprendendo a interpretar a realidade para transformá-la ou reconstruí-la. Este aluno participa com interesse na organização de seu currículo, buscando autonomia no processo de aprendizagem, assumindo uma auto-direção a partir da absorção de temas inseridos nos contextos sociais.

Dentro da Educação em Química é indispensável que o aluno reflita sobre o contexto desta ciência, para que em seu caminho possa utilizá-la para a melhoria do mundo através da Química, e não para a sua destruição, visando interesses passageiros.

#### 4.6.2.2 - O professor na abordagem progressista

O professor nesta abordagem, é um ser que encoraja a auto-organização dos estudantes, é um ser ativo, exigente, coerente, crítico e inquieto. Não é autoritário e nem licencioso, deve usar a sua autoridade dentro dos limites democráticos. É comprometido com um sonho político de mudança social, diferente sem ser antagônico, pois lidera um processo de transformação que não ocorreria por si só. Faz uma leitura de mundo dos grupos populares, não centra a sua prática educativa nem no educador e nem no educando, mas nas suas relações. Não impõe, mas propõe diferentes leituras de mundo, refletindo sobre a prática educativa em geral, e a sua própria. Relaciona-se dialogicamente com os alunos, ensina e aprende constantemente, empenhando-se na luta pela democratização. Domina o saber teórico, respeitando o saber dos alunos, atua como mediador do conhecimento para análise do contexto. É sujeito do processo educativo, liderando como professor e aprendendo como aluno. Assim, orienta e articula o processo do acesso ao saber elaborado, envolvendo os alunos num trabalho coletivo e significativo, direcionado à realidade social, conscientemente crítico. Ao basear a sua ação pedagógica na dialética, este professor progressista, educa para a problematização, mostrando a sua autoridade através da competência técnica e humana, encorajando o aluno a participar do processo de transformação. Desafia os limites de seus alunos, para que estes tenham iniciativas e comecem a fazer os seus trabalhos tentando resolver as problematizações formuladas. Este professor,

essencialmente humano, questiona as relações do homem com a natureza e com os outros homens.

#### 4.6.2.3 - A metodologia na abordagem progressista

#### 4.6.3.5 - A avaliação na ótica do Ensino com Pesquisa

Baseando-se nos mesmos autores já citados, temos que a avaliação dentro desta ótica faz parte de todo um processo, onde a participação envolve professores e alunos. O conhecimento do aluno é acompanhado nos trabalhos individuais e coletivos, incentivando a produção própria de textos, promovendo a sua autonomia. Permite seminários em que a auto-avaliação é um parâmetro importante, dando ao aluno a oportunidade de se pronunciar a respeito de sua caminhada no processo, bem como considerar a hetero-avaliação, instigando a crítica para a construção, e não para desmerecimento da atividade dos colegas. Assim, apresenta-se como processo constante de acompanhamento da evolução do aluno, de seu interesse na busca de novos dados, enfim, de todo o seu esforço e participação individual e coletiva. Leva ao processo de reconstrução do conhecimento, buscando a qualidade, o desenvolvimento e a transformação de todos os envolvidos no processo. Elimina as provas usuais, meramente de memorização, por um processo de elaboração e qualidade, com vistas à realidade.

PAOLI (1992) escreve que esta proposta metodológica traz a análise como forma de ensino. Assim, complementa que a análise implica no treino em habilidades intelectuais, como: *decompor e recompor argumentos*;

*estabelecer relações entre dados e os dados com teorias; elaborar abstrações a partir de regularidades e discrepâncias de dados e fatos, produzindo um certo nível de interpretação* (p.13). Deste modo há um desenvolvimento de habilidades de expressão, pois o aluno deve organizar as idéias da matéria dentro de todo um contexto e não reproduzi-las.

#### **4.6.4 – Aspectos Metodológicos do Ensino com pesquisa numa abordagem progressista e numa visão holística no Ensino de Química e Bioquímica**

##### **4.6.4.1 – O Aluno e a Aprendizagem**

Principal elemento do ato didático, sujeito principal do ensino, embora o principal papel do professor seja a aprendizagem do aluno, não se pode deixar de vê-lo em sua totalidade física e psicológica. Possui emoções, inclinações, interesses, etc. Portanto, para que o aluno aprenda, estão envolvidos muitos fatores, tais quais ele próprio, seu professor, sua escola ou universidade, seus amigos, seu interesse, motivação, maturidade e condições da escola em que estuda.

Para SPENCER e GIUDICE, segundo BARBERA (1980), .... *a aprendizagem compreende a captação do objeto a ser estudado, criação de novos questionamentos e respostas relativas a este, compreendê-lo verdadeiramente e transcender através de novos pontos.* (p.16). As ciências naturais, tal qual a química, baseiam-se em estudos feitos a partir de observações sistemáticas, elaborando-se respostas e definindo-se os fenômenos. Assim, através mesmo de simples laboratórios, os alunos

adquirem um novo sentido sobre os objetos, conhecendo a realidade das coisas e compreendendo com maior facilidade os fenômenos da vida.

O estudo experimental dos fenômenos físicos e químicos através da observação da natureza, proporcionam ao aluno uma visão mais crítica sobre a realidade e a natureza. Compreende a necessidade da higiene, o valor das matérias-primas e não a destruição ecológica. Tentando provar as hipóteses de seus experimentos, incrementa a percepção para erros e acertos, frustrações e momentos de alegria.

A aprendizagem, segundo CORRELL, (1969, p.45), possui cinco fases:

- 1- conflito entre a atitude psíquica anterior e uma nova situação
- 2- delimitação e localização das dificuldades, fixando-se metas de trabalho
- 3- início de possíveis soluções
- 4- lógica das conseqüências previsíveis e de suas possíveis soluções
- 5- aplicação das possíveis soluções concebidas pela mente frente a uma situação real: verificação

#### 4.6.4.2 - O desafio do professor

O professor atual está numa época de transformações, onde a sua função se situa entre a educação e a instrução. O professor de Química, ou de Ciências Naturais, deve possuir bastante curiosidade científica, conhecer a matéria em sua essência, dominando os métodos experimentais e técnicas de observação. Portanto, deve estar consciente da importância do seu papel e das conseqüências deste conhecimento no futuro. Para ele, é importante um entrosamento interdisciplinar, para promover um conhecimento mais sólido e crítico dos fenômenos.

#### 4.6.4.3 - Importância das Ciências Naturais

De acordo com BARBERA (p.22), são muitos os valores a serem adquiridos através do estudo de ciências, para a formação da personalidade.

Podemos citar alguns:

Quanto à informação e instrução: idéia compreensiva e unitária sobre o universo, interpretação racional dos fenômenos, atualização dos conhecimentos, incrementação da capacidade simbólica.

Quanto ao valor formal ou educativo: formação intelectual através da observação, criando hábitos, reforçando a imaginação, sensibilidade, criatividade, proporcionando o espírito científico, educando os sentidos, a descrição, amor à natureza, responsabilidade, humildade, sinceridade, formação moral através da honestidade intelectual, amor à verdade que se converte em exigência e necessidade, disciplinando a conduta, formação religiosa, atribuindo ao "Criador", a beleza natural e as leis que a regem, esforço pessoal e compreensão do sentido de fraternidade e ajuda ao próximo, formação cívico-social, buscando a elevação do nível científico coletivo, etc.

Quanto aos valores materiais, plásticos e utilitários: dão impulso e acrescentam o desenvolvimento da indústria e da técnica, inspirando o campo literário, plástico, decorativo, musical, rítmico, etc.

Desde o século XIX, a ciência tem demonstrado algumas aplicações práticas decorrentes de outras de séculos anteriores. Podemos exemplificar pelas locomotivas, navegação à vapor, telégrafo, telefonia, fósforo, luz a gás e elétrica, fotografia, raios X, análises espectrais, anestésicos, etc, precedidos por outros instrumentos sem os quais não se poderia ter chegado

aos conhecimentos atuais como, imprensa, bússola, o telescópio, a escrita, numeração arábica, etc.

#### 4.6.5 - A seleção dos conteúdos da disciplina

Para BARBERA (1980), os critérios para selecionar conteúdos podem ser: lógicos, psicológicos, utilitários ou ecléticos, conjugando os anteriores (Op. Cit., p.25). Optou-se por este último, porém haverá sempre uma preocupação quanto à hierarquia e sistematização dos princípios científicos, as necessidades pessoais e do meio-ambiente dos alunos, seus interesses, conteúdos conforme suas idades, e sucessivamente o grau de dificuldade em questão para que este conteúdo objetive uma formação integral do indivíduo.

Até este ponto já enfocou-se o aluno, o professor e o conteúdo, portanto é preciso aliar o meio-ambiente a eles, para que de fato comece-se a pensar num currículo significativo ao aluno. Em qualquer nível científico, o meio-ambiente não poderá ser deixado de lado, pois envolve aspectos familiares, sociais, culturais, ecológicos, econômicos e morais. Não se pode compreender os princípios científicos sem ter em mente os outros aspectos que envolvem o homem.

A ciência não é neutra como prega o positivismo, e nem é neutro o cientista. Portanto a missão de introduzir o aluno à Química ou à curiosidade científica na universidade, não é nada fácil. É preciso um vasto caminho que envolva conceitos fáceis para se chegar aos difíceis, objetos para se entender conceitos, comparações elementares e curiosas para compreender o juízo e a razão. Para que o aluno visualize e incremente a sua curiosidade ,

faz-se necessário partir do real ao ideal, do concreto ao abstrato e do prático ao teórico.

O conceito de Química é inesgotável. Para escolher alguns assuntos que serão abordados num currículo de 2º grau ou de uma universidade, é preciso ter muita cautela. O programa deve ser amplo, mas não pode prejudicar a clareza dos conceitos e as suas relações. Segundo BELTRAN e CISCATO (1995), *o programa pode e deve ser ambicioso, mas deve ter como parâmetro a sua viabilidade, definida pela necessidade de realmente ensinar Química (p.24)*. Os alunos precisam aliar a teoria à prática, e cabe a um conjunto harmonioso entre professores, alunos, assuntos abordados, instrumentos e interesse de todas as partes, o real sucesso da compreensão e aquisição do conhecimento. Para estes autores: *“Não adianta elaborar um curso de grande extensão, mas incompreensível para os alunos e que os leve apenas a decorar definições, leis, teorias, etc.”* (p. 24).

O aluno que compreende bem os princípios básicos que permeiam a Química, poderá desenvolver-se sem dificuldades, contradizendo a maioria dos alunos que chega à Universidade não gostando de Química, por apresentarem bastante dificuldade em relação a esta. Analisando este fato, vê-se que a crise no ensino de Química contempla uma má aplicação dos

No Brasil, o ensino com pesquisa começou a partir da Reforma Universitária de 1968. Porém, não poderia ocorrer rapidamente e nem possuía professores capacitados para isto, pois não haviam laboratórios adequados às pesquisas, principalmente nas Ciências Biológicas e Exatas. “Isso explica por que a pesquisa foi iniciada por via dos cursos de pós-graduação que, por serem menos numerosos, podiam receber apoio de

agências externas (FINEP, CNPq e CAPES) para se organizarem como centros de excelência, preparadores de novos pesquisadores e capazes, eles próprios, de realizar pesquisas”. (MIRANDA, 1988, p.17)

Assim, os cursos de pós-graduação receberam muitos incentivos para a pesquisa. Muitos professores da graduação, por sua vez, afastaram-se da obrigação de realizar pesquisa, mesmo porque estas envolvem muitos recursos e estes são destinados à áreas restritas de credenciamento. Os temas pesquisados raramente se relacionam com os conteúdos das disciplinas da graduação, o que faz com que raramente as instituições integrem a pesquisa ao ensino.

A pesquisa deve ser um processo baseado na construção de conhecimento, mas a sua realização depende de diversos fatores, alguns um tanto complexos, pois subjetivos, para serem viabilizados devem ser apreciados por pessoas conhecidas ou não. Se *conhecidas*, geralmente os projetos são avaliados e reiterados por comissões, e se não forem *conhecidas*, geralmente perecem nas gavetas. Esta burocracia faz um pseudo-juízo do pesquisador ou da pesquisa, de maneira que não se pode ocultá-la nos meios universitários. As pesquisas devem ser feitas em conjunto, e não individualmente, dentro de projetos pré-estabelecidos, para que coletivamente tenham uma finalidade para a sociedade, e não sejam apenas um troféu para um pesquisador.

PAOLI indica cinco propostas para defender o princípio da indissociabilidade entre o ensino e a pesquisa. São elas:

- avanço qualitativo em relação à salário, condições de trabalho para recuperar na prática e no cotidiano, a propriedade de definição do processo de trabalho
- construção de alternativas de estrutura e organização da pesquisa e do ensino, abrindo espaço para a convivência positiva entre as diferenças das instituições
- retomada da qualidade do ensino como tema do trabalho

- fazer ensino com pesquisa, pesquisa para o ensino, pesquisa do ensino, ensino para pesquisa
- revisar as instituições nas quais trabalhamos e as suas articulações com outros níveis de ensino ( 1988, p. 51-52).

No entanto, o ensino com pesquisa, de acordo com autores como DEMO e CUNHA, deve mostrar o conhecimento dentro de sua própria dinâmica, história de sua produção, tratando-o como provisório e não como verdade absoluta. O ensino com pesquisa deve valorizar a curiosidade, o questionamento, a crítica, a análise, através de idéias e argumentos que os sustentem. É preciso viver e perceber o conhecimento como interdisciplinar, e não estático, fragmentado, penetrando assim em outras disciplinas e abrindo os horizontes para a leitura de seus signos.

Portanto, o ensino com pesquisa “entende a pesquisa como um instrumento do ensino e a extensão como ponto de partida e de chegada da apreensão da realidade” (CUNHA, 1996, p.32). Desta maneira percebe-se que pesquisar com todo o suporte tecnológico, laboratorial e experimental em Química, requer muita política além da competência técnica, pois não é fácil obter recursos para a pesquisa.

O positivismo consolidou a cientificidade, mas organizou um conhecimento que se achava verdadeiro e acabado, e a universidade legitimou a reprodução dos modelos de fazer ciência. Através das críticas que o positivismo sofreu e vem sofrendo pelos estudiosos, a visão holística começa a tecer seus fios. Pois o consenso é que as coisas precisam mudar, porque o modelo vigente da universidade não está à frente das inovações da sociedade. Para tanto, o *Ensino com Pesquisa* trabalha com a dúvida, e seus caminhos são traçados através de erros e incertezas. Nesta perspectiva os currículos fragmentados existentes se contrapõem, pois tendem a colocar as

matérias teóricas antes das práticas, sem formular os problemas e as dúvidas dentro de cada campo de investigação. Como o campo é vasto, o medo e a incerteza certamente invadem os professores que estão à frente deste desafio. O caminho é tortuoso, duvidoso, porém emancipatório. “Para pensar o ensino com pesquisa será preciso reverter a lógica do ensino tradicional e tentar formulá-lo com base na lógica da pesquisa. Só com este esforço pode-se pensar num processo integrador na aula universitária” ( CUNHA, 1997, p.83).

O aluno nesta perspectiva deve ter as condições básicas e fundamentais para produzir, espaço para ler, refletir, observar, catalogar, etc. “Ou estamos trabalhando para a reprodução e a dependência ou queremos educar para a autonomia e a independência intelectual e social” (CUNHA, in MOROSINI, 1997, p.84).

O Ensino com Pesquisa enquanto inovador, pretende avançar na medida em que o processo de investigação perpassa a formação da cidadania, da ética e da consciência de alunos e professores numa ação dialética. Baseada nos autores já citados como DEMO, CUNHA, MASETTO e outros citados por estes, o *Ensino com Pesquisa*, fundamentado na produção do conhecimento, entende este último como provisório e relativo na sua dimensão histórica, valorizando a reflexão crítica, instigando a análise, a ação, a curiosidade, a dúvida, enfim, os pensamentos divergentes. Valoriza o saber que os alunos trazem do senso comum, para que possam torná-lo científico, sistematizado, através da pesquisa como atividade cotidiana do ser humano na sua leitura de mundo.

Para tanto, o professor deve ser mediador no processo, orientar os alunos no estudo levando-os à emancipação, e tendo a pesquisa como instrumento de ensino. Como já foi citado neste trabalho, CUNHA escreve que a extensão deve ser o ponto de partida e de chegada da apreensão da realidade. A responsabilidade deste professor aliada à sua competência, devem nortear o processo, que desafia o modelo vigente, mas que para deixar de ser utópico, deve contaminar os pares da academia, o mais rápido possível.

Como escreve GIROUX: “Essencial para a categoria de intelectual transformador é a necessidade de tornar o pedagógico mais político e o político mais pedagógico” (1997, p.163).

Desta maneira, através da reflexão e de ações críticas, os professores como intelectuais transformadores poderiam tornar seus alunos mais sensíveis às questões econômicas, sociais e políticas, cuja injustiça ameaça a toda a humanidade. Se a Universidade, ao considerar-se neutra e apolítica, continuar cega frente aos desafios que se encontram em frente das suas portas, corre o risco de fechá-las e de mergulhar no seu próprio abismo.

Reforçando os dizeres de CUNHA e de GIROUX, o sociólogo DEMO enumera quatro pressupostos fundamentais para a educação pela pesquisa.

São eles:

“a convicção de que a educação pela pesquisa é a especificidade mais própria da educação escolar e acadêmica, o reconhecimento de que o questionamento reconstrutivo com qualidade formal e política é o cerne do processo de pesquisa, a necessidade de fazer pesquisa atitude cotidiana no professor e no aluno e a definição de educação como processo de formação da competência histórica humana” (1997a, p.7).

Desta maneira, opõe-se à atual estrutura repetitiva e trabalha-se por um questionamento crítico, num processo de reconstruir o conhecimento sem cópias, não dicotomizando teoria e prática, mas unindo-as efetivamente.

Neste contexto, a aula expositiva copiada não mais deverá ser a marca do professor, e apenas auxiliar para introduzir temas, reordenar trabalhos, porém em encontros esporádicos, valorizando a qualidade dos encontros, e não a quantidade. DEMO escreve: “Por questionamento compreende-se a referência à formação do sujeito competente, no sentido de ser capaz de, tomando consciência crítica, formular e executar projeto próprio de vida no contexto histórico” (1997a, p.10).

Com esta concepção espera-se que a crítica saia do papel e possa intervir, formando o sujeito competente. Já por reconstrução, DEMO compreende o *aprender a aprender*, renovando o já conhecido e inovando também, visando a competência do conhecimento inovador. O *Ensino com Pesquisa* aliado à uma abordagem progressista prevê o diálogo entre alunos e professores e uma leitura de mundo cotidiana e crítica. Para DEMO, pesquisa é:

Em termos cotidianos, pesquisa não é ato isolado, intermitente, especial, mas atitude processual de investigação diante do desconhecido e dos limites que a natureza e a sociedade nos impõem. Faz parte de toda prática, para não ser ativista e fanática. Faz parte do processo de informação, como instrumento essencial para a emancipação. Não só para ter, sobretudo para ser, é mister saber (1991, p.16).

A pesquisa não busca apenas conhecimento, mas como interventora na realidade é também atitude política. Assim, a escola deve possuir meios para instrumentalizar os alunos e professores dentro desta concepção, comportando boas bibliotecas, computadores atualizados conectados com o mundo extra-escolar, espaço adequado, etc. Todos estes aparatos são

instrumentais para uma boa pesquisa e uma construção do conhecimento para professores e alunos, não supervalorizando e nem desprezando nenhum destes. As ferramentas são indispensáveis para uma pesquisa, mas a leitura crítica vai muito além de um bom computador. “Ao mesmo tempo que se depositam nos meios eletrônicos esperanças expressivas no campo didático-educativo, cabe reconhecer que seu lugar é de recurso instrumental” (DEMO, 1997b, p.3).

Para uma boa aprendizagem é preciso valer-se de estratégias didáticas, muita leitura, apoio familiar, manejo eletrônico com uso intensivo do tempo escolar. Através destes referenciais, DEMO considera que é preciso estabelecer as diferenças entre ensino e educação, baseado em relações individuais e relações sociais, uma vez que a teleducação surge como uma alternativa no ensino. Portanto não se pode divinizar a informática, fazendo com que esta substitua a escola. Na teleducação, corre-se o risco de não haver um confronto dialético, sobretudo no Ensino à Distância, no que tange à formação e à informação. O professor deverá ser bastante competente para não banalizar este modelo, sabendo que os meios eletrônicos são instrumentos para melhorar a educação escolar, e não para substituí-la.

Conclui-se então, que o Ensino com Pesquisa acontece realmente quando o ensino se faz educação, através de uma análise lógica e crítica da realidade, fundamentado na pesquisa, de modo que intervenha nesta realidade. O conhecimento é assim construído e reconstruído continuamente.

#### 4.6.3.1 - O aluno na perspectiva do Ensino com Pesquisa

Embora já tenham sido citadas muitas das características desta abordagem, baseando-se em DEMO (1994), percebe-se o aluno neste contexto como sujeito crítico, criativo, sujeito histórico ineludível, capaz de definir o seu espaço coletivamente. O domínio e a produção do conhecimento formam o seu capital. É um ser capaz de aprender a aprender e de saber pensar, características muito mais importantes do que treinamentos, capacitando o aluno a intervir na sua prática. O aluno possui o compromisso de sair da cópia para mostrar-se habilitado para construir conhecimento. Participando como sujeito crítico e criativo, propõe alternativas. Esta participação leva-o ao caminho da autonomia, pois trabalha junto com o professor, seu parceiro, para construir seu próprio conhecimento, contemplando a pesquisa como atitude cotidiana. Este aluno abandona a condição de objeto da aprendizagem assumindo uma postura de sujeito no processo pedagógico. De acordo com BEHRENS, “o aluno pode errar para aprender, desafiar para criar, tornar-se ousado para construir novos conhecimentos” (1998, p.1).

#### 4.6.3.2 - O professor no Ensino com Pesquisa

Nesta abordagem, o professor deve estimular os alunos a reelaborar os argumentos já propostos, para que os interpretem e os refaçam com autonomia e linguagem próprias, baseados nas suas críticas, nas suas propostas, inovando, intervindo e participando. Como um profissional

autônomo, renovador, deve também apresentar características criativas, críticas e transformadoras. Produz conhecimento com autonomia, e portanto, dá confiança aos seus alunos para trilharem o mesmo caminho. Estimula e teoriza a prática.

Segundo FAZENDA “toda prática tem a sua sustentação na teoria e toda teoria revela ou confirma uma prática” (1991, p.84). Baseando-se nesta vivência, o professor neste caminho, atualiza-se permanentemente, repensando a sua prática, orientando seus alunos e inovando. Este professor é participativo, crítico da sociedade, embasado em críticas construtivas de análise da realidade na qual está inserido. No entanto, mostra a sua autoridade sem ser autoritário, pois trabalha em parceria com o aluno num processo dialógico, competente, que estimula a criação tanto individual, quanto coletiva, atuando como parceiro mais experiente no processo. Participa ativamente na rede de informações e outros instrumentos eletrônicos, pois mantém-se atualizado e passa estas informações aos alunos, estimulando o acesso ao conhecimento disponível e valorizando o saber acumulado pelo aluno. De acordo com BEHRENS (1998), o professor torna-se questionador para participar como profissional crítico da sociedade, mediando o processo de produção do conhecimento, intervindo sistematicamente neste, com inovação, ampliando caminhos para emancipação de todos os sujeitos envolvidos nas suas pesquisas.

#### **4.6.3.3 - A metodologia do Ensino com Pesquisa**

Para que professores e alunos possam consagrar as suas aspirações através da pesquisa, esta metodologia, conforme já citado, baseia-se no *aprender a aprender* e no ensino pela pesquisa. BEHRENS (1998) escreve que a metodologia provoca a união da teoria e da prática, instigando o questionamento sistemático e a discussão, como critério principal da cientificidade. Teorizando práticas, valoriza a elaboração própria e coletiva, visando a participação para interferir na realidade, levando em conta a vivência do aluno. Aulas expositivas são utilizadas para introduzir assuntos e problematizá-los para que os alunos elaborem projetos para as suas pesquisas, que cotidianas, perpassam por todos os níveis do conhecimento. Instigando trabalhos em equipe, visa-se a disciplina e a organização, não descartando instrumentos que ajudem na motivação dos alunos, como interações lúdicas, leituras, manejo eletrônico. Parte-se da contextualização da leitura até a sistematização do conhecimento, para que através do processo de pesquisa e questionamento reconstrutivo, chegue-se a um nível de competência e interferência no meio em que se encontram.

O processo tende a ser produtivo, provocativo, criativo, investigador e prazeroso, provocando estratégias de ensino que facilitem a pesquisa e a construção de conhecimento individual e coletivo, desenvolvendo autonomia para professores e alunos. Não aceita a reprodução do conhecimento sem análise e crítica, questionando-os constantemente.

PAOLI propõe assumir a procura de criatividade para o Ensino com Pesquisa desta maneira:

*Trata-se de conceber o estudo como uma situação construtiva e significativa, implicando um certo treino e disciplina do trabalho intelectual, porém redefinindo-se as noções tradicionais de disciplina e de conteúdo de ensino. Para que essa disciplina seja significativa, os conteúdos devem se propor a quebrar as formas*

*"lineares" da programação, através de novas formas de seleção e articulação de conteúdos a partir de temas, questões, problemas. ( 1992, p.12)*

Através desta relação dialógica entre professores e alunos, conhecimento acumulado e novo, teoria e prática, sujeito e objeto, etc., pretende-se que este enfrentamento auxilie na capacidade de formular e executar projetos próprios. Somente assim, ter-se-ia uma educação com participação e qualidade, integrando a qualidade formal e a política, para interferindo na realidade do contexto, político-econômico, científico e social, chegar-se a uma autonomia de fato.

#### **4.6.3.4 - A escola na perspectiva do Ensino com Pesquisa**

Para viabilizar o papel da metodologia, dos alunos e professores, o Ensino com Pesquisa prevê um local onde toda essa estrutura possa ser levada adiante. Sendo assim, a escola aparece como um local organizado, onde haja espaço para criar, criticar, acompanhar a pesquisa, construir conhecimento, possuir bibliotecas bem equipadas, meios eletrônicos de última-geração, ambiente inovador, transformador e participativo. A escola nesta perspectiva deve trabalhar em parceria com outros segmentos da sociedade, como empresas, centros de pesquisa, visando o bem geral da sociedade e não a ascensão própria do pesquisador. Deve estar atenta às transformações tecnológicas, criando bases científicas que transformem os recursos disponíveis em benefícios para todos.

#### 4.6.3.5 - A avaliação na ótica do Ensino com Pesquisa

Baseando-se nos mesmos autores já citados, temos que a avaliação dentro desta ótica faz parte de todo um processo, onde a participação envolve professores e alunos. O conhecimento do aluno é acompanhado nos trabalhos individuais e coletivos, incentivando a produção própria de textos, promovendo a sua autonomia. Permite seminários em que a auto-avaliação é um parâmetro importante, dando ao aluno a oportunidade de se pronunciar a respeito de sua caminhada no processo, bem como considerar a hetero-avaliação, instigando a crítica para a construção, e não para desmerecimento da atividade dos colegas. Assim, apresenta-se como processo constante de acompanhamento da evolução do aluno, de seu interesse na busca de novos dados, enfim, de todo o seu esforço e participação individual e coletiva. Leva ao processo de reconstrução do conhecimento, buscando a qualidade, o desenvolvimento e a transformação de todos os envolvidos no processo. Elimina as provas usuais, meramente de memorização, por um processo de elaboração e qualidade, com vistas à realidade.

PAOLI escreve que esta proposta metodológica traz a análise como forma de ensino. Assim, complementa que a análise implica no treino em habilidades intelectuais, como: “decompor e recompor argumentos; estabelecer relações entre dados e os dados com teorias; elaborar abstrações a partir de regularidades e discrepâncias de dados e fatos, produzindo um certo nível de interpretação” (1992, p.13). Deste modo há um desenvolvimento de habilidades de expressão, pois o aluno deve organizar as idéias da matéria dentro de todo um contexto e não reproduzi-las.

#### **4.6.4 – Aspectos Metodológicos do Ensino com pesquisa numa abordagem progressista e numa visão holística no Ensino de Química e Bioquímica**

##### **4.6.4.1 – O Aluno e a Aprendizagem**

Principal elemento do ato didático, sujeito principal do ensino, embora o principal papel do professor seja a aprendizagem do aluno, não se pode deixar de vê-lo em sua totalidade física e psicológica. Possui emoções, inclinações, interesses, etc. Portanto, para que o aluno aprenda, estão envolvidos muitos fatores, tais quais ele próprio, seu professor, sua escola ou universidade, seus amigos, seu interesse, motivação, maturidade e condições da escola em que estuda.

Para SPENCER e GIUDICE (1967), [...] "a aprendizagem compreende a captação do objeto a ser estudado, criação de novos questionamentos e respostas relativas a este, compreendê-lo verdadeiramente e transcender através de novos pontos". As ciências naturais, tal qual a química, baseiam-se em estudos feitos a partir de observações sistemáticas, elaborando-se respostas e definindo-se os fenômenos. Assim, através mesmo de simples laboratórios, os alunos adquirem um novo sentido sobre os objetos, conhecendo a realidade das coisas e compreendendo com maior facilidade os fenômenos da vida.

O estudo experimental dos fenômenos físicos e químicos através da observação da natureza, proporcionam ao aluno uma visão mais crítica sobre

a realidade e a natureza. Compreende a necessidade da higiene, o valor das matérias-primas e não a destruição ecológica. Tentando provar as hipóteses de seus experimentos, incrementa a percepção para erros e acertos, frustrações e momentos de alegria.

A aprendizagem, segundo CORRELL, possui cinco fases:

- 1- conflito entre a atitude psíquica anterior e uma nova situação
- 2- delimitação e localização das dificuldades, fixando-se metas de trabalho
- 6- início de possíveis soluções
- 7- lógica das conseqüências previsíveis e de suas possíveis soluções
- 8- aplicação das possíveis soluções concebidas pela mente frente a uma situação real: verificação (1969, p.45).

#### 4.6.4.2 - O desafio do professor

O professor atual está numa época de transformações, onde a sua função se situa entre a educação e a instrução. O professor de Química, ou de Ciências Naturais, deve possuir bastante curiosidade científica, conhecer a matéria em sua essência, dominando os métodos experimentais e técnicas de observação. Portanto, deve estar consciente da importância do seu papel e das conseqüências deste conhecimento no futuro. Para ele, é importante um entrosamento interdisciplinar, para promover um conhecimento mais sólido e crítico dos fenômenos.

#### 4.6.4.3 - Importância das Ciências Naturais

De acordo com BARBERA (1980), são muitos os valores a serem adquiridos através do estudo de ciências, para a formação da cidadania.

Pode-se citar alguns:

Quanto à informação e instrução: idéia compreensiva e unitária sobre o universo, interpretação racional dos fenômenos, atualização dos conhecimentos, incrementação da capacidade simbólica.

Quanto ao valor formal ou educativo: formação intelectual através da observação, criando hábitos, reforçando a imaginação, sensibilidade, criatividade, proporcionando o espírito científico, educando os sentidos, a descrição, amor à natureza, responsabilidade, humildade, sinceridade, formação moral através da honestidade intelectual, amor à verdade que se converte em exigência e necessidade, disciplinando a conduta, formação religiosa, atribuindo ao "Criador", a beleza natural e as leis que a regem, esforço pessoal e compreensão do sentido de fraternidade e ajuda ao próximo, formação cívico-social, buscando a elevação do nível científico coletivo, etc.

Quanto aos valores materiais, plásticos e utilitários: dão impulso e acrescentam o desenvolvimento da indústria e da técnica, inspirando o campo literário, plástico, decorativo, musical, rítmico, etc.

Desde o século XIX, a ciência tem demonstrado algumas aplicações práticas decorrentes de outras de séculos anteriores. Podemos exemplificar pelas locomotivas, navegação à vapor, telégrafo, telefonia, fósforo, luz a gás e elétrica, fotografia, raios X, análises espectrais, anestésicos, etc, precedidos por outros instrumentos sem os quais não se poderia ter chegado

aos conhecimentos atuais como, imprensa, bússola, o telescópio, a escrita, numeração arábica, etc.

#### 4.6.5 - A seleção dos conteúdos da disciplina

Para BARBERA (1980), os critérios para selecionar conteúdos podem ser: lógicos, psicológicos, utilitários ou ecléticos, conjugando os anteriores. Optou-se por este último, porém haverá sempre uma preocupação quanto à hierarquia e sistematização dos princípios científicos, as necessidades pessoais e do meio-ambiente dos alunos, seus interesses, conteúdos conforme suas idades, e sucessivamente o grau de dificuldade em questão para que este conteúdo objetive uma formação integral do indivíduo.

Até este ponto já se enfocou o aluno, o professor e o conteúdo, portanto é preciso aliar o meio-ambiente a eles, para que de fato se comece a pensar num currículo significativo para o aluno. Em qualquer nível científico, o meio-ambiente não poderá ser deixado de lado, pois envolve aspectos familiares, sociais, culturais, ecológicos, econômicos e morais. Não se pode compreender os princípios científicos sem ter em mente os outros aspectos que envolvem o homem.

A ciência não é neutra como prega o positivismo, e nem é neutro o cientista. Portanto a missão de introduzir o aluno à Química ou à curiosidade científica na universidade, não é nada fácil. É preciso um vasto caminho que envolva conceitos fáceis para se chegar aos difíceis, objetos para se entender conceitos, fazer comparações, etc. Para que o aluno incremente a

sua curiosidade , faz-se necessário partir do real ao ideal, do concreto ao abstrato e do prático ao teórico.

O conceito de Química é inesgotável. Para escolher alguns assuntos a serem abordados num currículo de Ensino Médio ou Superior, é preciso ter muita cautela. O programa deve ser amplo, mas não pode prejudicar a clareza dos conceitos e as suas relações. Segundo BELTRAN e CISCATO: “o programa pode e deve ser ambicioso, mas deve ter como parâmetro a sua viabilidade, definida pela necessidade de realmente ensinar Química” (1995, p.24). Os alunos precisam aliar a teoria à prática, e cabe a um conjunto harmonioso entre professores, alunos, assuntos abordados, instrumentos e interesse de todas as partes, o real sucesso da compreensão e aquisição do conhecimento. Para estes autores: “Não adianta elaborar um curso de grande extensão, mas incompreensível para os alunos e que os leve apenas a decorar definições, leis, teorias, etc.” (p. 24).

O aluno que compreende bem os princípios básicos que permeiam a Química, poderá desenvolver-se sem dificuldades, contradizendo a maioria dos alunos que chega à Universidade não gostando de Química, por apresentarem bastante dificuldade em relação a esta. Analisando este fato, vê-se que a crise no ensino de Química contempla uma má aplicação dos poucos recursos dados à área e problemas de caráter metodológico. Como resultado tem-se cursos que não aliam o conteúdo com a compreensão ou que com uma rapidez incrível, passam pelos fenômenos e conceitos, dando regras a fim de resolver as listas de exercícios, prevalecendo a memorização de nomes, fórmulas, fatos, teoria química sem vínculos com a prática,

seqüências inadequadas entre conteúdos da disciplina, falta de atividades experimentais convenientes, etc.

“O conteúdo da ciência sem suas origens e sua caminhada, não mostra a sua construção. É passado como algo absoluto, sem questões nem contradições”. (BELTRAN e CISCATO 1995, p.17).

KRASILCHIK (1987) ainda complementa como deficiência do estudo das ciências, a passividade dos alunos frente aos métodos adotados, não criando assim uma forma crítica de reflexão.

No entanto, por experiência própria, sabe-se que a extensão do programa de Química requerida pelo Ensino Médio e exigida no vestibular é enorme. Não se pode julgar os alunos pela falta de interesse que estes têm demonstrado pela Química desde o início e conseqüentemente na universidade. Os alunos que optam por cursos de Química e áreas correlatas, precisam na sua maioria, serem introduzidos novamente à Química, com nova roupagem. Esta é uma realidade bastante triste, pois nos coloca frente a um questionamento: será que a atual política de vestibular, não está comprometendo o ensino da Química no Ensino Médio? Aqueles que não tiverem a oportunidade de rever estes conceitos e de adaptá-los à sua realidade, certamente continuarão vendo a Química como uma ciência que apenas destrói a natureza, sinônimo de veneno e poluição.

Geralmente os programas confundem quantidade com qualidade, e ao estudá-los superficialmente, perdem a essência e a construção do seu conhecimento através de memorização. A Química é muito extensa, mas é compreendida por conceitos e leis básicas que a permeiam. Compreendendo de fato estes princípios, todo o restante torna-se muito mais claro. Após a

escolha dos principais conceitos que serão trabalhados pelo curso, faz-se necessária uma organização adequada, através de uma seqüência que torne a compreensão da química cada vez mais clara.

Um exemplo na disciplina de Química Geral e Inorgânica I e II, pode ser dado, como primeiramente o estudo do conceito de substância. O mesmo será visto muitas vezes, pois compreende cada tipo de molécula. É preciso entender alguns conceitos básicos sobre as reações, estrutura atômica, tabela periódica e leis periódicas, para então compreender-se sem dificuldade os diferentes tipos de ligações químicas, iônicas, covalentes, metálicas e suas respectivas estruturas. Em Bioquímica, seria impossível introduzir a disciplina falando sobre sofisticados exames de saúde, sem levarmos em conta a construção do conhecimento a partir das unidades constituintes das macromoléculas e do metabolismo celular.

É preciso desmistificar o estudo das ciências naturais, cercado-se de elementos do cotidiano. Apenas desta maneira conseguir-se-á êxito neste trabalho, pois a dicotomia existente entre a teoria e a prática tem sido um obstáculo presente em nossa prática pedagógica. Deve-se partir de fatos reais, vividos no dia-a-dia, como alimentos, pasta de dente, vestimentas, etc. Para tanto, insiste-se na necessidade de um curso com uma seqüência que privilegie os conceitos básicos mais relevantes da química e que possua uma unidade com lógica interna e significativa ao aluno. Somente assim, poder-se-á esperar que o aluno compreenda a construção da química, que seja criativo, crítico em relação aos seus problemas, desenvolvendo ou analisando qualquer projeto ou raciocínio sobre a natureza. Os assuntos a serem

apresentados devem estar relacionados com os assuntos anteriores, de maneira a ampliarem os conhecimentos.

Alguns objetivos nunca devem estar longe dos organizadores do curso, ou da mente dos professores e avaliadores. São eles: o cultivo dos sentidos e da observação, que ajuda a estimular as inteligências múltiplas, o interesse pelo conhecimento do mundo, a compreensão, desenvolvimento e valer-se de métodos científicos, a aquisição da atividade crítica, perceptiva, imaginativa, a proteção e conservação dos recursos naturais e finalmente, a intervenção feita pelo professor em momentos adequados

#### 4.6.6 – PROPOSIÇÃO METODOLÓGICA

Para SPENCER e GIUDICE , descrito por BARBERA, o método é: “um procedimento ordenado para chegar a um fim [...], está determinado pelos fins, e estes têm um sentido histórico e funcional de acordo com a época e com as necessidades vitais dos indivíduos, e o instrumento necessário para a investigação, sistematização, exposição e divulgação dos conhecimentos” (1980, p.44). ( tradução da autora)

Mas para escolher um método didático e avaliá-lo da melhor maneira possível, faz-se necessário um bom mestre para orientar, delimitar conteúdos num determinado currículo, escolher os objetivos a serem desenvolvidos, material didático e laboratorial disponíveis, ambientes adequados, número de alunos coerente com um bom aproveitamento em sala de aula, técnicas adequadas e de compreensão para os alunos. Utiliza-se na PUC-PR uma proposição metodológica que contempla a prática experimental também

chamada de científica, por considerá-la a mais adequada ao ensino das ciências, sem paralisá-la no cunho positivista que a escolheu. Do escuro ao claro, do úmido ao seco, de metais a não-metais, as interações químicas dão-se pelas atrações de opostos, formando um novo todo, a cada transformação.

O aluno deve observar, medir, comunicar, classificar, inferir, prever, controlar variáveis e estar ciente de suas limitações para que então forme os seus conceitos. Deve conhecer as finalidades das experiências, refletir sobre os experimentos e fazê-los com rigor, para então aplicar estes conhecimentos em um leque maior de situações cotidianas. Assim, não se nega a técnica, pelo contrário, esta é colocada como instrumento para a emancipação.

Nos laboratórios da PUC-PR, onde vivenciam-se aulas práticas, os experimentos são feitos por bancadas, subdivididos em pequenos grupos e em horários distintos. Procura-se aliar as aulas teóricas às práticas, sempre analisando algum aspecto importante do primeiro. Porém, os alunos que se interessarem, podem inscrever-se em algum projeto de iniciação científica. Duas aulas são teóricas e duas são práticas por semana, tanto na disciplina de Bioquímica, quanto na de Química Geral e Inorgânica I e II. Embora sejam disciplinas bastante distintas, e lecionadas para áreas distintas, os métodos para a construção de seus significados são bastante semelhantes, visto que as duas disciplinas serem básicas e introdutórias aos respectivos cursos. A proposição metodológica que alia a experiência à teoria é indutiva, mas utiliza-se de deduções e análises, estabelecendo inter-relações entre si. O aluno adquire conhecimento através da compreensão, assimilação e integração dos fenômenos. Para tanto, de acordo com BARBERA, lança mão de suas emoções como: "sensação, percepção, imagem, conceito, juízo e

raciocínio” (1980, p.59). Estes conhecimentos adquiridos devem fazer com que os alunos ampliem as suas fronteiras, compreendendo os fenômenos de maneira mais conectada, relacionando-os às demais ciências. Porém, devem sempre ter em mente a dinâmica da Química e a fragilidade de seus modelos. Embora a Química tenha sido sempre estudada como verdadeira e acabada, portanto estática, sabe-se que como ciência de transformações, é dinâmica, estudando os fenômenos dentro das concepções de cada época histórica. As verdades de hoje, podem não ser as verdades de amanhã. A ciência não é imutável.

## CAPÍTULO 5

### 5 - O CAMINHO PERCORRIDO NA PESQUISA

No intuito de utilizar-se dos paradigmas emergentes aplicados ao Ensino da Química e áreas afins na Educação Superior, optou-se por uma metodologia inovadora que alicerçou a pesquisa qualitativa no processo ensino-aprendizagem. Para tanto, a metodologia científica escolhida para ser adotada, uma metodologia de pesquisa qualitativa, foi a pesquisa-ação.

A pesquisa-ação pressupõe: a participação consciente dos sujeitos envolvidos na pesquisa, alunos e pesquisador, realizando-a e dando veracidade aos seus resultados, a intervenção no processo, quando necessária e obedecendo a cooperação de todos os sujeitos envolvidos, transformando a realidade. Desta forma, a pesquisa-ação não se restringe à aquisição de dados, mas sim, em produto da transformação da realidade.

De acordo com THOLLENT, a pesquisa-ação propõe:

Haver ampla e explícita interação entre pesquisador e pessoas implicadas na situação investigada. Esta interação deve resultar na ordem de prioridade dos problemas a serem pesquisados e das soluções a serem encaminhadas sob forma de ação concreta. O objetivo de investigação não é constituído pelas pessoas e sim pela situação social e problemas de diferentes naturezas encontradas na situação. O objetivo da pesquisa-ação consiste em resolver ou pelo menos, em esclarecer os problemas da situação observada. Deve haver durante o processo, um acompanhamento das decisões, das ações e de toda a atividade intencional dos atores da situação. A pesquisa não se limita a uma forma de ação: pretende-se aumentar os conhecimentos dos pesquisadores e o conhecimento ou "nível de consciência" das pessoas e grupos considerados. ( 1992, p.16)

Assim, alunos e professores se tornam parceiros nesta empreitada. Para resolverem os problemas propostos, devem associar-se em uma ação conjunta para solucionar um problema coletivo. Professores e alunos

aprendem juntos e uns com os outros, respeitando o conhecimento do professor como um líder, mas não como um ditador.

Como já foi citado no primeiro capítulo desta dissertação, buscando resultados socialmente mais relevantes, dentro da pesquisa qualitativa, propõe-se um modelo de pesquisa-ação, que segundo THIOLENT : “é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos do modo cooperativo ou participativo” ( 1996, p.14).

Na metodologia de ensino aplicada à disciplina de Bioquímica I e II, professor e alunos caminharam juntos no afã de desenvolver trabalhos próprios que envolviam mais do que os conteúdos das disciplinas em questão, abrangendo diversos caminhos que levavam a Bioquímica às questões fundamentais da energia e do movimento, que regem tanto Bioquímica e Educação Física, quanto Bioquímica e Fisioterapia.

### **5.1 - A opção pela pesquisa qualitativa**

De acordo com LÜDKE (1986, p.11-13), uma pesquisa qualitativa deve ter como pressupostos fundamentais, os seguintes princípios: a) o ambiente natural deve ser tomado como fonte direta de obtenção dos dados, sendo o pesquisador, o principal instrumento desta obtenção; b) os dados coletados devem ser, descritivos preferencialmente, não excluindo evidentemente os dados quantitativos. Os relatos da pesquisa devem ser descritos através de

entrevistas, questionários, depoimentos, fotografias, desenhos, documentos, etc... ; c) a preocupação com o processo deve ser priorizada em relação ao produto; d) os depoimentos pessoais dos sujeitos da pesquisa devem analisados com atenção pelos pesquisadores.

## 5.2 - **Sujeitos envolvidos e a Instituição**

Participaram desta pesquisa 156 alunos, dentre os alunos matriculados na disciplina de Bioquímica I e II, respectivamente no 1º ano de Fisioterapia e no 2º ano do curso de Educação Física. A disciplina para o curso de Fisioterapia possui carga horária dobrada, pois compreende também aulas práticas semanais.

Ao adotar-se o Ensino com Pesquisa numa visão holística e numa abordagem progressista, observa-se o quanto os alunos estão acostumados à cópia, aos conteúdos fragmentados, à compartimentalização das idéias. No entanto, grande parte destes alunos, percebe logo que a pesquisa aumenta a sua curiosidade e capacidade de questionamento. Desta maneira, foi fácil perceber os avanços dos alunos de Educação Física, que embora tenham na sua maioria, uma enorme dificuldade em Química, conseguem ligar aspectos bioquímicos e metabólicos aos seus exercícios e treinos de uma maneira mais elaborada.

Baseando-se nos pressupostos metodológicos que nortearam esta pesquisa, buscou-se uma proposta metodológica que viesse ao anseio de concretizá-la na prática da sala de aula. Esta proposta metodológica vem direto ao confronto com a utilização tradicional das provas, que enquanto

quantitativas medem, mas muitas vezes medem a *cola*, o *stress* emocional e a memorização, em detrimento de um processo que, ao contrário, não se apaga. Assim, aumenta o interesse pelos conteúdos da disciplina e ampliam-se conhecimentos em todas as direções, pois, os alunos começam a vislumbrar as redes que permeiam o conhecimento.

### 5.3 - Fases da pesquisa na proposta de trabalho pedagógico

Através da metodologia baseada nos paradigmas emergentes que propõe-se nesta pesquisa, pretende-se exercitar a capacidade do *aprender a aprender*, ampliando a autonomia dos alunos na elaboração própria e num trabalho coletivo com argumentos, capacidade de análise e crítica.

A **primeira fase** começou com a escolha dos temas que mais interessavam aos alunos de acordo com os seus cursos, aliando a bioquímica a estes, permeados através do metabolismo, bioenergética, assuntos a serem estudados no 3º bimestre do ano letivo, época em que foi feita a pesquisa.

A autora inicialmente trouxe a proposta de pesquisa às salas de aula, convidando os alunos a participarem desta proposição pedagógica. Foram escolhidos seis temas, problematizados, e de acordo com o interesse dos alunos e cursos, divididos em equipas. As bases do metabolismo foram contextualizadas para que fosse dado um rumo às suas primeiras pesquisas, envolvendo os temas propostos, cuja bibliografia estava disponível na biblioteca da universidade. Estes temas foram : nutrição humana e/ou nutrição humana para o atleta, energia para a atividade física,

aprimoramento da capacidade energética, hormônios e o exercício, sistema muscular e finalmente, troca de gases.

A partir da escolha dos temas, foi indicada uma bibliografia básica apenas para o início dos trabalhos. Na ânsia por materiais bibliográficos através de biblioteca, foram pesquisados livros, revistas especializadas, dados obtidos pelos mais diversos órgãos, bem como anais de encontros específicos das referidas áreas de atuação, notícias via Internet, etc. Desta forma foram confrontadas diversas bibliografias sobre os assuntos abordados e escolhidos, motivando o hábito de ler, instigando a interpretação de cada um. As turmas foram divididas em equipes de no máximo seis alunos.

Um direcionamento novo deu novos horizontes à interpretação e resolução dos temas propostos, instigando a um aprofundamento mais coerente com os problemas da realidade profissional de fisioterapeutas e de professores de Educação Física.

De acordo com THIOLENT: “associam-se à pesquisa-ação diversas formas de ação coletiva que são orientadas em função da resolução de problemas ou de objetivos de transformação” ( 1996, p.7).

Com o objetivo da transformação partiu-se da bibliografia trazida pelos alunos já descrita anteriormente, e estes prepararam um trabalho individual sobre os temas escolhidos por cada um, visando a sua interpretação sobre o mesmo. Este trabalho foi feito em sala de aula, e o aluno que necessitou de mais tempo, o fez também em outro horário. De acordo com ANDRÉ : “O processo da pesquisa-ação é aquele no qual os práticos objetivam estudar

cientificamente seus problemas de modo a orientar, corrigir, e avaliar suas ações e decisões” (1998, p.134).

O professor intervém, quando necessário orienta, e promove um clima bastante envolvente entre professor, alunos e assunto a ser abordado. Neste ponto já se percebe a dimensão das diferentes idéias que cada um tem sobre os temas, e isto enriquece sobremaneira os trabalhos.

Através de uma aula expositiva introdutória, os temas sugeridos foram contextualizados dentro de uma visão abrangente , para que os alunos tivessem uma noção da dimensão dos mesmos. Embora cada tema fosse em si abrangente, foi explicado a cada aluno, que ele deveria embasar o seu trabalho em Bioquímica e que poderia estender o tema para uma prática que mais lhe interessasse. Nesta primeira fase do ensino com pesquisa, o aluno familiariza-se com as bibliografias disponíveis à vida profissional, iniciando uma pesquisa científica.

Ao familiarizar-se com as informações escritas por diferentes profissionais ligados às suas áreas, os futuros fisioterapeutas e professores de educação-física passam a confrontar idéias de especialistas, percebendo a dimensão da crítica em qualquer exercício profissional.

Na **segunda fase** os alunos devem trazer as suas bibliografias lidas, tirar as suas dúvidas com o professor e elaborar um texto individual a respeito de seu futuro trabalho em equipe. É um momento de elaboração própria, não igualmente desfrutado por todos, pois muitos alunos ainda têm dificuldades para escrever. Passado o susto, todos percebem que são igualmente capazes. Alguns alunos com maior dificuldade procuram o professor, mas logo vêem que escrever, criticar, confrontar e analisar são

atos para a vida toda. Não é um exercício fácil, porém, fundamental. Neste momento ele passa a ser sujeito da aprendizagem e não meramente objeto da mesma. Para sê-lo com competência, é necessário um treino bastante grande, que começa desde a mais tenra idade. Ao confrontar suas idéias no papel, é visível a alegria do aluno no domínio do assunto além do que este já trazia. Os alunos que necessitaram reescrever os seus textos até melhorar a qualidade, o fizeram, superando-se visivelmente na sua capacidade crítica e instigante em acreditar na elaboração de seu próprio texto. Foi dado um conceito de acordo com a participação dos alunos nas fases construtivas do trabalho.

Segundo WEISS: “Nesta metodologia o professor passa muito mais horas de seu tempo orientando os alunos de nível médio e baixo, para que estes compreendam como devem refazer seus textos. Infelizmente, resta pouco tempo para que o professor horista oriente os bons alunos” (1998, p.144). Concordando com a sua idéia, reitera-se a necessidade de mais tempo de dedicação e orientação aos alunos, o que se torna praticamente impossível num regime horista, em que as salas possuem em média, setenta alunos.

A **terceira fase** começa com um confronto entre as idéias dos componentes do grupo, pois uma vez instrumentalizados, puderam discutir a sua problematização de diversos pontos de vista. Discutindo os seus trabalhos com os colegas da equipe, os alunos percebem a produção do saber através de um conhecimento próprio. Neste ponto começa o confronto entre as diferentes idéias e os diferentes pontos de vista sobre o mesmo assunto. Surgem muitas dúvidas, mas no final desta aula, eles já começam

a elaborar uma idéia de consenso. Muitos já haviam se encontrado durante a semana, e mostraram o trabalho numa fase mais elaborada, pois já haviam tirado dúvidas com a professora em outro horário extra-classe.

Existiu uma grande expectativa por parte dos alunos que aproveitaram somente o horário da aula para fazer os seus trabalhos, pois sentiam-se um pouco inseguros. Devido a grande quantidade de alunos em cada classe, a atenção dispensada aos alunos com mais dificuldade é maior. Nesta etapa, os alunos que atingiram o objetivo mais rapidamente, estacionam por falta de um tutor. Seria interessante se o professor pudesse dar assistência nos horários extra-classe, para que todos os alunos tivessem oportunidade de irem avançando de acordo com as suas dúvidas e questionamentos, obedecendo o ritmo de cada aluno. Durante as três aulas em que os alunos montaram seus trabalhos coletivos, discutindo seus temas e estruturando as apresentações a serem feitas nas três aulas seguintes, de acordo com um sorteio. Em cada um destes encontros, o material era apresentado à professora, corrigido e avaliada a participação dos membros das equipes.

A **quarta fase** começou com a entrega de todos os trabalhos, independente da data a serem apresentados. As doze equipes de cada turma apresentaram os seus trabalhos em três dias normais de aula, nas quais quatro equipes mostravam os seus estudos de cada vez. Todos os membros das equipes precisaram apresentar alguma parte do trabalho. Em cada um dos encontros, todos os alunos deveriam entregar uma crítica sobre os trabalhos apresentados. Dessa maneira, não apenas se estimularia o poder de crítica do aluno, como também o estimularia a comparecer às aulas e ouvir as apresentações atentamente. Este

procedimento foi feito de maneira semelhante nos dois cursos envolvidos na presente pesquisa.

Os critérios levados em conta para a avaliação dos textos foram: o desenvolvimento individual e coletivo, a criatividade, a síntese e análise dos temas, bem como a compreensão dos temas escritos para um público formado por alunos dos seus respectivos cursos e a professora, e futuramente para um público maior, premiando os melhores trabalhos com publicações nas revistas especializadas da PUC. Publicar os trabalhos em forma de artigos para revistas, faz com que os alunos aprendam a pesquisar mais profundamente, com mais responsabilidade. No entanto, como são alunos de começo de curso, não podemos exigir deles uma visão tão ampla de seu universo, respeitando o seu estágio na produção do conhecimento.

O princípio pelo qual partimos para a construção do modelo de avaliação de acordo com WACHOWICZ, é: “A avaliação deve ser personalizada, no sentido de que cada aluno tem sua aprendizagem comparada aos critérios estabelecidos em consenso, e não à aprendizagem dos outros alunos” (1977, p.44). WACHOWICZ enaltece que o importante nos alunos não são as suas semelhanças, mas as suas diferenças.

Após o término dos trabalhos, foi feito um encontro abordando os diversos temas, desta vez com muito maior propriedade no entendimento dos alunos. Na **quinta fase** foi realizada uma avaliação da metodologia por meio de um questionário semi-aberto, em anexo 1, por parte dos 156 alunos envolvidos nesta pesquisa.

O comparecimento dos alunos em todas as aulas foi bastante significativo, percebendo-se na metodologia utilizada, um maior engajamento coletivo e participativo com vistas ao futuro campo de trabalho dos alunos. O processo avaliativo desta maneira continuada foi bem aceito pelos alunos, que apesar de terem se esforçado bastante na busca da produção do conhecimento individual e coletivo, notaram a vantagem de não ter o *stress* habitual das provas tradicionais. A bibliografia trazida para a apresentação dos trabalhos envolveu muito material atualizado, de simpósios, congressos, etc., além de artigos trazidos de revistas e da Internet. Dessa maneira a professora, sem dúvida alguma também aprendeu muito, não apenas sobre a Bioquímica diretamente, mas sobretudo sobre o envolvimento desta em todas as questões práticas da Fisioterapia e Educação Física.

Como a Instituição requer notas de zero a dez, os trabalhos valeram 5,0 pontos, contando com o seu desenvolvimento durante as aulas, as apresentações individuais tiveram um peso 3,0 e as críticas valeram 2,0 pontos. As apresentações individuais requerem sem dúvida um envolvimento do aluno sobre o tema em questão, para poder explicar à turma. É óbvio que o nervosismo e dificuldades individuais de comunicação não foram levadas em consideração. Após o término dos trabalhos, foi feito um fechamento avaliando-se o processo do ponto de vista da professora e dos alunos. Foi bastante interessante perceber a capacidade criativa e de superação que os alunos encontram para apresentar os seus trabalhos, procurando resolver os problemas propostos da maneira mais direta e compreensível possível para o nível acadêmico em que ainda se

encontram, 1º e 2º anos de curso. No entanto, alunos que já trabalham, trazem suas experiências práticas e conseguem atrelá-las à teoria, fazendo com que todo o trabalho envolvido nos dê muito orgulho.

Finalmente, foi feita uma avaliação na forma de questionário semi-aberto, onde os alunos puderam expressar as suas idéias quanto à metodologia aplicada, apontando algumas falhas e também pontos positivos com respeito a esta. Foi dado um espaço para a auto-avaliação, onde os alunos puderam colocar seus pontos em relação às suas conquistas, ou mesmo reconhecer a sua falta de esforço. Aqueles que quisessem que a sua auto-avaliação tivesse peso a ser considerado na nota do 3º bimestre, colocaram os seus nomes para a identificação necessária.

#### **5.4 - A avaliação da metodologia dos paradigmas emergentes na opinião dos alunos**

Como instrumento de avaliação da metodologia de ensino com pesquisa numa visão holística através de uma abordagem progressista, aplicada aos alunos matriculados na disciplina de Bioquímica I e II, nos cursos de Fisioterapia e Educação Física na PUC-Pr durante o ano letivo de 1998, foi feito um questionário semi-aberto com o intuito de organizar as opiniões dos educandos sobre o seu processo de aprendizagem na referida disciplina. Foram formuladas quatro questões e foi dado um espaço para a auto-avaliação, onde os alunos que quisessem participar da sua avaliação, poderiam fazê-lo e identificar-se.

Na primeira questão foram solicitadas as opiniões dos alunos sobre: **A metodologia de ensino aplicada à disciplina de Bioquímica II no 3º bimestre, onde a avaliação é feita através da elaboração individual e posteriormente coletiva, leva a uma melhor compreensão da dimensão da Bioquímica na Fisioterapia e/ou Educação Física?**

Dos 156 questionários respondidos, 132 alunos responderam que *sim*, 22 responderam que *não* e 2 alunos responderam *sim, em parte*, de acordo com a figura nº1. Das respostas afirmativas destacam-se as seguintes idéias:

O ensino nesta metodologia é mais envolvente, menos estressante e se aprende mais, é preciso pesquisar muito para se inteirar nos assuntos a serem abordados, não esperando que o professor traga tudo pronto, levando a uma maior compreensão da disciplina. Aprende-se a buscar a produção do conhecimento, participando e aprendendo. As apresentações tornaram possível relacionar a Bioquímica com a futura profissão dos alunos. O conhecimento adquirido individualmente tornou o trabalho coletivo mais compreensivo. Na realidade é uma forma aplicativa dos assuntos estudados, não ficando apenas na teoria, exigindo um maior esforço e interesse pela matéria.

Considerou-se ainda bastante pertinentes as seguintes observações relatadas por alguns alunos: "Aprende-se não apenas Bioquímica, assimilando muito mais a matéria num contexto maior, a avaliação é mais justa, mas ao inteirar-se cada um no seu tema, não se consegue captar o tema dos outros com a mesma intensidade. E finalmente, o professor precisa de um bom preparo para responder aos desafios de seus alunos".

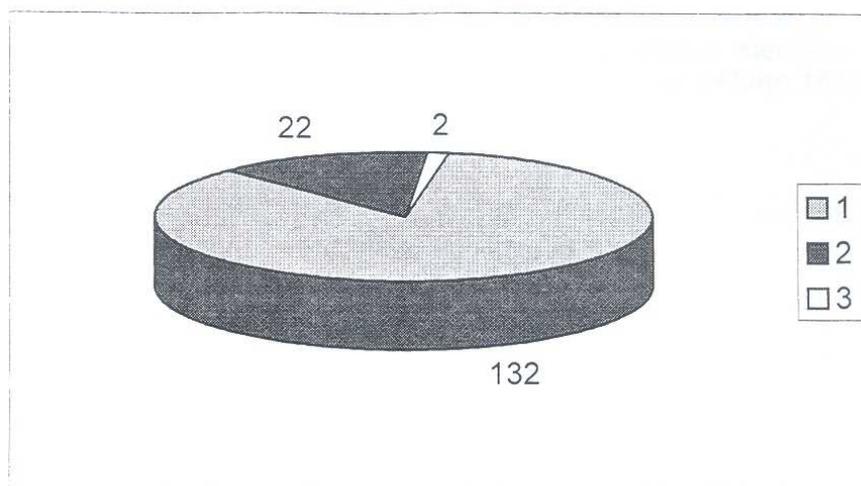


Figura nº1

Os sujeitos foram denominados por números, salvaguardando a identificação na pesquisa. Destacam-se ainda as contribuições feitas pelos alunos:

“Porque só na teoria o assunto fica muito vago, e como a Bioquímica é muito complexa, fazendo trabalhos, conhecemos um pouco melhor e tentamos entender. Com este método aprendemos a sair do comodismo e também a não ficar apenas copiando a matéria para decorar para a prova. Antes eu achava chata e cansativa a matéria e também que a professora não sabia explicar. Mas é só fazendo uma pesquisa e apresentar para a turma, para saber o quanto é difícil explicar” (**Aluno 18**).

“Quando o aluno vai procurar e pesquisar sobre determinado assunto, ele acaba achando várias coisas sobre este assunto, e forma a sua opinião sobre o mesmo” (**Aluno 19**).

“Assim, os temas não são propostos isoladamente, ajudando-nos a compreender que tudo está interligado” (**Aluno 20**).

“Esta metodologia nos levou a estudar mais a matéria, principalmente na avaliação coletiva, além disso, a avaliação fica mais completa” (**Aluno 37**).

“Individualmente, o aluno indo atrás do assunto, assimila melhor. Isto desperta o interesse do aluno, pois o resultado depende do seu desempenho” (**Aluno 45**).

“Porque permite um maior conhecimento através da troca de informações” (**Aluno 82**).

“Porque as aulas tornam-se mais interessantes e produtivas para os alunos” (**Aluno 83**).

“As apresentações foram válidas, pois quem apresentava, procurava interligar a aula com a sua prática” (**Aluno 89**).

“Os métodos utilizados pelos outros professores é muito cansativo, pois eles chegam na sala, enchem o quadro de matéria e não querem saber se o aluno realmente aprendeu” (**Aluno 110**).

“É uma forma de despertar o interesse individual no grupo, fazendo com que todos os membros da equipe trabalhem, sendo que, de acordo com o interesse de cada um, desenvolva através de pesquisa, uma melhor aprendizagem” (Aluno 151).

Entende-se, no entanto, que a grande maioria dos alunos gostou do método, embora tenham percebido que há ainda um longo caminho pela frente, tanto por parte dos alunos, quanto por parte desta pesquisadora. É importante salientar a grande satisfação que a pesquisadora sentiu ao aprender muita coisa nova sobre a aplicação da Bioquímica nos exercícios físicos e no dia-a-dia. Foi um trabalho de esforço conjunto, onde pudemos vivenciar de fato, a dialogicidade e a curiosidade de todos.

Das *respostas negativas* direcionadas à primeira questão proposta, anotamos algumas idéias que permearam as suas opiniões. São elas: O aluno só se interessa por seu próprio assunto, e não pelo assunto dos colegas; sente limitações para desenvolver a pesquisa; não sabe aproveitar oportunidades, preocupando-se apenas com a nota final. Outros já consideram que quando não se entende a matéria dos livros, não se consegue transmiti-la, pois as explicações dadas pelas equipes não são levadas à sério. Alguns estudantes abordaram que preferem a explicação do professor e depois a avaliação tradicional, pois na opinião deles, o método aplicado não mede a capacidade de nenhum aluno.

Selecionou-se duas respostas coerentes com as idéias de seus autores.

Foram elas:

“Não leva a uma melhor compreensão da matéria” (Aluno 2).

“Achei que foi um exagero” (Aluno 5).

Dos 2 alunos que responderam **sim, em parte**, reserva-se o seguinte:

“Foi válida a execução da pesquisa, mas tornou-se desinteressante quando vários grupos apresentaram o mesmo tema” (Aluno 63).

“Numa prova você pode decorar, entender ou colar, e num trabalho, pode decorar a sua parte” (**Aluno 64**).

Ressalta-se aqui, que sempre haverão opiniões diversas sobre o mesmo assunto. É o que enriquece o nosso trabalho, porém, é preciso levar em conta as opiniões de alunos que realmente cooperam com o processo, que levam a sua pesquisa a sério e que efetivamente se preocupam em fazer bem e aprender cada vez mais. As transcrições de todas as opiniões acima em relação ao primeiro quesito, demonstraram claramente que a grande maioria entendeu a proposta de trabalho através da metodologia em questão.

A segunda questão apresentada aos alunos durante a avaliação do método diz: **compare a metodologia empregada no 3º bimestre com a tradicional, mostrando seus aspectos positivos e negativos**. Procurou-se separar os pontos positivos com respeito aos alunos que foram favoráveis à metodologia empregada, destacando-as daqueles que opinaram contra a mesma. Estão elencadas as proposições que mais apareceram na opinião dos alunos pesquisados.

#### **Aspectos Positivos:**

Dentre os aspectos positivos destaca-se a resolução de dúvidas, o aumento do envolvimento com a matéria, levando os alunos a serem autodidatas e avaliando-os com mais justiça. Nesta proposta metodológica pesquisa-se em diferentes fontes, aprendendo a pesquisar e entender o objeto de estudo, interagindo em muitos exemplos do dia-a-dia. Desta maneira amplia-se a visão dos alunos, despertando a crítica, não precisando decorar a matéria para a prova, mas aprendendo o objeto da

pesquisa. Percebe-se a disciplina como um todo, entendendo as interligações entre as diferentes disciplinas, e alcançando os objetivos através do interesse dos alunos. Este método requer maior dedicação, a aula é mais descontraída e há uma maior assimilação dos conteúdos, integrando o grupo e fazendo um trabalho interdisciplinar.

Além de terem se destacado as opiniões acima, foram igualmente consideradas as opiniões dos seguintes alunos:

“Amplia a visão dos alunos, despertando-os para a crítica” (**Aluno 13**).

“Maior assimilação do aluno, pois ele vai em busca do conhecimento, permite a discussão entre os alunos” (**Aluno 45**).

“Você começa a elaborar seus conhecimentos, aprofundando-os depois na troca com o coletivo” (**Aluno 51**).

“Aprendizagem, diálogo professor-aluno, criatividade” (**Aluno 55**).

“Melhor fixação dos conteúdos, maior base para futuras discussões” (**Aluno 81**).

“Mais dinâmica, retém a atenção, incentiva a pesquisa, proporciona uma visão crítica” (**Aluno 100**).

“Temos que trabalhar interdisciplinarmente, e em conjunto, alunos-professor-colegas, para que o trabalho realizado seja ainda mais rentável” (**Aluno 112**).

“Deixa de ser decoreba para ser um processo de pesquisa e compreensão” (**Aluno 115**).

“O aluno precisa ler mais, tendo mais oportunidades para aprender, não ficando atrelado apenas à matéria dada” (**Aluno 117**).

“Proporciona a sociabilização em grupo, a crítica, o estudo, planejamento de aula, domínio do conteúdo” (**Aluno 138**).

Percebe-se que a leitura crítica dos alunos é completamente lúcida, que não é preciso nem falar sobre pedagogia ou educação para que eles compreendam o universo que os cerca. Suas respostas vão bem ao encontro das palavras de DEMO: “O que está em jogo é menos a originalidade do conhecimento, do que sua reconstrução própria. Esta

representa a dinâmica central da competência, à medida que o simples fazer é superado pelo saber fazer e pelo constante refazer” ( 1996, p.25).

Embora sem gostar da metodologia proposta, os alunos apontaram pontos positivos, como : leitura sobre o assunto; exposição sobre os temas para a turma; a repetição dos temas forçou a compreensão dos mesmos; maior estímulo ao aluno; utilização da pesquisa; maior participação dos alunos na elaboração das aulas; a busca do conhecimento antes da exposição do conteúdo; o aluno aprende a fazer elaboração própria.

Os argumentos dos alunos que não gostaram do método apenas reforçam os propósitos da metodologia , que é realmente o estímulo para uma aprendizagem baseada no aprender a aprender, visando a autonomia através da elaboração própria. No entanto, é necessário apresentar os fatores, considerados pelos alunos, como **aspectos negativos** da metodologia empregada. Destaca-se das colocações feitas pelos alunos: A grande maioria colocou como ponto negativo a exigência de bastante tempo extra-classe para elaborar a pesquisa, exigindo igualmente muito esforço por parte dos alunos. Destacaram ainda os alunos que se aproveitam de trabalho em equipe para deixar o trabalho *nas costas dos outros*, bem como o pouco tempo destinado às apresentações de cada grupo. Outros alunos apontaram a falta de melhor embasamento em relação à matéria, a não compreensão dos conteúdos apresentados pelas outras equipes, a dificuldade de apresentar seminários. No entanto, surpreende o ítem em que alguns alunos colocaram a falta de colaboração de membros da própria equipe de trabalho. Outros alunos **contribuíram** com as seguintes proposições sobre os pontos negativos:

“A imposição de temas, a avaliação dos outros trabalhos, grupos formados por grupos gigantes, apresentação de 15 minutos por equipe se torna inviável, já que um grupo de 5 elementos é impossível fazer qualquer explicação decente em 3 minutos” (**Aluno 53**).

“Os assuntos ficaram repetitivos e por este motivo, houve falta de interesse dos alunos nas apresentações” (**Aluno 91**).

“Deve-se tomar cuidado porém para o professor não largar tudo na mão do aluno, e não preparar mais suas aulas” (**Aluno 96**).

De acordo com o aluno 96, percebe-se o quão atrelados aos professores e ao quadro-de giz os alunos ainda estão, pois em nenhum momento o professor saiu da sala de aula, prestou assistência durante todas as aulas, inclusive em horário extra-classe, e no entanto, ainda há aquele aluno acomodado, achando que o professor deve dar todos os *macetes* sempre, sem instrumentalizá-los para a independência acadêmica. Alguns alunos que foram favoráveis ao método empregado, apresentam algumas críticas que cabe destacar:

“A compreensão técnica é difícil, e na PUC não existe permanência do professor para sanar as dúvidas a qualquer hora” (**Aluno 130**).

“Falta de uma pesquisa mais ampla por parte de todos os integrantes da equipe, uma questão cultural. Não há condições de fazer a transição do método tradicionalista para o progressista num estralar de dedos” (**Aluno 149**).

Os alunos que não opinaram nem contra e nem a favor do método, trouxeram as seguintes contribuições:

“Você decora para apresentar num trabalho apenas a sua parte, e pode decorar para uma prova, ou colar. Os dois métodos têm seus pontos positivos e negativos, depende muito do aluno e do assunto” (**Aluno 63**).

“As apresentações são cansativas quando muitas equipes escolhem o mesmo tema, e há um curto espaço de tempo para as apresentações” (**Aluno 64**).

Pelo exposto, pode-se considerar que existem algumas modificações a serem feitas nas próximas experiências com o método. Porém, é evidente que os resultados desta metodologia aplicada através do ensino com pesquisa, numa abordagem progressista e holística, foram gratificantes tanto para os alunos, quanto para a pesquisadora.

A terceira questão aborda **se o aluno gostaria que outras disciplinas de seu curso também adotassem esta metodologia**. A grande maioria respondeu que sim (130), 10 responderam que não, 8 alunos responderam talvez e os 8 restantes não se pronunciaram, como mostra a figura nº2.

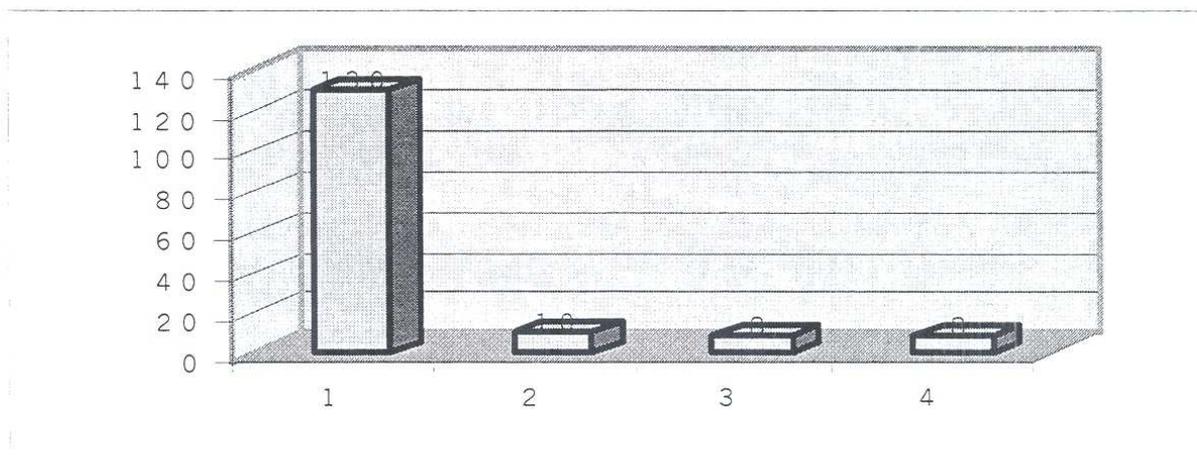


Figura nº 2

O aspecto salientado mais verificado pelos alunos pesquisados foi a *motivação*, item lembrado por cerca de 70 respostas, seguido pela melhor aprendizagem. Dentre as respostas afirmativas, destacam-se entre os alunos que responderam sim na primeira questão:

“Muitas vezes não se avalia um aluno por uma prova ou por um trabalho só teórico. Da maneira como foi aplicado este método, a pessoa pode aprender muito mais” (**Aluno 7**).

“Pois é uma maneira do aluno se envolver com as disciplinas, tendo vontade de querer saber mais sobre a matéria” (**Aluno 8**).

“Por mais que seja muito corrido para os alunos é o melhor jeito de memorizar aprendendo, embora ainda estejamos atrelados às explicações dos professores o tempo todo” (**Aluno 9**).

“Acho que depende muito de cada disciplina, aplicando um método melhor para uma boa obtenção de conhecimento” (**Aluno 18**).

“Mas quase todas as disciplinas do meu curso já adotam esta metodologia, é mais dinâmica, tornando as aulas mais interessantes” (**Aluno 24**).

“Pois a semana de provas seria menos cansativa, assim como as aulas. Os alunos não decorariam a matéria e tornar-se-iam mais responsáveis” (**Aluno 37**).

“Desde que com critérios bem estabelecidos, com produção individual, apresentação individual com tempo plausível à uma boa apresentação, tema escolhido pelo aluno” (**Aluno 53**).

Cabe neste ponto salientar as idéias de Paoli, a respeito de Ensino com pesquisa que propõe lidar com uma concepção de conhecimento e de ciência onde a dúvida e a crítica sejam elementos fundamentais. Para tanto PAOLI escreve:

Seria fundamental o aluno experienciar que o conteúdo de uma matéria não é algo acabado e verdadeiro, mas provisório, relativo, datado no tempo e no espaço, produto de um trabalho de investigação realizada dentro de determinadas condições, e que a realização de novos estudos podem modificar, ampliar, rever, transformar as explicações sobre o mundo social e natural. Com isso quebra-se uma hierarquia de saber onde a aceitação de um dado conhecimento vem do fato dele estar codificado em um texto, ou ter sido dito por um “mestre”, ou seja, a legitimidade do conhecimento sendo dada pelo reconhecimento da autoridade (do texto ou do professor). No lugar da autoridade propõe-se critérios com probabilidade, plausibilidade, demonstração, evidência lógica e empírica para aceitação de argumentos e explicações (1992, p.11-12).

Outros alunos contribuíram com as seguintes respostas dadas à questão formulada no questionário:

“A tradicional é muito tecnicista, onde o professor está num pedestal e o aluno só retém conhecimento. E isto acaba fazendo o aluno, na época em que estamos, se desmotivar e não ter mais respeito aos professores, já que sabemos que os mesmos não são portadores de todo conhecimento e não possuem toda autoridade perante os alunos” (**Aluno 60**).

“Até por saber que a professora teve consciência do não entendimento dos alunos e procurou trazer a nova metodologia” (**Aluno 69**).

“Alguns professores se acham donos do conhecimento e não permitem aos alunos nem questionamentos sobre o conteúdo” (**Aluno 89**).

“O processo ensino-aprendizagem é mais dinâmico e de maior compreensão por parte do aluno” (**Aluno 103**).

“Pois se daria novas dimensões para o conteúdo das outras disciplinas” (**Aluno 110**).

Fica evidente o envolvimento dos alunos nesta empreitada, no entanto, ainda se percebe um atrelamento muito forte às questões de avaliação. Troca-se basicamente tudo por uma prova, pois as provas tradicionais trazem muita ansiedade em detrimento da aprendizagem. Alguns alunos responderam que já estão habituados ao método, pois são alunos do curso de Educação Física, onde alguns professores já trilharam por este mesmo caminho que a autora está propondo. Mesmo considerando uma melhor aprendizagem através da metodologia aplicada à esta pesquisa, alguns alunos responderam contra a adoção deste método por outras disciplinas, como mostra-se através de algumas opiniões coletadas. São elas:

“Porque nós temos várias matérias que precisamos estudar e estas pesquisas tomam um grande tempo de estudo de outras matérias” (**Aluno 10**).

“Como foi dito, pode se tornar muito massante, se até para estudar para uma prova não dispomos de muito tempo, quem dirá ir à biblioteca inúmeras vezes para realizar este tipo de processo” (**Aluno 19**).

“Prefiro o método tradicional, pois exige um desempenho próprio e a questão de esquecer o conteúdo no dia seguinte, depende da maneira do estudo do aluno” (**Aluno 21**).

“Porque nem todas as disciplinas conseguem ou se encaixariam nesse método” (**Aluno 42**).

“Só algumas vezes, ou um bimestre pelo menos” (**Aluno 99**).

Verificamos nestes depoimentos que a falta de tempo é um fator relevante para a realidade destes alunos, principalmente para aqueles que

cursam o 2ºAno de Educação Física, cuja grande maioria trabalha no horário contrário às aulas. Considerar-se-ão ainda, as opiniões dos alunos que, apesar de terem considerado um melhor aproveitamento da disciplina através da metodologia empregada, responderam talvez, ou às vezes, como segue:

“Depende da disciplina. Estas disciplinas com assuntos de grande teoria, muito assunto a ser estudado e compreendido, acredito que esta metodologia seja muito boa” (**Aluno 11**).

“Depende, pois cada matéria tem as suas características e um modo melhor para o seu entendimento. Em determinadas matérias, como anatomia, fica difícil para avaliar cada aluno. No caso de bioquímica, ajudou outras matérias como histologia” (**Aluno 45**).

“Algumas disciplinas sim, podendo em vez de apresentações, criar um texto explicativo sobre o conteúdo” (**Aluno 111**).

Nesta perspectiva, alguns alunos lembraram que nem todas as disciplinas se adequariam a este sistema. Analisando as respostas dos alunos contrários ao método, tem-se:

“Não dessa forma, pois foi muito tumultuado, sendo cobrado trabalho em classe, coisa desnecessária” (**Aluno 2**).

“Por essa metodologia não se facilita a vida do aluno” (**Aluno 4**).

“Porque esta metodologia é muito trabalhosa, exaustiva e conseqüentemente pouco proveitosa” (**Aluno 5**).

“Não, porque eu acho importante a explicação que os professores dão na aula, pois isso ajuda no entendimento do estudo com livros e pesquisas” (**Aluno 33**).

“Não, creio que a metodologia tradicional seja mais aproveitável” (**Aluno 35**).

“Algumas matérias poderiam até adotar essa metodologia, mas de um modo geral, a tradicional dá um embasamento melhor para a compreensão do assunto” (**Aluno 39**).

“Não, existe assuntos mais e outros menos complexos, e o professor já tem domínio dos métodos mais efetivos para a compreensão” (**Aluno 87**).

“Matérias que não exigem muito empenho como filosofia, teologia, antropologia, psicologia, etc. é muito eficiente discussões e trabalhos. Mas, matérias como

fisiologia, bioquímica, neuroanatomia, o ensino tradicional, onde o professor passa a sua experiência, é muito mais produtivo” (Aluno 139).

Dos aspectos elencados pelos alunos acima, a autora considera que foram pontos que reiteram a proposta metodológica, cujo empenho é condição básica, e o trabalho exaustivo, uma consequência benéfica. Este tipo de metodologia não exclui o auxílio do professor através de explicações quando se fizer necessário. Finalmente, dentre os dois alunos que não foram nem a favor e nem contra o método aplicado, no que tange a uma maior compreensão dos conteúdos, tem-se:

“Em muitas matérias esta metodologia me ajudou e muito, pois dependendo do assunto, você acaba aprendendo mais com as apresentações, pois tem que ir a fundo” (Aluno 63).

“Gostaria que outras disciplinas adotassem o método. A universidade deveria estar mais aberta à pesquisa, as provas deixam o aluno preso à nota e não ao conhecimento” (Aluno 64).

A quarta questão traz a seguinte proposta. **A metodologia tradicional baseia-se na apresentação dos conteúdos pelo professor e na posterior cobrança, geralmente quantificadas através de provas. Se pudesse optar por um método de avaliação, por qual optaria?** As alternativas eram objetivas e quem tivesse uma opinião diferente a respeito, poderia incluir em *outros*.

Dezesseis (16) alunos optaram pela abordagem tradicional através de provas e relatórios. Cento e vinte (120) no entanto, optaram pela alternativa em que constava a abordagem da metodologia de ensino com pesquisa através de trabalhos individuais, com ênfase na elaboração própria e discussão coletivas. Oito (8) respostas mostraram a preferência

de seus autores pela alternativa **outros**, e nove (9) pela mescla das duas metodologias, como mostra a figura nº3.

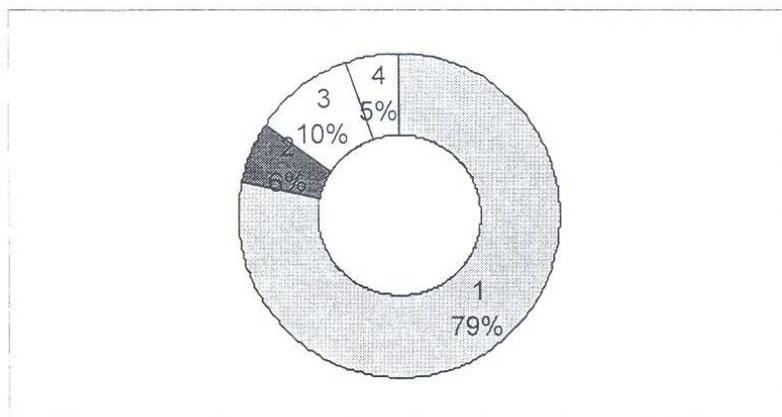


Figura nº 3

Aborda-se a seguir algumas contribuições significativas que foram incluídas no espaço disponível para registros pessoais:

“Seria bom se fossem usados os dois métodos acima” (**Aluno 14**).

“O balanceamento entre os dois: algumas vezes realiza-se a pesquisa, e em outras, o professor passa o conteúdo e uma avaliação” (**Aluno 19**).

“O ensino deveria envolver mais pesquisa, mas a parte do professor é insubstituível ( por livros e outros). A avaliação poderia ser tanto por provas ou por trabalhos” (**Aluno 21**).

“A avaliação do aluno como um todo, (frequência, disciplina, atenção, respeito, participação e interesse)” (**Aluno 54**).

“Debates” (**Aluno 99**).

“Mesas redondas, pesquisas de campo” (**Aluno 129**).

“O conjunto das duas é mais interessante e eu também não sou a favor de decoreba” (**Aluno 132**).

Desta maneira é importante salientar que os alunos gostam de aprender com métodos dinâmicos dentro de critérios previamente estabelecidos.

A quinta questão trouxe um espaço para que o aluno que desejasse **fazer uma auto-avaliação do seu desempenho na metodologia**

**empregada**, o fizesse. Aquele que desejasse uma consideração maior pelo seu esforço, poderia também se identificar, para que fosse considerado e discutido o seu depoimento em benefício de sua nota. Nesta parte, a autora se surpreendeu com a quantidade de respostas feitas, pois os alunos gostaram muito da oportunidade deste espaço. Alguns depoimentos merecem ser considerados, como os seguintes:

“Aprendi muito mais por este método do que pelo tradicional. E se eu tiver que explicar de novo agora, eu saberia, pois absorvi bem a matéria e entendi, muito mais do que pelo método tradicional” (**Aluno 7**).

“Com essa abordagem podemos ver o que precisamos melhorar, o nosso desempenho nos trabalhos. Eu vi que eu preciso me preparar melhor para explicar lá na frente, até nem tanto na matéria, mas sim psicologicamente, porque eu fico muito nervosa e esqueço o assunto. Aprendi bastante sobre o meu assunto, mas os assuntos das outras equipes eu não entendi totalmente” (**Aluno 14**).

“Consegui por este método, obter alguns conhecimentos além dos assuntos pesquisados, ou que a eles estejam relacionados” (**Aluno 17**).

“Acho que é muito bom para o auto-crescimento, pois aprendemos a procurar, pesquisar, e discutir sobre um tema que acaba ficando muito bem compreendido. Foi bom, mas tive que me organizar para dar tempo de fazer tudo” (**Aluno 20**).

“Para a parte teórica do assunto tive um empenho grande para deixar mais claro e completo o conteúdo. Na apresentação faltou auto-estima para eu ter coragem de falar e não apenas ler, como na verdade, eu fiz” (**Aluno 22**).

“Foi muito bom, porque desenvolveu a crítica a respeito do assunto e o interesse em saber mais sobre o que estávamos abordando. Aumentou o grau de conhecimento, que é muito importante para a nova profissão e nosso dia-a-dia” (**Aluno 30**).

“Achei que foi bem interessante e que teve bastante progresso para o meu aprendizado. Com a apresentação pude fixar mais sobre o meu tema e com as críticas, aprendi um pouco de cada tema” (**Aluno 32**).

“Provavelmente seria muito difícil de se adaptar a esse tipo de abordagem, pois não estamos acostumados a isso. Essa mudança deveria ser introduzida primeiramente no ensino fundamental e gradativamente até o superior, para que os alunos não sofressem um choque com essa mudança abrupta de avaliação” (**Aluno 46**).

O aluno 14 reforça a idéia de que é preciso retomar alguns assuntos relevantes que não ficaram totalmente claros com a explicação dos colegas.

Cada aluno precisa de motivação para este trabalho, e muitas vezes não a encontram por motivos pessoais ou familiares, como mostra a seguir:

"Este 3º bimestre para a minha pessoa não teve quase nenhum aspecto positivo, não por falta de competência e instrução da professora, mas sim por motivos externos e familiares. Arrependo-me de não ter tido força de vontade para ter um ótimo desempenho no bimestre" (**Aluno 50**).

O apelo deste aluno não foi o único em que estes trazem os seus problemas particulares à tona. É imprescindível que o professor veja cada um de seus alunos como único, pois são seres humanos a quem às vezes basta uma palavra de carinho, conforto ou de força para que continuem a trilhar por suas jornadas. Não é possível desvincular da educação, o alto preço das mensalidades cobradas, a dificuldade no trabalho, a crise econômica que envolve a todos, e que fatalmente, tira a atenção dos alunos na concentração pelo estudo. Continuando com os depoimentos dos alunos, tem-se:

"Talvez por maturidade, minha criatividade está em alta, dei muito de mim neste bimestre, pois não tive boa base de química no magistério. Parece que para mim é mais difícil, pois além disso, estava sem estudar há 13 anos" (**Aluno 51**).

"Foi o bimestre mais proveitoso na disciplina de Bioquímica, o que mais contribuiu para o meu auto-conhecimento e uma oportunidade para cada aluno demonstrar seu trabalho em público" (**Aluno 52**).

"A nossa equipe demonstrou muito empenho, visto que o nosso tema era muito interessante e tinha um total relação com o curso, assim, tivemos muita vontade de estudar para este tipo de avaliação. Pena que o tempo foi muito curto" (**Aluno 66**).

"Na verdade não aprendi muita coisa desde o início do ano, mas com essa abordagem tive como ter melhor conhecimento por estar frente a frente com o material e ir a busca. Embora a falta de tempo faça com que não possamos nos aprofundar muito nos assuntos que não fazem parte do nosso trabalho" (**Aluno 69**).

"Me envolvi bastante com o último trabalho, pois o tema era bastante interessante e de fácil compreensão. Tenho certeza que me dou melhor com estes tipos de trabalho, do que com provas, onde o conteúdo às vezes fica mais complicado. O trabalho com pesquisa é mais interessante, pois exige mais empenho de nossa parte" (**Aluno 109**).

“Gostei, não só pelo desempenho, mas pela oportunidade de pesquisar sobre um tema de interesse com apoio do professor, achei um bom trabalho” (**Aluno 111**).

“Acredito que de certa forma foi bom, tive que ler alguns textos e produzir os meus, coisa que não era comum. Houve muita discussão do grupo em certos momentos para a organização. Acho que todos aprenderam um pouco” (**Aluno 143**).

Nota-se que a grande maioria realmente ficou satisfeita com a nova metodologia, porém os alunos do curso de Educação Física, cujas aulas são aos sábados, levam a desvantagem de que muitas das competições em que participam, são nos finais-de-semana. Estes alunos, às vezes, são prejudicados porque perdem muitas atividades feitas em sala de aula, e que são primordiais para o acompanhamento do processo e a compreensão da matéria.

Segundo MASETTO , para facilitar a aprendizagem é preciso certas condições, tais como: “planejamento de curso, definição do conteúdo, utilizar estratégias em sala de aula visando integração, motivação e participação, clima de sala de aula aberto, com questionamentos, descontraído, participativo, aliando a teoria à prática” (1992, p.21-22). O processo de avaliação é contínuo, e o professor, coerente entre discurso e ação, seguro e aberto à críticas, preocupado com o aluno, competente, flexível, claro, objetivo, dedicado e interessado.

A autora partilha de suas idéias democráticas e dialógicas e avalia continuamente os alunos através de relatórios nos laboratórios, que são feitos por eles com bases nos experimentos e na compreensão destes confrontada com a bibliografia. Nesta nova proposta, faz-se igualmente alguns trabalhos individuais ou em equipe, que integrem assuntos pertinentes à Química e Bioquímica e a aplicação destes nas futuras carreiras dos estudantes. Alguns trabalhos são apresentados, avaliados pelo professor, pela turma e auto-

avaliados, outros envolvem assuntos iguais para todos os alunos, que devam servir de apoio a trabalhos futuros devidamente planejados dentro do ano letivo.

A presente Instituição nos remete, enquanto professores, a que entreguemos periodicamente as notas, devidamente protocoladas como documento. Dentro do possível tenta-se avaliar o aluno qualitativamente, enaltecendo algumas habilidades adquiridas durante o curso. Porém, nos dois primeiros bimestres, onde o ensino introdutório é básico e fundamental para as suas futuras carreiras, temos avaliado através de exercícios de fixação durante as aulas, de compreensão dos conteúdos e através de provas com consulta para resoluções de problemas vividos na prática. Especialmente para as engenharias, este método tem transformado a avaliação numa aprendizagem gratificante e sem conotações de provas estressantes. “Nem a educação nem a avaliação podem ser compreendidas como processos tecnicistas desligados de valores [...]. O objetivo da avaliação não se restringe a condutas manifestas, nem a resultados a curto prazo, nem a efeitos previsíveis ou previstos nos objetivos de um programa” (SAUL, 1988, p. 45-46).

Procuramos não fazer da avaliação um instrumento de controle, mas a mentalidade do aluno de 1º ano da universidade ainda traz, infelizmente, esta concepção de memorização e medida de controle. O objetivo é tornar alunos mais críticos e emancipados, através da sua própria leitura do mundo e de rigor. Procuramos avaliá-los de uma maneira mais significativa, menos tensa, e que às vezes lhes parece até menos rigorosa. Os estudantes percebem na interdisciplinaridade uma rede de dados que se interpenetram. Aceitam-na

com bons olhos, pois conseguem aos poucos fazer relações entre as disciplinas e ver um sentido entre elas. Cabe a nós professores, promover estas ligações dentro dos departamentos e entre os professores dos cursos para quem lecionamos. “No projeto interdisciplinar não se ensina, nem se aprende: vive-se, exerce-se” (FAZENDA, 1991, p.17). A responsabilidade individual é a marca do projeto interdisciplinar, imbuída no envolvimento destes projetos, dos professores, das instituições às quais pertencem e de seus alunos.

A Química e a Bioquímica não podem ser compreendidas apenas como ciências teóricas. Participam diretamente da tecnologia, seja de ponta, de bens de consumo, ou da saúde. Seus passos, são os passos do futuro.

Visando melhorar o aproveitamento dos alunos num curso, o desempenho tanto do corpo docente quanto do corpo discente precisa ser inovado com propostas metodológicas relevantes. Certamente a proposta metodológica com paradigmas emergentes tem resposta para muitos dos nossos anseios, pois numa visão científica, dialógica, interdisciplinar, buscando o *aprender a aprender* através da pesquisa, aproveita todas as inteligências do cidadão. Cabe aos professores ousar e inovar suas práticas pedagógicas, tornando significativa e relevante a ação docente em busca da produção do conhecimento.

## CAPÍTULO 6

### 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Refletindo sobre os capítulos anteriores torna-se evidente que o caminho percorrido através da Química tenha se tornado para a pesquisadora o alicerce de sua ação pedagógica com o objetivo de educar e transformar através da Química. Segundo CHASSOT, tem-se:

A área de Educação Química ainda não tem uma tradição entre nós e, mesmo no exterior, só agora vem ser admitida entre as áreas que investigam sobre a Química....O objeto de sua investigação, principalmente pela sua interdisciplinaridade, não lhe confere o status de uma pesquisa marcadamente quantitativa (e positivista), ainda tão valorizada pelas demais áreas da Química e que foi o trunfo da Química para ascender ao rol das ciências após o advento da revolução lavoisieriana. (1995, p.45-46).

Como o domínio do conhecimento químico é importante para um bom processo de ensino-aprendizagem, mas não suficiente, esta área tem muito a contribuir para as outras. Sua bibliografia é escassa, pois os químicos geralmente se preocupam muito mais com as suas pesquisas do que com um ensino que vise uma leitura de mundo através da Química. Procura-se ensinar alguns códigos da Química, fragmentados, sem conectá-los ao uso, à crítica e à análise de seus fins. No entanto, ao lançar-se uma perspectiva aos alunos de vislumbrar a utilidade da Química e/ou da Bioquímica conectada às suas profissões e ao seu dia-a-dia, nota-se que o problema da Química não está na sua linguagem complexa de signos e fórmulas, mas sobretudo na leitura diária da química desde o momento em que acordamos. Este não é um problema simples, pode ser *a salvação do meio-*

*ambiente, uma leitura crítica ao mundo em que vivemos, um ato político, um ato humano ou desumano, um ato de amor ao próximo, entre outros.*

Apesar de pouco material bibliográfico encontrado a respeito da história da Química e da Bioquímica, procurou-se resgatá-las, percorrendo-se por séculos de diferentes concepções, sobretudo de uma dominação da ciência por parte de poucos. Com este aparato histórico procurou-se chegar aos paradigmas emergentes deste final de século, visando a trajetória de NEWTON ao holismo, perpassando por séculos de domínio da Física, com olhos de PRIGOGINE (Prêmio Nobel de Química em 1977). As palavras de PRIGOGINE encantaram CAPRA e outros, influenciando muitos cientistas a respeito da concepção do todo numa aparente contradição à fragmentação do conhecimento sob a ótica positivista.

Destes paradigmas como o Ensino com Pesquisa, numa abordagem progressista e numa visão holística, a autora procurou buscar inspiração para a concepção de uma proposta metodológica que fosse aplicada ao ensino da Bioquímica nos cursos de Fisioterapia e de Educação Física. De formação tecnológica, como engenheira química, o caminho da Educação, aliado às concepções das ciências, teve um papel realmente marcante. É como se a pesquisadora tivesse alçado num vôo, um caminho pelo tempo através dos séculos, viajando por diferentes períodos da História, com olhos na evolução da Química. Em nenhum momento deste trabalho, a inspiração deixou de ser a Química e a educação através desta ciência, visando a transformação da sociedade. Mesmo que o sonho ainda seja utópico, não se pode parar de vivê-lo e nem tampouco abster-se de realizá-lo.

Portanto, a aliança metodológica do ensino com pesquisa com uma abordagem progressista numa visão holística deve objetivar motivação, conter criatividade, autonomia, enaltecer a aprendizagem significativa, avaliação contínua e processual e se preciso, recuperação. O professor deve assegurar-se do material didático disponível em seu estabelecimento de ensino, boa biblioteca, periódicos, revistas, jornais, livros, material audiovisual, etc. Deve atualizar-se permanentemente, produzir textos próprios, auto-avaliar-se e avaliar a sua própria atuação. Após os experimentos, os alunos, apoiados pelo professor, interpretam os resultados obtidos, elaborando modelos que tentem responder às questões formuladas. A visão mais científica da Química traz também modificações no seu próprio ensino.

Há uma necessidade explícita de experimentar, associando o pensamento com a prática, a teoria com o laboratório. O ensino de Química por projetos que contemplem a metodologia proposta neste trabalho, deve estar sempre sendo processado e testado para se adequar ao desenvolvimento da própria ciência, da tecnologia, da sociedade e principalmente do aluno, levando em conta os aspectos sociais que permeiam a utilização e apropriação destes conhecimentos.

A escolha da pesquisa-ação como princípio para desenvolver a metodologia do Ensino com pesquisa numa abordagem progressista e numa visão holística foi importante para a execução deste trabalho.

Esta proposta metodológica amplia os horizontes destes alunos, mostrando diversos caminhos, que fazem desta prática, aprendizagem para alunos e professores. Desta maneira o professor também aprende enquanto orienta.

Através desses trabalhos, muitos alunos foram despertados para aguçar o senso crítico acadêmico, capacidade esta que fica geralmente adormecida pelo método tradicional de avaliação. O envolvimento dos alunos fez com que as aulas tivessem objetivos mais claros e a postura de cada um individual e coletivamente foi sendo trabalhada. A pesquisadora envolveu-se dirigindo o processo através de bibliografias fundamentais, orientando individual e coletivamente e procurando aliviar as dificuldades apresentadas em relação à uma Bioquímica mais profunda e especializada. No entanto, os trabalhos foram feitos pelos alunos com o mínimo de interferência, permitindo a eles, a liberdade necessária para expressar suas idéias baseadas nas bibliografias de fundamentação teórica e outras, trazidas por eles das mais diversas fontes.

*A pesquisadora não se deteve, neste trabalho, nos problemas apontados no primeiro capítulo a respeito do Ensino de Química. A idéia principal desta dissertação de mestrado foi apontar aspectos metodológicos que auxiliem numa melhor compreensão da Química e da Bioquímica resultantes de sua prática pedagógica, frente aos cursos já citados.*

O resultado surpreendeu a professora e os alunos, porém, há ainda modificações a serem feitas. Gostaria que este fosse apenas o início de um trabalho sobre a Educação Química no Brasil. Apontados por CHASSOT (1995), alguns pesquisadores como AMBROGI et al., SCHNETZER et al., MALDANER, O., LUFTI, M., têm apresentado excelentes contribuições para esta área, além do próprio autor. A autora desta dissertação de mestrado espera ter a oportunidade de brevemente contemplar estas obras, para que tendo-as como suporte, possa continuar este estudo, no sentido de torná-lo

mais útil e de se instrumentalizar através de ferramentas que levem à alfabetização científica de fato, dos alunos brasileiros em Química. Sabe-se que se tem aqui apenas uma semente, num vasto campo a ser estudado em terras férteis, como a nossa. É preciso cultivá-lo, regá-lo com carinho, para que métodos didáticos mais eficientes possam ser desenvolvidos, e que promovam a expressão das idéias dos alunos, suas críticas, suas posturas perante os fatos e uma conscientização política dentro da realidade em que vivem. A contribuição de CHASSOT alerta:

*O interesse sempre maior de se fazer pesquisas aprofundando as investigações sobre o porquê, o quê e o como presentes no complexo processo de ensino-aprendizagem da Química com vistas à sua melhoria, promovem a intensificação continuada da realização de pesquisas, principalmente em três grandes linhas de investigação que mantêm estreitas e importantes inter-relações. Estas linhas são: a) estratégias e modelos de ensino para a promoção de mudança ou evolução conceitual nos alunos; b) o papel da linguagem na construção dos conceitos científicos e, c) o pensamento e a formação (continuada) de professores. (1995, p.65)*

Não se pode separar estas três linhas de investigação, nem mesmo deixar de lado a formação continuada dos professores. Professores, se é que assim podemos nos chamar, pois estamos a estudar sempre, muitas vezes nos sentindo mais estudantes do que nossos próprios alunos, com os quais também muito aprendemos.

A prática pedagógica, portanto, passa a ser objeto de ação e reflexão continuada, crítica, decisiva e determinante na busca individual e coletiva de trabalho docente qualificado. A formação inicial, a formação continuada e reflexiva precisam estar contempladas em projetos pedagógicos que enfatizem o desenvolvimento do profissional do magistério. Sejam quais forem os projetos propostos e as características de novas metodologias de ensino e aprendizagem, as atitudes e a qualificação dos professores estará centrada no eixo da reflexão individual e coletiva sobre a prática pedagógica proposta na ação docente em sala de aula (BEHRENS, 1996, p.140).

Apesar da trajetória da autora desta pesquisa como docente universitária desde 1995, ser ainda bastante curta, estas reflexões mostraram um

caminho inquieto, instigante e fascinante. Por este motivo, espera-se que este seja um dos primeiros trabalhos de muitos outros, contando histórias de jogos com a Química e com a Bioquímica, fazendo do lúdico, a teoria, e do cotidiano, a fonte maior de inspiração num processo de transformação que respira 24 horas por dia, cuja energia movedora é o convívio com a juventude, ensinando e aprendendo com eles, sem os quais, a vida não teria *a menor graça*. Somente acreditando no amor ao conhecimento e ao ser humano como unidade é que se poderá constatar a força da Educação através da Química, reunindo ininterruptamente homens e moléculas, numa dinâmica infinita.

**ANEXOS**

## ANEXO 01

**I. Instrumento de avaliação da metodologia de ensino com pesquisa numa visão holística através de uma abordagem progressista**

1. Na sua opinião, a metodologia de ensino aplicada à disciplina de Bioquímica II no 3º bimestre, onde a avaliação é feita através da elaboração individual e posteriormente coletiva, leva a uma melhor compreensão da dimensão da Bioquímica na Fisioterapia e/ou Educação Física?

( ) Sim                      ( ) Não

Justifique: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. Compare a metodologia empregada com a tradicional, mostrando seus aspectos positivos e negativos:

Positivos: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Negativos: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. Gostaria de que as outras disciplinas de seu curso também adotassem esta metodologia? Justifique:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. A metodologia tradicional baseia-se na apresentação dos conteúdos pelo professor e na posterior cobrança, geralmente quantificadas através de provas. Se pudesse optar por um método de avaliação, por qual optaria?

( ) abordagem tradicional através de provas, relatórios

( ) abordagem da metodologia de ensino com pesquisa através de trabalhos individuais, com ênfase na elaboração e discussão coletivas.

( ) Outros. \_\_\_\_\_

5. A abordagem progressiva prevê uma avaliação que estimule a criatividade, a crítica, o rigor através do produto de uma elaboração própria e coletiva onde o importante seja a qualidade. Faça uma auto-avaliação de seu desempenho nesta empreitada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRÉ, Marli Eliza P. A. **Etnografia da prática escolar**. Campinas: Papirus, 1995.
- ARMSTRONG, Frank Bradley, **Biochemistry**. Oxford University Press, Inc, York, Oxford, 1989.
- ARNALDEZ, R.; MASSIGNON, L. **La science antique et médiévale des origines a 1450: les sciences physiques et naturelles**. Paris: Presses Universitaires de France, 1957. p.461-464.
- BARBERA, Vicente. **Didáctica de las ciencias naturales**. Madrid Narcea S.A Ediciones, 1980.
- BEAUJEU, J. **La science antique et médiévale de origines a 1450: les sciences physiques et biologiques**. Paris: Presses Universitaires de France, 1957.
- BEAUJOUAN, G. **La science antique et médiévale des origines a 1450: la science dans l'occident médiéval**. Paris: Presses Universitaires de France, 1957. p.568.
- BEHRENS, Marilda Aparecida. **Formação continuada e prática Pedagógica**. Curitiba: Champagnat, 1996.
- \_\_\_\_\_. **Paradigmas emergentes**. 1998 (mimeo).
- BELTRAN, Nelson Orlando; CISCATO, Carlos Alberto Matosso, **Química**. São Paulo: Cortez, 1995.
- BUARQUE, Cristovam. **A aventura da universidade**. Rio de Janeiro; UNESP, 1994.
- CAPRA, Fritjof. **A teia da vida**. São Paulo: Cultrix, 1996.
- CARDOSO, Clodoaldo. **A canção da inteireza**. Uma visão holística da Educação. São Paulo: Summus, 1995.
- CHASIOTIS, D. **Role of cyclic AMP and inorganic Phosphate in the regulation of muscle glycogenolysis during exercise**. Med. Sci. Sports Exerc. 20:545, 1998.
- CHASSOT, Attico Inácio. **A ciência através dos tempos**. São Paulo: Moderna, 1994.
- \_\_\_\_\_. **Para que(m) é útil o ensino? Alternativas para um ensino (de Química) mais crítico**. Canoas: Ed. da ULBRA, 1995

- CHAUÍ, Marilena de S. **Convite à filosofia**, 3ª edição, São Paulo: Ática, 1995.
- CHIZZOTI, Antônio. **Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais**. São Paulo: Cortez, 1991.
- CORRELL, W. **El aprender**. Barcelona: Herder, 1969.
- CREMA, Roberto. **O novo paradigma holístico: ciência, filosofia, artes e mística**. São Paulo: Summus, 1991.
- CUNHA, Maria Isabel. **Ensino com pesquisa: a prática do professor universitário**. Cad. de Pesquisa, São Paulo, 1996 p. 31 – 46.
- \_\_\_\_\_. **Aula universitária : Inovação e pesquisa**. In: Morosini, Marília Leite, Denise (org.) Universidade Futurante. Produção e Ensino e Inovação. Campinas – SP: Papyrus, 1997.
- DEMO, Pedro. **Pesquisa: princípio científico e educativo**. São Paulo, Cortez Ed. 1991.
- \_\_\_\_\_. **Pesquisa e construção de conhecimento**. São Paulo, Tempo Brasileiro, 1994.
- \_\_\_\_\_. **Educar pela pesquisa**. Campinas: Autores Associados, 1997a.
- \_\_\_\_\_. **Questões para a teleeducação**. Brasília, UnB, 1997b (mimeo).
- ENGUIITA, Mariano Fernández; **A Face Oculta da Escola**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1989.
- FAZENDA, I.. **Práticas Interdisciplinares na Escola**. São Paulo: Cortez, Editora, 1991.
- FERGUSON, Marilyn Ver e voar: Caminhos para aprendizado. In: **Conspiração Aquariana**. Papyrus, 1997. São Paulo: Makron Books, 1996.
- FILLIOZAT, J. **La science antique et médiévale des origines a 1450: la science indienne médiévale**. Paris: Presses Universitaires de France, 1957.
- FREIRE, Paulo. **Educação e mudança**. 3. Ed. Rio de Janeiro : Paz e Terra, 1981.
- \_\_\_\_\_. **Pedagogia da Esperança**. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1992.
- \_\_\_\_\_. **À sombra desta mangueira**. São Paulo: Olho D'água, 1995.
- \_\_\_\_\_. **Pedagogia da autonomia. Saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1997.

- FREIRE, Paulo & Shor, Ira. **Medo e ousadia**. São Paulo: Paz e Terra, 1995.
- GIROUX, Henry. **Os professores como intelectuais transformadores**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.
- GUERRERO, José S. J.; ACOSTA-HOYOS, Luís Eduardo. **Tecnologia e qualidade de vida**. Viçosa: UFV, Impr. Univ., 1985.
- GLOBAL ALLIANCE FOR TRANSFORMING EDUCATION. **Education 2000, una perspectiva holística**. Vermont: s ed., 1991.
- HAUDRICOURT, A.; NEEDHAM, J. **La science antique et médiévale des origines a 1450: les sciences dans la Chine médiévale**. Paris: Presses Universitaires de France, 1957.
- HELLER, Agnes. **Sociologia de la vida cotidiana**. Barcelona: Ed. Península, 1987.
- HOOG, John C. et al.... **Chemistry: a basic science**. 3<sup>o</sup>ed, New Jersey: D. Van Nostrand Company, 1953.
- KRASILCHIK, Myriam. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1987.
- KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1992.
- KUJAWSKI, Gilberto de Mello. **A Crise do Século XX**. São Paulo: Ática, 1991.
- LEFEBVRE, Henri. **Lógica formal / lógica dialética**. 5<sup>a</sup> Ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1991.
- LEHNINGER, Albert. **Princípios de Bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 1988.
- LEITE, José. Ciência para que sociedade? **CIÊNCIA E INDEPENDÊNCIA**. V.2, 1977.
- LÜDKE, Menga e ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.
- MASETTO, Marcos. **Ensino- aprendizagem no 3<sup>o</sup> Grau**. São Paulo: EPU, 1992.
- McARDLE, W; KATCH, Frank e KATCH, Victor. **Fisiologia do Exercício**. Trad. de Giuseppe Taranto. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1992.

- MIRANDA, Glaura Vasques de. **A produção e a reapropriação do saber no Ensino Superior**. Caderno CEDES nº22. São Paulo: Cortez Editora, 1988.
- MORAES, Maria Cândida. **O paradigma emergente**. Campinas: Papirus, 1997.
- NICHOLLS, David , FERGUSON, Stuart. **Bioenergetics**. London: Academic Press Limited, 1992.
- OLIVEIRA e DUARTE. **Socialização do saber escolar**. São Paulo: Cortez, 1985.
- PAOLI, Niuvenius J. **O princípio da indissociabilidade do ensino com pesquisa: elementos para uma discussão**. Caderno CEDES nº22. São Paulo: Cortez Editora, 1988.
- \_\_\_\_\_. **Elementos para uma proposta de padrão de trabalho em nível de graduação: Ensino com pesquisa**. Anais do Encontro de Reitores, UFPr, 1992.
- PIMENTEL, Maria da Glória. **O professor em construção**. Campinas: Papirus, 1993.
- PRESTES, Nadia M. M. **O conhecimento e a escola**. In: **Tecnologia educacional**. Rio de Janeiro, mar./jun., 1989, p. 24-26.
- PRIGOGINE, I. e STENGERS, I. **A nova aliança: metamorfose da ciência**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1984.
- PRIGOGINE, I. **O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1996.
- \_\_\_\_\_. **O reencantamento da natureza**. In: WERBER, R. (org). **Diálogos com cientistas e sábios: a busca da unidade perdida**. São Paulo: Cultrix, 1986.
- QUAGLIANO, J. V.; VILLARINO, L. M. **Química**, tradução de Aida Espínola, 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1994.
- RONAN, Colin A. **História Ilustrada da Ciência**: da Universidade de Cambridge. Rio de Janeiro: Zahar, 1987.
- SANTOS, Boaventura d Souza. **Introdução à uma ciência pós-moderna**. Rio de Janeiro: Graal, 1989.
- SAUL, Ana Maria. **Avaliação emancipatória: desafio à teoria e a prática de avaliação e reformulação de currículo**. São Paulo: Cortez, 1988.

- SHERMAN, W. M. & COSTILL, D. L. **The marathon dietary manipulation to optimize performance.** Am. J. Sports Med., 12:44, 1984.
- SPENCER e GIUDICE. **Nueva didáctica general.** Buenos Aires: Kapelusz, 1967.
- THÉODORIDES, J. **La science antique et médiévale des origines a 1450: la science byzantine.** Paris: Presses Universitaires de France, 1957.
- THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação.** São Paulo: Cortez, 1996.
- VASQUEZ, Adolfo Sanchez. **Filosofia da práxis.** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1994.
- WACHOWICZ, Lilian A. **Avaliação da aprendizagem escolar.** Curitiba: UFPR, 1977.
- WEISS, Elisa Odebrecht. **O ensino de microbiologia de alimentos na educação superior sob a metodologia do ensino com pesquisa numa visão sistêmica: uma experiência bem sucedida.** Dissertação de mestrado, Curitiba: Puc-Pr, 1998.
- WHITE, A., HANDLER, P. e SMITH, F. **Principles of Biochemistry.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1976.