UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE QUÍMICA DE SÃO CARLOS
Pós-graduação em Físico-Química – Área: Físico-Química

A AULA DE LABORATÓRIO NO ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA

Matheus de Sousa Sato

SÃO CARLOS
2011

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE QUÍMICA DE SÃO CARLOS
Pós-graduação em Físico-Química – Área: Físico-Química

A AULA DE LABORATÓRIO NO ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA

Matheus de Sousa Sato

Dissertação apresentada ao Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências – Físico-Química.
Orientador: Prof. Dr. AntonioAprigio da Silva Curvelo

SÃO CARLOS
2011

Autorizo a divulgação total ou parcial deste trabalho por qualquer meio (convencional ou eletrônico) para fins de estudo ou pesquisa, desde que citada à fonte.
Autorizo também a reprodução total ou parcial, via impressão ou fotocópia.

Sato, Matheus de Sousa

A aula de Laboratório do Ensino Superior de Química – São Carlos – 2011

Dissertação – Universidade de São Paulo. Instituto de Química de São Carlos.

Orientador: Prof. Dr. AntonioAprigio da Silva Curvelo
Área de Concentração: Ensino de Ciências

*Ao meu grande ídolo, exemplo de vida, herói e **pai**: Nelson Katsuyuki Sato.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade de São Paulo pela sua estrutura e pessoal que contribuíram muito para a minha formação.

Ao Instituto de Química de São Carlos que por muitos anos foi como minha segunda casa.

À agência de fomento PIBIC pelo apoio financeiro.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Primeiramente aos meus pais, sem os quais eu não estaria aqui hoje, pelo apoio incondicional.

Ao Prof. Dr. Antonio Aprigio da Silva Curvelo pela orientação e confiança depositada.

Aos meus amigos(as)Alain, Alex, Barca, Bia, Brother, Brubru, Bruna, Charles, Du, Edir, Erlo, Flavinha, Gill, Helo, Izumi, Ju, Luquinha, Marcão, Ronald, Spin, Tia, Vivis que durante essa fase da minha vida estiveram sempre próximos, prontos a me ouvir quando eu mais precisei.

Ao Julio Bergamasco e Luzia Aoki Bergamasco que no momento mais difícil da minha vida foram a força que me permitiu seguir em frente.

Aos amigos do grupo: André Luis Martins, Jonathan Freitas, Nicéia Amauro Quintino, Renata Faria de Souza e Rafael Cava Mori pelas contribuições em muitos trabalhos e por contribuírem direta ou indiretamente para a realização desta dissertação.

Aos professores e alunos que permitiram e participaram da pesquisa realizada.

A todo o pessoal da biblioteca do Instituto de Química de São Carlos por sempre auxiliarem na busca de material bibliográfico.

RESUMO

SATO, M. S. **A aula de laboratório no ensino superior de Química.** 2011. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

A reforma curricular, no ensino superior de Química é um tema que vêm sendo muito debatido no meio acadêmico, não só por pesquisadores da área, mas também por alunos que sentem a necessidade de modificações nas grades curriculares. O currículo conteudista, que apenas disponibiliza um grande volume de informações formando profissionais despreparados deve ser substituído por um currículo que promova uma formação mais abrangente, formando profissionais que além de atender as necessidades do mercado, sejam conscientes das relações existentes entre sua área de atuação e a comunidade no âmbito cultural, social e político (formação mais humanística). Esta nova formação deve procurar formar cidadãos críticos, que questionem as interações da Química com a sociedade, que busquem respostas para problemas individuais e coletivos, e proponham soluções criativas para problemas atuais. Um espírito investigativo deve, necessariamente, ser desenvolvido no formando. Dentre vários aspectos importantes as abordagens do laboratório didático podem auxiliar esta formação designada pelo currículo, sendo algumas dessas muito divulgadas e defendidas na literatura. A didática laboratorial se bem aplicada pode contribuir para a melhor formação do aluno, tornando-o um profissional de Química ciente das suas funções, capacidades e habilidades. Sabendo das necessidades de reestruturação do currículo e da contribuição que as aulas laboratoriais podem ter na formação do profissional da Química; um dos pontos cruciais a ser considerado neste estudo é as aulas prático-experimentais que podem contribuir ou dificultar as adaptações das instituições de ensino superior às novas necessidades. Assim, busca-se neste trabalho analisar a didática aplicada nas aulas prático-experimentais, por meio de um questionário formulado com base em ferramentas de classificação da abordagem do laboratório didático. Tal questionário foi aplicado aos alunos do curso de bacharelado em Química de uma universidade pública para avaliar a contribuição das disciplinas experimentais para a aprendizagem significativa dos mesmos. Foram analisados seis diferentes laboratórios do primeiro ao terceiro ano do curso. Através do questionário observou-se que todos os laboratórios didáticos não apresentam experimentos de alto caráter investigativo. Alguns alunos têm uma concepção errada da relação entre teoria e prática, principalmente os de primeiro ano, o que pode estar diretamente envolvido com o tipo de abordagem utilizada.

Palavras chave: laboratório didático, abordagem, currículo.

ABSTRACT

SATO, M. S. **The laboratory classes at higher education in Chemistry.** 2011. 115 p. Dissertation (Master's degree in Science) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011

The curriculum reform of the higher education in Chemistry is a matter that has been discussed at the academic by researchers and also by students. In particular, the students understand the need for changes in the curricular structure. The curriculum that emphasizes the specific aspects of Chemistry ("content approach") only provides a great amount of information should be replaced by a curriculum that promotes a more comprehensive learning and thus graduating professionals that besides attending the market needs are conscious of the relationship between their practice and the society at the cultural, social and politic scope (a humanistic graduation). This new graduation must search for graduated critical citizens, which question the interactions between Chemistry and society, looking for answers to individual and public problems and proposing creative solutions for current problems. An investigative approach must be developed during the instruction period. Among many important characteristics the approaches adopted in the laboratory classes should help the investigative activities in support to the curriculum according, as reported in several papers already published. If well applied, the teaching laboratorial activities can contribute for a better learning at the graduation making the chemical professionals aware of their functions, capabilities and abilities. Accepting the need for curriculum changes and the contribution that laboratory classes can promote at the graduation of Chemistry's professional one of the crucial points to be consider are the role of the teaching laboratory. The approaches adopted in these experimental activities are decisive in the promotion of the expected changes by the higher education institutes. Thus, this work aims to analyze the approach applied at experimental classes of the bachelor's program in Chemistry of a public university. To access these characteristics it was applied a questionnaire based on classification tools of laboratory didactics' approaches. This questionnaire was applied to six different laboratory classes from 1st to 3rd year of the course to evaluate the contribution of experimental activities to their significative learning. By the questionnaire, it was observed that all the didactic laboratories do not present experiments with a high investigative level. Some students, in particular from the 1st year, have a misconception of the relationship between theory and practice and this assumption can be associated with the approach adopted in the laboratory work.

Key Words: didactic laboratory, approach, curriculum

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1. Representação do laboratório de Liebig em Giessen (obra de Carl Friedfrich Wihelm Traustshold).....18
Figura 2. Definição atual da experimentação no ensino de ciências e a importância dos domínios semânticos das palavras experimentar, experimentação, experiência e experimento (adaptado de MORI, 2009).....20
Figura 3. Relação entre trabalho prático, trabalho na bancada do laboratório e experimento (adaptado de Hodson, 1988).....22
Figura 4. Relações entre os trabalhos (adaptado de Leite, 2001).....23
Figura 5. Relação entre trabalhos e experimento.....24
Figura 6. Esquema representativo dos pólos considerados na descrição da experimentação, adaptado de SERÉ et al. (2003).....34
Figura 7. Papéis dos professores, adaptado de Gil, 2007.....52
Figura 8. Roteiro atuando como catalisador do processo de ensino-aprendizagem (adaptado de DOMIN, 1999).....55
Figura 1. Categorias da Taxonomia de Bloom, domínio cognitivo.....58
Figura 10. Informação descritiva das escalas.....60
Figura 11. Categorias Taxonômicas do Laboratório (Adaptado de Domin, 1999a).....63
Figura 12. Análise de tipos de laboratório (adaptado de Pavelich e Abraham, 1979)....66
Figura 13.Níveis de abertura segundo Herron (1971).....67
Figura 14.Níveis de abertura de Priestley, adaptado de Priestley (1997) apud. Valverde et al. (2006).....68
Figura 15. Médias das respostas para as questões referentes à relação teoria e prática.....87
Figura 16 Médias das respostas para as questões referentes ao ambiente de laboratório.....93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Períodos e respectivas faixas etárias do desenvolvimento cognitivo, segundo Jean Piaget.....37
Tabela 2. Pontuação para a ferramenta APAL.....64
Tabela 3. Frequências do Laboratório A para as questões relacionadas à abordagem....74
Tabela 4. Frequências do Laboratório B para as questões relacionadas à abordagem...76
Tabela 5. Frequências do Laboratório C para as questões relacionadas à abordagem....78
Tabela 6. Frequências do Laboratório D para as questões relacionadas à abordagem....80
Tabela 7. Frequências do Laboratório E para as questões relacionadas à abordagem....81
Tabela 8. Frequências do Laboratório F para as questões relacionadas à abordagem....82
Tabela 9. Resultados para as abordagens dos laboratórios. Sendo S para Sempre, F - Frequentemente, A – Às vezes, R – Raramente.....84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APAL - Atividade do professor e aluno no laboratório

CAQI - Central de Análises Químicas Instrumentais

CNE/CES - Conselho Nacional de Educação e Câmara de Educação Superior

CNE/CP – Conselho Nacional de Educação Conselho Pleno

CPL - Comportamento do professor em aulas de laboratório

LDB – Lei de Diretrizes e Bases

MEC – Ministério da Educação

PBL – *Problem Based Learning*

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

SLEI - *Science Laboratory Environment Inventory*

STAD- *Student Teams-Achievement Divisions*

TC – Trabalho de Campo

TE – Trabalho Experimental

TL – Trabalho Laboratorial

TP – Trabalho Prático.

USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1. Introdução.....13
1.1. Aspectos históricos do laboratório didático de Química.....15
1.2. Experimentação, trabalho prático, trabalho experimental e outros conceitos.....19
1.3. Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos Superiores de Química.....24
1.4. O currículo para a formação do químico.....27

2. O laboratório didático.....31
2.1. Importância do laboratório didático para o ensino superior de Química.....32
2.1.1. A importância do laboratório didático sob um olhar superficial da Psicologia da Educação.....36
2.1.2. A importância do laboratório didático: características em evidência.....39
2.2. O que caracteriza uma boa abordagem do laboratório didático?.....40
2.3. A relação teoria e prática.....46
2.4. O papel do professor na aula de laboratório.....50
2.5. O roteiro no laboratório didático.....54

3. Ferramentas e metodologias de análise.....56
3.1. Taxonomia de Bloom: Domínio cognitivo.....56
3.2. SLEI – *Science Laboratory Environment Inventory*.....58
3.3. Categorias Taxonômicas de Domin.....61
3.4. APAL – Atividade do Professor e Aluno no Laboratório.....63
3.5. CPL – Comportamento do Professor em aulas de Laboratório.....64
3.6. Laboratório de verificação, investigativo aberto e investigativo guiado.....65
3.7. Níveis de abertura de Herron.....66
3.8. Níveis de abertura de Priestley.....68
3.9. Abordagens do ensino de laboratório.....69

4. O Questionário.....70
4.1. A escolha do questionário.....70

4.2. A construção do questionário.....71
4.3. Aplicando o questionário.....72
4.4. Questionário: Abordagem.....73
4.5. Abordagem laboratório A.....74
4.6. Abordagem laboratório B.....75
4.7. Abordagem laboratório C.....77
4.8. Abordagem laboratório D.....79
4.9. Abordagem laboratório E.....80
4.10. Abordagem laboratório F.....82
4.11. Abordagens e o questionário.....83
4.11.1 Análise do questionário: categoria abordagem.....85
4.12. Questionário: relação teoria-prática.....86
4.13. Questionário: ambiente de laboratório.....92

5. Considerações finais.....94

6. Referências.....96

ANEXO A - *Science Laboratory Environment Inventory* (SLEI) Formato efetivo.....106

ANEXO B - Atividade do Professor e Aluno no Laboratório – APAL.....109

ANEXO C – Sistema de observação do Comportamento do Professor em aulas de Laboratório- CPL.....110

ANEXO D – Questionário.....111

ANEXO E -Termo de Consentimento e Informação.....114

1. Introdução

As aulas práticas laboratoriais são obrigatórias no ensino superior de Química e demandam uma carga horária considerável do currículo (BRASIL, 2001).

As Diretrizes Curriculares têm o papel de fixar os currículos dos cursos e programas, são normas obrigatórias que orientam o planejamento curricular das escolas e sistemas de ensino. De acordo com as Diretrizes Curriculares para o Ensino Superior de Química, os atuais currículos devem apresentar uma flexibilização voltada para aos interesses do aluno e da estrutura sócio-cultural, na qual ele está inserido, formando dessa maneira um profissional ciente das necessidades do mercado e especializado nas subáreas de atuação de seu interesse. Para que haja de fato uma flexibilização do currículo, as modificações devem ser realizadas em todos os componentes do mesmo. A aplicação de aulas de laboratório descritivo-reprodutivas é muito disseminada nos cursos de ensino superior (tanto públicos, quanto privados), o que não está de acordo com as diretrizes curriculares.

Os alunos, nesses casos, não estão ativamente envolvidos com a construção do conhecimento. As aulas muitas vezes não atendem às suas expectativas e interesses, além de não contribuírem como poderiam para suas formações profissionais e enquanto cidadãos, distorcem a visão do aluno quanto a evolução do pensamento científico, por apresentar uma concepção de ciência caracterizada por um:

> [...] indutivismo ingênuo, assume que o conhecimento científico é a verdade provada ou descoberta que tem origem no acúmulo de observações cuidadosas de algum fenômeno por uma mente livre de pré-concepções e sentimentos que aplica o método científico para chegar a generalizações cientificamente válidas. Essa concepção de ciência acaba por conferir um peso excessivo à observação, em detrimento das ideias prévias e imaginação dos estudantes (BORGES, 2002, p.304).

Ocorre uma distorção da relação teoria e prática. Posto que, os alunos acabam não compreendendo como ocorre o desenvolvimento do pensamento científico, uma vez que não formulam hipóteses, não buscam maneiras de solucionar questões, não analisam livremente os dados obtidos, estes, apenas seguem um roteiro, preenchendo as lacunas que lhes são propostas. Acabam sendo levados a crer que a prática está subordinada a teoria. Sendo a atividade prática experimental, nesta visão, nada mais do que uma forma de confirmar a teoria.

Além disso, os aspectos tecnológicos e industriais da região são esquecidos, a formação do profissional acaba sendo prejudicada, não se produz profissionais

preparados para as necessidades do mercado. Há um afastamento entre a universidade e da sociedade.

As pesquisas que versam sobre as práticas experimentais no ensino de ciências (IZQUIERDO, 1999; ROTH, 1994; GARDNER & GAULD, 1990; WHITE, 1996) apontam que as aulas de laboratório embora tenham um grande potencial de facilitar a aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes científicas, tal potencial não tem sido atingido.

Holfstein e Lunetta (1982), apesar de serem defensores da presença do laboratório no ensino de ciências, demonstram através de seus estudos que os laboratórios têm baixo efeito sobre o desempenho educacional dos alunos.

Há um consenso geral de que o ensino laboratorial no presente momento proporciona um baixo retorno de conhecimento considerando a proporção de tempo e esforço investido pelos alunos, professores e técnicos (KIRSCHNER& MEESTER, 1988; HAWKES, 2004).

Comumente existem alunos que não compreendem os processos e técnicas que aplicaram no laboratório, ou seja, realizam trabalho prático que não necessitam de reflexão (MOREIRA, 1980). As aulas práticas acabam desenvolvendo apenas habilidades de manipulação de aparatos laboratoriais.

Para evitar os problemas epistemológicos produzidos por aulas de laboratório desse estilo e formar profissionais preparados que saibam as necessidades do mercado, as aulas de laboratório devem estar mais próximas dos objetivos humanistas, instigar o espírito investigativo, a criatividade e iniciativa na busca de soluções para questões individuais e coletivas relacionadas à Química, fazendo com que o aluno seja o agente ativo (foco da atividade pedagógica). A superação destes problemas deve ser precedida de análise e, se necessário, levar a modificações do currículo quanto às aulas de laboratório. Seriam estas aulas realmente necessárias?

Pickering (1993) propõem algumas medidas, das quais destacamos que poderiam ser adotadas:

- manter as aulas como estão (porém haveria ainda um contínuo desperdício de tempo e pessoal);
- a exclusão completa dos laboratórios, exceto para a formação de cientistas (existem dados estatísticos demonstrando que uma das principais razões dos estudantes escolherem o curso de química é o entusiasmo do laboratório).

Tendo como foco as aulas prático-experimentais, primeiramente faz-se necessário analisar as causas e como ocorreu o seu surgimento, podendo desta maneira observar sua importância e necessidade para o ensino.

1.1. Aspectos históricos do laboratório didático de Química.

Para Maar (2004), o desenvolvimento da química como atividade didática e acadêmica universitária, pode ser dividido em três períodos: (1) o período quimiátrico (associada com a medicina); (2) o segundo período aplicado, de cunho mais tecnológico e (3) o terceiro período da química científica independente, ligado as faculdades de filosofia.

O surgimento do laboratório didático relacionado com o ensino de química ocorreu no início do século XVII, na Universidade de Marburg. O ensino de quimiatria (ou iatroquímica - a química englobando o tratamento de doenças e a natureza dos processos biológicos ou o preparo de remédios de acordo com os procedimentos e técnicas alquimistas) atendia às necessidades científicas básicas de outras áreas como a medicina e a farmácia. Johannes Hartmann (1568–1631), responsável pela quimiatria na universidade, elaborou normas de comportamento e de trabalho em laboratório, além de roteiros sobre as práticas de química médica.

A construção, instalação e organização do laboratório de química foi inicialmente descrita por Andreas Libavius (1550-1616) médico, professor e químico. Foi o primeiro reitor da *Casimirianum*, uma escola fundada em Coburg, no ano de1598 pelo Duque João Casimirode Saxônia-Coburgo-Gotha (MAAR, 2004).

Com o Iluminismo, no final do século XVII e início do século XVIII, houve uma revolução em diversas áreas do conhecimento, o que trouxe reflexos para as formas de gestão universitárias e o ensino de ciências. Segundo Meinel (MEINEL, 1984 apud. MAAR, 2004), no caso específico da química, o Iluminismo trouxe vantagens para a consolidação desta nas universidades, deixando de ser um complemento do ensino médico; a química passa a ter seus próprios campos de pesquisa. Dessa maneira, a química inicia-se a consolidar sua institucionalização.

Joseph Black (1727-1799) lecionou química em Glasgow e Edimburgo, e graças a sua dedicação a tarefa de ensinar tornou Edimburgo um dos mais procurados centros de ensino de medicina e química da época (1766-1799). Concomitantemente, Black elaborou livros didáticos e roteiros para o desenvolvimento de experimentos

ilustrativos, além de reunir o conhecimento cientifico produzido por outros. Thomas Thomson (1773-1852) foi influenciado por Black e com a pressão industrial para o aumento do número de químicos treinados, principalmente analistas do controle de qualidade da indústria química, iniciou um treinamento laboratorial sistemático para seus estudantes em Edimburgo (1807) e posteriormente em Glasgow (1819).

Com a Revolução Industrial ocorrendo, surge um novo interesse na "agricultura científica", o que tornava a química importante. Neste contexto, o ensino de química no final do século XVIII era uma resposta às necessidades industriais e ao interesse da população.

O surgimento de laboratórios de ensino de química data do final do século XVIII. A reforma dos cursos de Farmácia na Alemanha a fim de elevar a prática farmacêutica de um ofício a uma profissão colaborou para o desenvolvimento do laboratório didático de química. Dentre as escolas podemos destacar o Instituto de Físico-Química Farmacêutica estabelecido em Erfurt por Johann Bartholomäus Trommsdorff (1770-1837) em 1795.

Trommsdorff afirmava que a química era a "arte da composição", sendo parte essencial da farmácia, posto que a preparação de medicamentos estava baseada em operações físicas e químicas. Em suas aulas, acreditava que cada aluno deveria ter sua atenção pessoal e deveriam ser considerados como membros da família. Por essa razão, após o primeiro ano, ele reduziu o número de alunos. O laboratório de ensino de Troomsdorff serviria futuramente de modelo para o laboratório de Liebig.

Outro laboratório didático de química que merece destaque é o de Justus Von Liebig (1803 – 1873). Liebig inspirou-se em suas experiências no laboratório de Joseph Gay-Lussac (França 1823/1824), para estabelecer o ensino prático experimental em seu país de origem (Alemanha). A *École Polytechnique* (Escola Politécnica) de Paris fundada em 1794 foi uma das primeiras a ministrar um ensino prático formal, porém este ensino era desvinculado da pesquisa, não havia uma formação sistemática de pesquisadores (o ensino da pesquisa científica, ensino realizado por Liebig na Alemanha) e faltavam recursos materiais para a pesquisa.

Sob a direção de Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850), Liebig aprendeu muito dos métodos investigativos químicos envolvidos na pesquisa acadêmica e adquiriu consciência das condições de ensino em seu país. Esses fatores contribuíram para a decisão de Liebig de tornar mais acessível aos estudantes a prática química.

Ao retornar para a Alemanha, Liebig foi nomeado professor extraordinário na Universidade de Geissen. E assim que tomou posse de seu cargo, montou um laboratório de química improvisado em um barracão abandonado.

Com a morte do professor W. L. Zimmermann, responsável pela disciplina de química na Universidade de Geissen, Liebig tornou-se professor titular e obteve domínio total sobre a disciplina.

A princípio o objetivo de Liebig era fornecer mais um instituto (semelhante ao de Trommsdorff) aos alunos, pois a demanda era muito alta e os institutos existentes na Alemanha não tinham condições de absorver todo o contingente. Porém, após três anos de experiência, Liebig passou a acreditar que o ensino prático de química, como era ministrado não era suficiente para fazer com que os alunos adquirissem proficiência e habilidades analíticas, posto que os laboratórios de química existentes eram mais voltados para às finalidades do curso de Medicina, especificamente à produção de fármacos.

Liebig procurou dar uma maior ênfase na análise química, ensinando os alunos a pesquisar em Química, não se limitando a demonstrações ou redescobertas de princípios químicos a partir de experimentos. Cada aluno desenvolvia pesquisas sobre um determinado assunto e posteriormente todos os assuntos eram discutidos entre esses alunos (uma equipe de pesquisadores). Tais características tornam o laboratório de Liebig referência para o ensino de química da época devido à renomada contribuição desta estratégia de ensino para o desenvolvimento acadêmico de seus alunos. O método de aprendizagem era ativo, no qual o aluno estava diretamente envolvido com o processo de pesquisa. Todos deviam construir suas próprias vidrarias e equipamentos, Liebig considerava isso um fator importante, pois desta maneira seus discípulos aprendiam a trabalharem em locais com poucos recursos (MAAR, 2006).

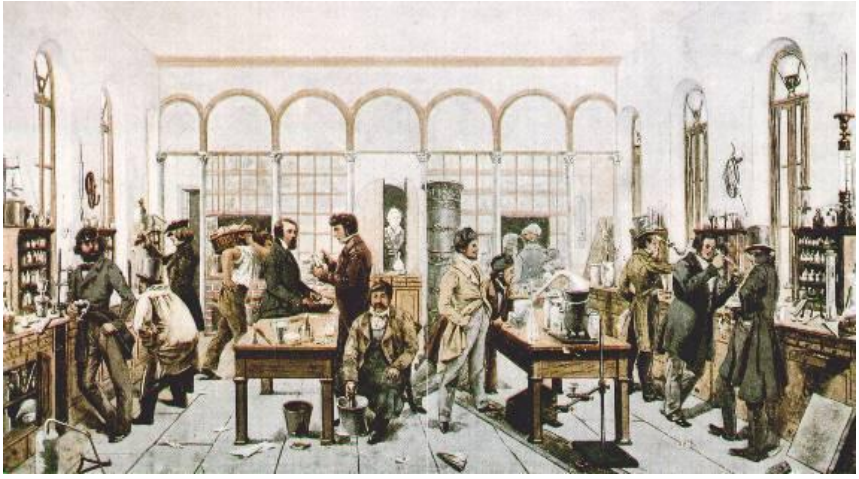

Figura 1. Representação do laboratório de Liebig em Giessen (obra de Carl Friedrich WihelmTrautshold)

A influência de Liebig foi tão grande, que suas críticas ao ensino universitário de química na Áustria (1838) e Prússia (1840) levaram a uma maior ênfase no ensino experimental e a construção de modernos e bem equipados laboratórios (MAAR, 2006).

Entretanto não orientava pessoalmente os novatos, não por desinteresse, tal tarefa era designada para os estudantes mais experientes a fim de que eles se envolvessem no processo de ensino-aprendizagem.

O programa pedagógico de Liebig permitia o progresso de um grande número de estudantes, por etapas bem definidas, desde exercícios elementares a projetos de pesquisa semi independentes (HOLMES, 1989).

Contudo, mesmo com a crescente divulgação do laboratório didático de Liebig e a importância que esse tipo de ensino ganhou na Alemanha; ainda no século XIX muitas universidades eram contra o ensino experimental e tentaram banir a química experimental da universidade. Na Inglaterra, por exemplo, havia defensores e adversário do modelo de Liebig. Nos Estados Unidos, um dos alunos de Liebig (Eben N. Horsford, 1818-1893) estruturou um laboratório similar ao de seu mestre em Harvard.

No Brasil, embora Liebig tenha sido condecorado com a Ordem da Rosa (título honorífico brasileiro) por Dom Pedro II, seu modelo de laboratório não influenciou o ensino de química brasileiro. O ensino de química de nível superior no Brasil ocorreu de forma pioneira na Academia Real Militar do Rio de Janeiro (fundada em 1810). Além dessa instituição outras duas instituições dedicavam-se a química prática: o Laboratório Prático do Rio de Janeiro que trabalhava especificamente com problemas de ordem prática e industrial e o Laboratório Químico do Museu Nacional (criado em 1818),

importante instituição de fomento e divulgação da química pelo Brasil via produção de livros-texto.

1.2. Experimentação, trabalho prático, trabalho experimental e outros conceitos.

Ao iniciarmos os estudos com relação às aulas de laboratório é importante definir e diferenciar certos termos muito utilizados nesta área. É comum o uso de termos como experimentos e trabalho prático como sinônimos. Woolnough (1991, p.3) associa o termo prático a laboratorial, ao afirmar que *practical science* é o "fazer experiências e exercícios práticos com equipamentos científicos, geralmente em um laboratório".

Existe uma confusão dos termos "experimental" e "experiência". Que pode conduzir a uma interpretação errônea em que a realização de qualquer experiência seja considerada como trabalho experimental (DOURADO, 2001).

Mori (2009) realizou um estudo semântico ao longo da história da experimentação analisando os verbetes: experimentar, experimentação, experiência e experimento. Inicialmente pesquisou em três dicionários os verbetes e dentre as definições considerou relevante apenas os três domínios: prático, filosófico e da atividade científica. O autor define estes domínios:

- Prático: experiência de senso comum, vivência, produto do contato intenso e frequentemente com aspectos da realidade, levando ao conhecimento, ao domínio, ao adestramento;
- Filosófico: empirismo, como crença na aquisição do conhecimento através dos dados real, mediado pelos sentidos;
- Atividade Científica: experimentação, experiências ou experimentos como constituintes da atividade de investigação científica, destinados à observação/verificação de fenômenos/leis, sujeitos a determinadas regras (métodos científicos).

Abaixo temos um fragmento do quadro elaborado pelo autor com os domínios semânticos desses verbetes e suas definições no período atual.

Período e/ou Modalidade	Palavras experimentar, experimentação, experiência e experimento		
	Domínio Prático	Domínio filosófico	Domínio da atividade científica
Atualidade	A construção do conhecimento é um processo espontâneo e contínuo; a mente é complexa, pois abriga redes de conceitos e esquemas que se inter-relacionam.	É possível abordar o problema do conhecimento por diversas vias. Em cada uma delas a relação entre teoria e experiência pode assumir formas e papéis diversos.	A experimentação é apenas uma etapa importante para a evolução da ciência. Também é considerada importante para a aprendizagem das ciências, embora haja o reconhecimento de que outras estratégias também possam servir a isto.

Figura 2. Definição atual da experimentação no ensino de ciências e a importância dos domínios semânticos das palavras experimentar, experimentação, experiência e experimento (adaptado de MORI, 2009)

Dourado (2001) procurou diferenciar trabalho prático (TP), trabalho experimental (TE), trabalho de campo (TC) e trabalho laboratorial (TL). Alguns autores consideram o trabalho laboratorial correspondente ao trabalho experimental. Hodson (1988) considera o trabalho prático, um recurso didático do professor que envolve atividades em que o aluno esteja diretamente envolvido (no domínio psicomotor, cognitivo e afetivo).

Carmen (2000, apud DOURADO, 2001) destacou algumas características do TL e TC, individualizando-os: envolvem a participação do aluno em menor ou maior grau cognitivo, compreendem etapas da investigação científica (observação, formulação de hipóteses, realização de experiências, aplicação de instrumentos, obtenção e análise dos resultados), utilizam materiais específicos, ocorrem geralmente em espaços diferentes da sala de aula, são necessárias medidas de segurança devido aos riscos relacionados a estas atividades.

O critério principal de diferenciação entre o TC e TL é o local onde se desenvolve a atividade. Os trabalhos laboratoriais são realizados principalmente no laboratório, sendo possível serem executados em sala de aula, tomadas as devidas medidas de segurança. Enquanto que o trabalho de campo é realizado em espaço aberto, geralmente muito utilizado em Biologia, ocorre ao ar livre (em planícies, jardins botânicos, por exemplo).

> [...] o critério de distinção do trabalho prático de outros recursos didáticos corresponde ao envolvimento que os alunos têm na realização de atividades; o critério que distingue trabalho laboratorial e trabalho de campo de outros trabalhos práticos corresponde ao local de realização das atividades e o critério que permite distinguir trabalho experimental de trabalho não experimental centra-se na metodologia utilizada [...] (DOURADO, 2001, p. 15).

O envolvimento do aluno no trabalho prático é diferente do envolvimento que ocorre no trabalho teórico tanto em grau quanto às características desse envolvimento. O grau de envolvimento nos trabalhos práticos tende a ser maior e o aluno tem um papel ativo, nesse aprimoram-se habilidades cognitivas, afetivas e psicomotoras, sendo esta última característica exclusiva desse procedimento educacional.

Existe a suposição geral de que o trabalho prático equivale necessariamente a trabalhar sobre a bancada de laboratório e que este tipo de trabalho sempre inclui experimentação. Mas, para Hodson (1988) qualquer método de aprendizagem que exija dos alunos que sejam ativos concordando com a ideia de que os estudantes aprendem melhor através da experiência direta, em qualquer um dos três domínios - domínio cognitivo, no psicomotor ou no afetivo ao invés de passivos. Dessa forma, a aprendizagem auxiliada por atividades de computador, demonstrações feitas pelo professor, vídeos/filmes, estudo de casos, representações de papéis, tarefas escritas, confecção de modelos, pôsteres, estudo de recortes, trabalhos variados em biblioteca, preparação e apresentação de seminários, portfólios, além das atividades de laboratório são enquadradas na modalidade de trabalho prático.

O trabalho de laboratório pode apresentar vários objetivos e estilos variados. São utilizados geralmente para: demonstrar fenômenos, ilustrar um princípio teórico, coletar dados, testar hipóteses, desenvolver habilidades básicas de observação ou medida, adquirir familiaridade com aparatos, propiciar um “espetáculo de luzes, estrondos e espumas”. Os experimentos, por sua vez, são eventos projetados e estritamente controlados, esse controle estrito que lhes dá sua força particular. Fornecem meios poderosos para adquirir e testar conhecimentos. Não existem experimentos independentes de teorias (HODSON, 1988).

Hodson (1988) agrupa o trabalho de bancada como um subgrupo da categoria trabalho prático, que por sua vez faz parte dos métodos de ensino/aprendizagem. O experimento faz parte do subconjunto trabalho de bancada. Kirschner e Messter (1988) relacionam trabalho prático e trabalho de laboratório da mesma maneira.

Figura 3. Relação entre trabalho prático, trabalho na bancada do laboratório e experimento (adaptado de Hodson, 1988)

Segundo Leite (2001), o trabalho experimental caracteriza-se por atividades que envolvam controle, manipulação de variáveis e podem também ser caracterizadas como trabalhos laboratoriais. O critério de diferenciação de trabalhos experimentais e não experimentais está relacionado com a necessidade, ou não, de controlar e manipular variáveis. Em relação às atividades laboratoriais:

> As atividades laboratoriais requerem tanto materiais de laboratório como o controle e manipulação de variáveis, e permitem, por exemplo, estudar a influência de um determinado fator num dado fenômeno (ex: influência da temperatura, da concentração ou do estado de divisão dos reagentes sobre a rapidez de uma dada reação química, ou influência da temperatura sobre a resistência de um condutor elétrico, ou influência da atividade luminosa na taxa fotossintética de uma planta) ou estabelecer relações entre variáveis (ex: relação entre as massas dos reagentes e as massas dos produtos de reação, ou entre a intensidade da corrente que percorre um condutor e a diferença de potencial aplicada aos seus terminais) (LEITE, 2001, p. 78).

As atividades laboratoriais não experimentais podem ser mais simples - cheirar amoníaco para conseguir identificá-lo pelo cheiro; ter o objetivo de aprender a utilizar um aparelho - a balança, o microscópio; ter como finalidade o desenvolvimento de capacidades - classificação de animais, plantas ou rochas; ou a aprendizagem de uma técnica laboratorial muito simples - determinação do pH de uma amostra de solo ou relativamente complexas - espectrofotometria.

Dourado (2001) afirma que o trabalho prático corresponde a um campo mais amplo que inclui todos os outros tipos de trabalho, existindo trabalhos laboratoriais e de

campo que podem ou não serem experimentais. Existem outras atividades práticas com caráter de trabalho experimental. Pedrosa (2001) também designa o trabalho prático como um campo mais abrangente, e neste inclui-se o trabalho experimental e trabalho não-experimental.

Baseado nas relações entre os tipos de trabalho propostas por Hodson (1988), Leite (2001) elaborou o seguinte esquema:

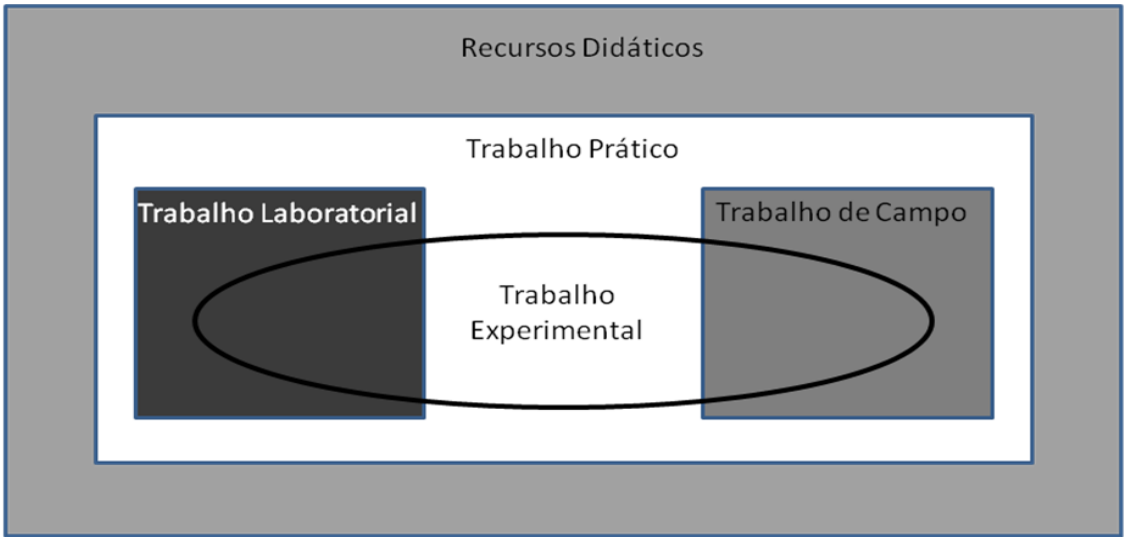

Figura 4. Relações entre os trabalhos (adaptado de Leite, 2001)

As aulas de laboratório podem ser consideradas como recursos didáticos que podem envolver todos os tipos de trabalho. Mesmo o trabalho de campo pode estar envolvido com as aulas de laboratório, fazendo parte do processo de coleta de amostras, por exemplo.

Relacionando as Figuras 3 e 4, os experimentos e o trabalho na bancada do laboratório estariam localizados na região do trabalho laboratorial, sendo que os trabalhos na bancada poderiam ou não ser trabalhos experimentais e os experimentos seriam estritamente experimentais.

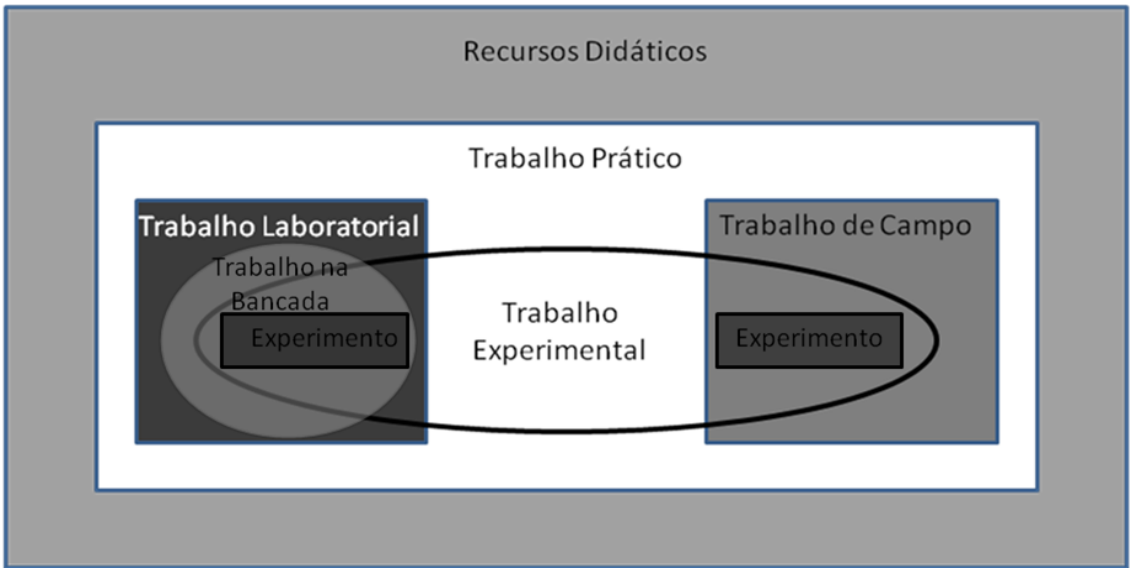

Figura 5. Relação entre trabalhos e experimento

1.3. Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos superiores de Química

Nas Diretrizes Curriculares Nacionais para o curso de Química (BRASIL, 2001) pouco se discute sobre a importância didática das aulas de laboratório e como elas podem contribuir para o desenvolvimento cognitivo do aluno. Nesse documento aborda-se apenas o perfil do profissional desejado, bem como suas habilidades e competências.

O parecer do CNE/CES (Conselho Nacional de Educação e Câmara de Educação Superior) 1.303/2001 define o perfil do bacharel em Química:

> O Bacharel em Química deve ter formação generalista, com domínio das técnicas básicas de utilização de laboratórios e equipamentos, com condições de atuar nos campos de atividades socioeconômicas que envolvam as transformações da matéria; direcionando essas transformações, controlando os seus produtos, interpretando criticamente as etapas, efeitos e resultados; aplicando abordagens criativas à solução dos problemas e desenvolvendo novas aplicações e tecnologias. (BRASIL, 2001, p. 4).

O perfil do formando, licenciado em Química, deve ter uma formação generalista, porém sólida e abrangente em diversos campos da Química, preparação adequada à aplicação pedagógica do conhecimento e experiências de Química e de áreas afins na atuação profissional como educador. Numa análise das competências e habilidades enumeradas buscou-se ressaltar as que estão diretamente relacionadas e/ou podem ser desenvolvidas nas aulas de laboratório.

Sobre as competências formais novamente é ressaltada a necessidade do domínio das técnicas básicas de utilização dos laboratórios e equipamentos tanto para o bacharel quanto para o licenciado. Para o licenciado, uma menção quanto ao

conhecimento dos procedimentos necessários de primeiros socorros para acidentes comuns em laboratórios de Química é adicionada. Todas as habilidades e competências listadas a seguir foram retiradas das Diretrizes Curriculares Nacionais para o curso de Química (BRASIL, 2001a).

No caso do bacharel, outros aspectos são mencionados, no que diz respeito à formação pessoal:

- Organizar, descrever, arranjar e interpretar dados experimentais, inclusive com auxílio de métodos computacionais.
- Saber trabalhar em equipe e ter boa compreensão das etapas que compõem um processo industrial ou uma pesquisa, sendo capaz de planejar, coordenar, executar ou avaliar atividades relacionadas à Química ou áreas correlatas.
- Ter espírito investigativo, criatividade e iniciativa na busca de soluções para questões individuais e coletivas relacionadas com a Química.

Para o licenciado também são atribuídas competências e habilidades quanto a trabalhar em equipe e ter espírito investigativo, criatividade e iniciativa. Esse profissional, porém deve ter bom conhecimento das etapas que compõem uma pesquisa educacional.

A maioria das habilidades e competências citadas com relação à busca de informação, comunicação e expressão estão envolvidas nas devidas proporções com as aulas de laboratório. Para o Bacharel pode-se destacar:

- Saber interpretar e utilizar as diferentes formas de representação (tabelas, gráficos, símbolos, expressões, etc.).
- Saber comunicar corretamente os projetos e resultados de pesquisa na linguagem científica, oral e escrita (textos, relatórios, pareceres, pôsteres, internet, etc.) em idioma pátrio e estrangeiro (especialmente em inglês e/ou espanhol).

Para o bacharel quanto às habilidades e competências relacionadas com o trabalho de investigação científica e produção/controle de qualidade destacam-se todas as apresentadas:

- Saber investigar os processos naturais e tecnológicos, controlar variáveis, identificar regularidades, interpretar e proceder a previsões.
- Saber conduzir análises químicas, físico-químicas e químico-biológicas qualitativas e quantitativas e a determinação estrutural de compostos por métodos clássicos e instrumentais, bem como conhecer os princípios básicos de

funcionamento dos equipamentos utilizados e as potencialidades e limitações das diferentes técnicas de análise.

- Saber realizar síntese de compostos, incluindo macromoléculas e materiais poliméricos.
- Ter noções de classificação e composição de minerais.
- Ter noções de Química do estado sólido.
- Ser capaz de efetuar a purificação de substâncias e materiais; exercendo, planejando e gerenciando o controle químico da qualidade de matérias-primas e de produtos.
- Saber determinar as características físico-químicas de substâncias e sistemas diversos.
- Ter noções dos principais processos de preparação de materiais para uso da indústria química, eletrônica, óptica, biotecnológica e de telecomunicações modernas.
- Saber elaborar projetos de pesquisa e de desenvolvimento de métodos, produtos e aplicações em sua área de atuação.
- Possuir conhecimentos básicos do uso de computadores e sua aplicação em Química.
- Possuir conhecimento dos procedimentos e normas de segurança no trabalho, inclusive para expedir laudos de segurança em laboratórios, indústrias químicas e biotecnológicas.
- Possuir conhecimento da utilização de processos de manuseio e descarte de materiais e de rejeitos, tendo em vista a preservação da qualidade do ambiente.
- Saber atuar em laboratório químico e selecionar, comprar e manusear equipamentos e reagentes.

Na aplicação dos conhecimentos em Química, o bacharel tem como habilidades destacadas:

- Saber planejar, supervisionar e realizar estudos de caracterização de sistemas de análise.
- Possuir conhecimentos relativos ao planejamento e à instalação de laboratórios químicos.

Para o licenciando, no caso do ensino de Química destacou-se:

- Saber trabalhar em laboratório e saber usar a experimentação em Química como recurso didático.
- Possuir conhecimento dos procedimentos e normas de segurança no trabalho.

Com relação à profissão, apenas no caso do bacharel uma competência foi relacionada com as aulas de laboratório:

- Saber adotar os procedimentos necessários de primeiros socorros, nos casos dos acidentes mais comuns em laboratórios químicos.

Tópicos como: a importância, a necessidade, como estruturar, habilidades e atitudes a serem desenvolvidas no laboratório não são especificamente citadas nas Diretrizes Curriculares do curso de Química.

A aplicação dos conteúdos básicos: Matemática, Física e Química deve envolver aulas laboratoriais. No caso dos conteúdos de Física, os tipos de experimentos a serem aplicados são especificados. "Experimentos que enfatizem os conceitos básicos e auxiliem o aluno a entender os aspectos fenomenológicos da Física" (BRASIL, 2001, p. 10). Porém no caso da Química, não há maiores informações a respeito das aulas prático-experimentais.

1.4. O currículo para a formação do químico

Nos cursos de licenciatura que sequem o modelo 3+1, a formação de Química era oferecida em 3 anos e as orientações pedagógicas em apenas um ano (+1), geralmente o último. A obtenção do título de licenciado seguia o artigo 49 do decreto de Lei nº 1190 de 4/4/1939 (MASSENA, 2007; GARCIA & KRUGER, 2009).

Esta fragmentação, com os temas de química e de pedagogia tratados de maneira independente cria uma barreira para a interdisciplinaridade nos cursos de graduação. Não há integração entre o conhecimento específico e o conhecimento pedagógico, as disciplinas e os professores não se articulam e falta diálogo entre eles (GARCIA & KRUGER, 2009). Como um futuro professor é capaz de ensinar o aluno a aprender se não aprendeu os conteúdos dessa maneira? Como exigir que a didática do futuro professor venha a ser inovadora se a sua vivência como estudante é didaticamente inadequada? (HARRES et al., 2005)

Com a determinação do Conselho Nacional de Educação, parecer CNE/CP 009/2001, as licenciaturas passam a ser cursos com identidade própria, sem se caracterizarem como habilitações ou apêndices de outros cursos (BRASIL, 2001a). Esta

medida é consolidada, dentre outros pontos, no oferecimento de disciplinas específicas e uma sequência curricular que potencializa a integração com os conteúdos de química e a prática pedagógica.

Outro aspecto importante, que tem sido objeto de muitos dos trabalhos que lidam com o currículo no período pós-LDB de 1996 visam mudanças estruturais quanto aos conteúdos para uma possível regionalização (ZUCCO et al., 1999; GARCIA & KRUGER, 2009; SANTOS et al., 1997), tornando o currículo mais próximo do cotidiano e realidade de uma região, fazendo com que o profissional recém formado tenha as competências e habilidades exigidas pelo mercado de trabalho, além de saber as necessidades do mesmo.

Muitos currículos apontam que o aluno deve compreender as aplicações da ciência, especialmente as relações entre ciência e sociedade, e ciência-tecnologia-sociedade (BORGES, 2002).

> [...] à nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional promulgada em 1996 (Lei 9.394/96) e do Edital no 04/97 da Secretaria de Educação Superior do MEC, os quais estabelecem que os currículos dos cursos superiores precisam ser revistos, considerando o fim da exigência de currículo mínimo e a necessidade de uma flexibilização curricular que, sem prejuízo de uma formação didática, científica e tecnológica sólida, avance também na direção de uma formação humanística que dê condições ao egresso de exercer a profissão em defesa da vida, do ambiente e do bem estar dos cidadãos (ZUCCO et al., 1999, p. 454).

Para Zucco e colaboradores (1999) a universidade brasileira precisa repensar-se, redefinir-se, instrumentalizar-se para lidar com um novo homem de um novo mundo. Assim como a administração do ensino se descentralizou com a LDB de 1996, o ensino seguiu esta descentralização.

Os currículos devem atender as necessidades e interesses dos alunos, sendo que em cada região do país (com dimensões continentais), tais necessidades e interesses variam; o currículo deve se adaptar a estes fatores sócio-econômico-culturais. Para isso, as instituições de ensino superior devem elaborar seus currículos atendendo aos aspectos regionais e o perfil profissional; evitando a redução utilitarista dos anos 60 e 70 proveniente da ilusão tecnicista/desenvolvimentista, que em nada contribuiu para o avanço das Ciências (LOPES, 1998). Segundo Borges (2002, p.10): “O ensino tradicional de ciências, da escola primária aos cursos de graduação, tem se mostrado pouco eficaz, seja do ponto de vista dos estudantes e professores, quanto das expectativas da sociedade”. A escola tem sido criticada pela baixa qualidade de seu

ensino, que é incapaz de preparar os estudantes para ingressarem no mercado de trabalho.

Além de se adaptar aos aspectos regionais o currículo deve ser um instrumento de ação e construção do novo modelo de país. O currículo deve se adaptara nova realidade, retratada pela mídia, evidenciada pelas questões e discussões em curso nas próprias universidades, nas entidades ligadas à educação e nos setores de absorção de conhecimento e dos profissionais gerados pelas universidades (ZUCCO et al., 1999). Para Paula (2006) a Química fragmentada, fora de seu contexto de produção, como normalmente vem sendo desenvolvida no curso o âmbito de cultura é destituída de integridade, onde ciências restritas ao trabalho intelectual.

Uma das maiores críticas quanto aos currículos do ensino superior é a quantidade de conteúdos informativos. Os estudantes saem dos cursos de graduação com "conhecimentos" já desatualizados, fragmentados e insuficientes para uma ação e responsável na sociedade, seja no âmbito profissional seja como cidadão (ZUCCO et al., 1999). O currículo deve estar em constante transformação diante da velocidade com que as inovações científicas e tecnológicas vêm sendo produzidas e absorvidas, evitando assim que o ensino torne-se inviável e ineficaz. Não se trata, contudo, de minimizar os componentes curriculares e sim de compatibilizá-los às condições dos estudantes, atribuindo-lhes eficácia e propriedade (PINTO, 1993).

Lopes (1993, p. 134) em um estudo histórico e epistemológico do currículo de Química aponta que "Inicialmente, as orientações curriculares para o ensino de Ciências eram voltadas para a memorização e para o acúmulo de informações de caráter descritivo, segundo um viés marcadamente utilitarista".

Em vista disso, há uma necessidade de criar um modelo de curso superior que tenha ênfase no papel e na importância do estudante no processo de aprendizagem, sendo o papel do professor o de "ensinar o aluno a aprender" ao invés de apenas ensinar. O estudante deve estar apto a buscar o conhecimento por si só. O professor neste caso é o mediador deste processo de busca, auxiliando o aluno em suas investigações.

> Não basta apenas educar, é preciso assegurar o desenvolvimento de competências (*transferable skills*), valor agregado a um processo que, todavia, não é o mesmo para todos. Para alguns, exige níveis sempre mais altos de aprendizagem, posto que certas "competências" repousam no domínio teórico-metodológico que a experiência empírica, por si só, é incapaz de garantir (MOREIRA & CANDAU, 2008, p. 3).

Alteram-se as expectativas do ensino, os objetivos deixam de ser meramente informativos e assumem um fundamento social mais amplo. A flexibilidade exigida para os currículos associada à necessidade da transformação desses de recipientes abarrotados de conteúdos informativos em currículos institucionais de temas que propiciem a reflexão sobre caráter, ética, solidariedade, responsabilidade e cidadania são fatores que contribuem para uma abertura e mudança das atuais grades curriculares, com alteração no sistema, reduzindo o número de disciplinas obrigatórias e ampliação do leque de possibilidades a partir do projeto pedagógico da instituição. Pregam-se a abertura e flexibilização das grades curriculares, com alteração no sistema de pré-requisitos e redução do número de disciplinas obrigatórias (ZUCCO et al., 1999). As modificações não podem ser superficiais, limitando-se à inclusão de disciplinas, extinção de outras ou apenas realizando remanejamentos.

No novo currículo flexível, com uma ampla disponibilidade de opções, os alunos devem buscar seus interesses de acordo com suas necessidades, vocações, objetivos, motivações e habilidades. O estudante "manipula" o currículo de acordo com seus objetivos, buscando uma formação de qualidade, em uma perspectiva de saber polêmico e questionador, capaz de construir o novo.

As aulas de laboratório, como parte integrante do curso de Química, devem ser consideradas nas modificações do currículo. Em um estudo realizado por Zucco (2005) sobre as deficiências apontadas na formação dos químicos brasileiros, relatou que na maioria dos projetos didático-pedagógicos dos cursos de Química, a carga horária experimental é de 30%. Esse estudo analisou questionários respondidos pelos alunos que realizaram os exames nacionais de curso (ENC - Exame Nacional de Cursos ou Provão, de Química) em 2000 a 2002; os alunos consideram que as aulas práticas laboratoriais são insuficientes e que elas contribuem para a compreensão de teorias (ZUCCO, 2005).

Mas seria a quantidade de aulas o problema? Estariam as aulas de laboratório, de acordo com as Diretrizes Curriculares, sendo corretamente aplicadas? O novo currículo deve ter o foco na articulação entre sistematização teórica e o saber fazer, contemplando as dimensões que envolvem conceitos, procedimentos e atitudes e a proposta de desenvolvimento de processos de reflexão sobre a prática, pela ênfase na contextualização (GARCIA & KRUGER, 2009).

> O educador deve ter muito cuidado ao empregar a experimentação sob o risco de contribuir para a formação e ou solidificação de modelos que não

> correspondem à realidade da ciência e que fatalmente culminarão em um aprendizado equivocado e ineficiente (PAULA, 2006, p. 21).

Não se deve considerar que a simples colocação do sujeito frente ao problema munido dos elementos necessários à sua resolução é condição suficiente para a descoberta e o consequente aprendizado (PAULA, 2006).

Gil (2007) critica que a utilização das aulas principalmente para transmitir informações representa um desperdício de tempo precioso, uma vez que são oportunidades para uma aprendizagem de conhecimentos, procedimentos e atitudes mais complexas. Isso é válido principalmente para as aulas de laboratório.

As aulas de laboratório são consideradas por muitos uma manifestação expressiva do "aprender fazendo". Porém, quando aplicadas ignorando o processo de construção do conhecimento por parte do aluno, diminuindo o envolvimento do mesmo com o trabalho, restringindo sua busca por resultados e a análise a ser realizada, a efetividade dessas aulas pode ficar comprometida. Corroborando com a assertiva currículos conteudistas afetam o desenvolvimento cognitivo que pode ser alcançado com as aulas de laboratório. Acabam não proporcionando uma aprendizagem adequada a proporção de tempo e esforço despendido.

As habilidades e conhecimentos adquiridos nas aulas prático-experimentais dessa natureza são pequenos em comparação com o tempo e esforços gastos (KIRSCHNER & MEESTER, 1988). Ou seja, o espaço educacional neste caso não está sendo valorizado.

Consequentemente em um currículo baseado na articulação da teoria e prática, como o dos cursos de Bacharelado e Licenciatura em Química, onde há uma relação de dependência mútua, os experimentos auxiliam a construção da teoria, e a teoria, em troca, determina os tipos de experimentos que podem ser e devem ser conduzidos (HODSON, 1988); não só as aulas experimentais estão sendo afetadas, como a teóricas.

White (1996) analisando a eficácia dos laboratórios obteve resultados e conclusões decepcionantes:

> [...] pois conflita com teorias e expectativas. Nós preferimos pensar que os laboratórios funcionam porque acrescentam cor, a curiosidade de objetos não-usuais e eventos diferentes, e um contraste com a prática comum na sala de aula de permanecer sentado (WHITE, 1996; p. 761, tradução nossa).

2. O laboratório didático

Neste capítulo busca-se uma análise mais detalhada das aulas de laboratório e alguns de seus elementos. Primeiramente discute-se a importância da mesma para o

ensino superior de química, tal questão é tratada de maneira superficial na literatura. Nesse tópico buscar-se-á um diagnóstico mais detalhado sobre a necessidade de aulas prático-experimentais no currículo.

A relação entre a teoria e a prática também é analisada, são apresentadas diferentes visões dessa relação e os problemas que advêm da associação errônea entre elas.

Aspectos das aulas prático-experimentais e as atitudes que os professores podem ter para contribuir de forma mais efetiva na formação do aluno são expostas com o intuito de definir-se, posteriormente, uma abordagem apropriada para as aulas laboratoriais de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais para o curso de Química.

2.1. Importância do laboratório didático para o ensino superior de Química.

O ensino prático experimental no curso superior de Química é obrigatório segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais – PCN, como apresentado no capítulo 1. No entanto, apesar da obrigatoriedade, os aspectos relacionados a importância e a necessidade do laboratório didático não são descritos nos PCN..

Analisando a história do laboratório didático de química (capítulo anterior) pôde-se observar as necessidades e razões de seu surgimento.

Inicialmente temos os laboratórios funcionando como ferramenta de ensino de procedimentos e técnicas para o preparo de remédios atendendo às necessidades científicas básicas de outras áreas como a medicina e a farmácia. O surgimento do laboratório didático destinado especificamente ao ensino de química aparece em função dos cursos de farmácia (Trommsdorff, Erfurt, 1795).

Nesta época teve início o treinamento laboratorial sistemático realizado por Thomas Thomson (no final do século XVIII) influenciado pela pressão industrial para o aumento de químicos treinados, principalmente analistas do controle de qualidade da indústria química.

Liebig utilizava seu laboratório para ensinar os alunos a pesquisar em química, desejava que com as aulas práticas os alunos adquirissem proficiência e habilidades analíticas.

Em outras palavras, a importância do laboratório didático nesses episódios era principalmente de treinar técnicas experimentais, aprimorar habilidades práticas, atender as necessidades da sociedade e tornar os alunos mais capacitados com a parte química experimental envolvida na medicina e farmácia. No caso de Liebig, ele buscou, além disso, ensinar os alunos metodologias de pesquisa.

Considerando as habilidades, competências e o perfil do químico a ser formado (sessão 1.4.); o laboratório didático pode contribuir muito para o desenvolvimento de diversas características (como, por exemplo, saber interpretar e utilizar diferentes formas de representação, saber investigar processos naturais). Mas será ele essencial para o ensino? Não é possível desenvolver o perfil desejado sem as aulas prático-experimentais?

A aprendizagem e treinamento no uso de equipamentos não se fazem necessariamente no laboratório; podem ser explicadas e demonstradas pelo professor. Quando o professor realiza demonstrações, não necessariamente limita a participação do aluno na construção do conceito, se a demonstração é conduzida com questões e desafios para os estudantes, a atividade terá as características de uma atividade investigativa (SUART et al., 2010).

As atitudes investigativas de análise, discussão, elaboração de hipóteses, tratamento de dados, desenvolvimento do experimento, assim com as habilidades de comunicação e de cooperação podem ser desenvolvidas por meio de diferentes metodologias de ensino (como por exemplo, a aprendizagem baseada em problemas, *PBL – Problem Based Learning*). Ou ainda, métodos de aprendizagem cooperativa, como o *Jigsaw*, *STAD* (*Student Teams-Achievement Divisions*), etc.

Apesar das aulas prático-experimentais poderem ser supridas em alguns aspectos por outras metodologias de ensino, existem algumas contribuições que são específicas nessas aulas, além de experiências que dificilmente são reproduzíveis em outros ambientes de ensino.

Na ausência do laboratório didático, os alunos podem ter um conceito errado do laboratório vendo-o como um local onde se fazem as coisas, ao invés de um local onde se vê o significado do que estão fazendo. A relação entre teoria e prática (que será discutida adiante) pode ser comprometida, pois há uma menor articulação o que afeta o significado da aprendizagem do aluno e distorce essa relação com uma visão de submissão de uma das partes pela outra.

As aulas prático-experimentais podem auxiliar o aluno a transpor a barreira entre teoria e prática. Os estudantes podem através das aulas forjarem ligações entre os conceitos teóricos e as observações experimentais.

Seré et al. (2003) descrevem a experimentação considerando três polos: o referencial empírico; os conceitos, leis e teorias; e as diferentes linguagens e simbolismos utilizadas. Os experimentos, segundo os autores, têm o papel de permitir o estabelecimento de relações entre esses.

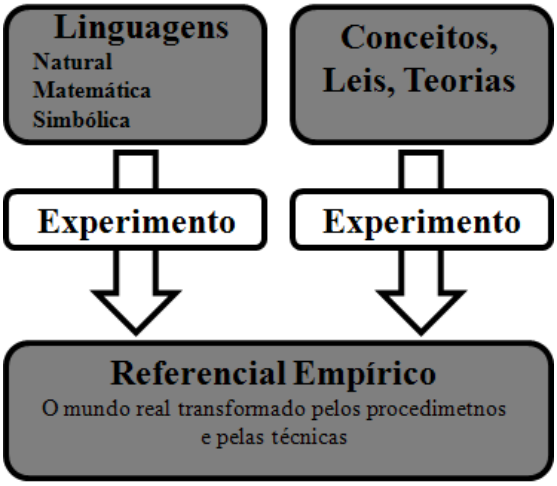

Figura 6. Esquema representativo dos polos considerados na descrição da experimentação, adaptado de SERÉ et al. (2003).

Esta interação, segundo Cudmani e Sandoval (1991), se dá através da análise de erros experimentais, que permite, inclusive, quantificar essa adequação. As lacunas entre os fatos e as conceituações científicas reconhecem na análise de erros experimentais um critério importante de verdade factual, que quantifica a adequação à realidade das outras linguagens, conceitos, teorias e leis. Resumidamente, o experimento atua como um meio de avaliar a adequação entre o referencial empírico e o referencial teórico (linguagens; conceitos, leis e teorias).

Muitos autores afirmam que o laboratório didático é um dos fatores que motivam os estudantes a ingressarem nos cursos de química, ele é visto como um elemento de intensificação do interesse dos alunos. Esse interesse gerado e a curiosidade de conhecer, trabalhar e aprender como funciona a sistemática do ambiente laboratorial são contribuições difíceis de serem substituídas por outras abordagens didáticas.

Embora com outros métodos o aluno possa adquirir habilidades de manipulação, por meio da aula prático-experimental o aluno está diretamente envolvido com a parte prática do trabalho científico, ele vivencia outras sensações ligadas a sua busca

científica como responsabilidade, objetividade, satisfação, perseverança, e adquire segurança com o passar do tempo. Tal fato é de extrema importância, pois há uma associação entre o fazer ciência e suas implicações. A ciência é principalmente uma atividade prática, além de teórica, o que faz com que seu ensino no laboratório seja um elemento indispensável.

A combinação do diálogo oral, escrita, leitura e os experimentos contribuem para a apropriação do discurso da Ciência e para uma compreensão mais contemporânea da prática científica. Falar, escrever e ler é tão importante quanto manipular equipamentos, são diferentes atividades da linguagem no processo de construção do conhecimento científico (GONÇALVES, 2005).

Ferreira (1978) afirma ser fundamental a vivência no laboratório, pois quando se realiza um experimento, o aluno está observando, manuseando e vendo com seus próprios olhos a ocorrência de determinado fenômeno. Consequentemente, construindo seu próprio conceito a partir da realidade concreta e não será mais uma construção mediante o "imaginar", na qual o aluno compara conteúdos com a experiência que ele próprio vivenciou.

> Graças às atividades experimentais o aluno é incitado a não permanecer no mundo dos conceitos e no mundo das "linguagens", tendo a oportunidade de relacionar esses dois mundos com o mundo empírico. Compreende-se, então, como as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. Elas permitem o controle do meio ambiente, a autonomia face aos objetos técnicos, ensinam as técnicas de investigação, possibilitam um olhar crítico sobre os resultados. Assim, o aluno é preparado para poder tomar decisões na investigação e na discussão dos resultados. O aluno só conseguirá questionar o mundo, manipular os modelos e desenvolver os métodos se ele mesmo entrar nessa dinâmica de decisão, de escolha, de inter-relação entre a teoria e o experimento (SERÉ et al., 2003, p. 39-40).

A importância do laboratório didático está muito associada à abstração dos conteúdos envolvidos no ensino. Essa abstração, por meio do laboratório pode tornar-se experiências concretas com aparatos e conceitos científicos. O conteúdo teórico é utilizado de uma forma diferente da habitual, o nível de aprofundamento dos conhecimentos adquiridos é maior.

No caso de um aluno com dificuldades em relacionar o nível molecular com as propriedades macroscópicas das substâncias, o laboratório é essencial para preencher a lacuna entre os níveis molecular e macroscópico da química (TOOTHACKER, 1983).

Os experimentos, pelas suas características definidas anteriormente (eventos projetados e estritamente controlados, que fornecem meios poderosos para adquirir e

testar conhecimentos) são formas de trabalho prático-experimental que podem contribuir para a determinação do valor singular no laboratório didático. Por meio dos mesmos, o aluno testa não só as hipóteses formuladas pelo professor/roteiro, mas também as suas próprias. Há um "diálogo" entre o aluno, as variáveis envolvidas em sua prática e os aparatos.

A aula prática-experimental contribui para uma melhor concepção da relação teoria e prática. Pois, o aluno tem a visão do experimento como parte integrante da teoria. Realiza o experimento, sabendo o que procura, apresenta um embasamento teórico (a teoria guia a projeção do experimento) para determinar a validade de sua hipótese (o experimento promove uma evidência para sua proposição teórica).

O laboratório não deve ser visto pelos alunos como um local onde se fazem as coisas, mas sim onde se apreende o significado do que estão fazendo. Atingir altos níveis de habilidades intelectuais (no laboratório) é crucialmente importante para que o aluno não tenha uma visão distorcida da Ciência. Para que a interpretação do fenômeno ou resultado experimental faça sentido para o aluno é desejável manter uma tensão entre teoria e prática, ressaltando e mantendo uma comunicação entre os dois aspectos (PRAIA et al., 2005).

2.1.1. A importância do laboratório didático sob um olhar superficial da Psicologia da Educação.

Jean Piaget estudou o comportamento de crianças e utilizou suas observações para estruturar o desenvolvimento cognitivo em níveis associados com a idade do indivíduo. Para Piaget, a criança tem noções particulares de como funciona o mundo a sua volta, adquiridas por meio da interação com esse. Algumas vezes essas noções estão em conflito com a visão científica do mundo.

Ele demonstrou que a habilidade de reexaminar ou modificar com sucesso o novo conhecimento adquirido aumenta com a maturidade da criança. Propôs períodos desse desenvolvimento.

Inicialmente o recém-nascido desenvolve interações físicas com o seu ambiente, são desenvolvidas principalmente habilidades práticas. Esse período é chamado por Piaget de sensório-motor. Compreende o intervalo que se inicia no nascimento e vai até os 2 anos, aproximadamente.

Em seguida, há o período pré-operatório, neste estágio intermediário, o indivíduo prepara-se para uma organização de operações concretas. Essa etapa, segundo Piaget, compreende o intervalo aproximado dos 2 aos 7 anos.

O período seguinte (período operacional) divide-se em dois subperíodos. No subperíodo operacional concreto, dos 7 aos 11 anos, a criança tenta inserir ordem em meio as suas experiências aleatórias. Começa a classificar objetos em classes definidas por ela mesma. Essas classificações, muitas vezes, não são compreendidas por adultos.

O segundo subperíodo é chamado de operacional formal, o indivíduo começa a teorizar logicamente com base em suas experiências. É neste estágio que ele é capaz de descobrir, sozinho, algumas leis físicas simples.

Tabela 1. Períodos e respectivas faixas etárias do desenvolvimento cognitivo, segundo Jean Piaget.

Períodos Cognitivos	Faixa Etária (anos)
Sensorial-motor	0 – 2
Pré-operatório	2 – 7
Operacional Concreto	7 – 11
Operacional Formal	Acima de 11

Muitos autores (BEISTEL, 1975; CRAIG, 1972; HERRON, 1975) afirmam que a maioria dos conteúdos ministrados em química tem um caráter abstrato e que grande parte dos estudantes ingressantes têm dificuldades na assimilação desses conteúdos.

Baseados na teoria de Piaget de estruturação lógica do desenvolvimento cognitivo, esses e outros autores justificam tais dificuldades dos alunos.

Estudos apontam que grande parte dos alunos que ingressam o ensino superior, ainda não atingiram o último estágio cognitivo definido por Piaget (operacional formal).

Dale (1970) realizou um estudo, onde observou que apenas 25% dos estudantes de 15 anos eram capazes de resolver completamente a tarefa designada para mensurar o pensamento formal. Mckinnon e Renner (1971) realizaram uma análise com estudantes da Universidade de Oklahoma, onde 50% dos calouros testados conseguiam trabalhar completamente no nível operacional concreto, e apenas 25% dessa amostra podia ser considerada com o pensamento totalmente formal.

Um estudante que não atingiu o estágio operacional formal não tem capacidade de raciocinar ou resolver problemas. Seu raciocínio é baseado em observações reais e está limitado a extrapolações (HERRON, 1975). Muitos desses estudantes passaram

pelo ensino médio sem aprender a conceituar ou teorizar (habilidades características no estágio operacional formal).

Mesmo os indivíduos que se desenvolveram para o nível operacional formal, em face de uma área que não estão familiarizados tendem a regredir para o nível operacional concreto (HERRON, 1975).

Sob este panorama, o laboratório pode, em determinados casos, operar como uma ferramenta didática para o auxílio da inserção de conceitos abstratos aos alunos, por meio de sua concretização. Porém, deve-se estar ciente que o laboratório não deve se limitar a adaptação de conteúdos aos níveis cognitivos dos alunos. Mais do que uma ferramenta de adaptação, o laboratório didático é um meio de desenvolver o pensamento formal do aluno. Segundo Gaspar (2003), abordando as ideias de Piaget: "Mais importante do que ensinar determinado conteúdo seria capacitar a mente para apreender esse conteúdo" (p. 15).

Sob o ponto de vista da pedagogia vigotskiana, a aprendizagem não resulta da atividade em si, mas das interações sociais que é capaz de desencadear. E o laboratório didático muitas vezes possibilita uma maior interação entre aluno-professor se comparado com as aulas teóricas expositivas.

Além da interação assimétrica (um dos participantes, no caso, o professor é mais capaz em relação ao conteúdo da interação, e a orienta) aluno-professor, existe a possibilidade de uma interação, com as mesmas características, aluno-aluno conforme o desenvolvimento dos mesmos em relação ao conteúdo, sendo o aluno com maior domínio do conteúdo o parceiro mais capaz.

Enquanto em questões e exercícios teóricos, o aluno realiza abstrações sobre o que possivelmente ocorreria com a mudança de variáveis; durante a realização de experimentos ele pode facilmente alterar essas variáveis e observar o comportamento do sistema estudado. Há a possibilidade da observação direta e imediata da resposta.

Em um experimento, diferentemente dos exercícios teóricos não é possível desprezar fatores ambientais (temperatura, pressão e outros) e incoerências da própria montagem (problemas com os aparelhos, vazamentos, ajustes necessários). Não há idealização das condições iniciais. A atividade experimental elimina o bloqueio das preconcepções alternativas, possibilitando uma aquisição de concepções cientificamente corretas (GASPAR, 2003).

A atividade experimental proporciona uma interação social mais rica que a maioria das atividades teóricas, pois grande parte dos fatores envolvidos pode ser objeto de questionamento.

Experimentos apropriados podem auxiliar o estudante a construir seu conhecimento, desenvolver a lógica, e habilidades de investigação e de resolução de problemas. Podem também auxiliar no desenvolvimento das habilidades psicomotoras (habilidades de manipulação e observação), e tem grande potencial em promover oportunidades para o desenvolvimento de habilidades relacionadas à cooperação e comunicação (HOFSTEIN, 2004).

Outra particularidade importante das atividades prático-experimentais é o envolvimento do aluno. Muitas vezes em uma aula teórica o aluno dificilmente arrisca previsões e questionamentos, evita o envolvimento por timidez, ou por crer que dúvidas e/ou contestações correm o risco de serem refutadas com autoridade. Ele se abstém de participar, o que torna a interação social mais frágil (GASPAR, 2003).

Dificilmente isso ocorre nas atividades experimentais, o aluno muitas vezes pode por si só testar suas hipóteses e assim tirar suas dúvidas e/ou verificar contestações.

> [...] a possibilidade da observação direta e imediata da resposta, que envolve afetivamente o aluno com a atividade; o aluno livre de argumentos de autoridade, obtém uma resposta isenta, diretamente da natureza. Ambos os motivos garantem o desencadeamento de uma interação social mais rica, motivadora e, consequentemente, mais eficaz (GASPAR, 2003, p. 26).

2.1.2. A importância do laboratório didático: características em evidência

Ao destacar a importância do laboratório para o ensino observa-se algumas características que a determinam. Por exemplo, voltando aos primórdios do laboratório didático de química, temos sua importância voltada principalmente para atender as necessidades da sociedade como: suprir a crescente demanda industrial e a manipulação de fármacos.

O envolvimento que o laboratório pode proporcionar ao aluno também é frequentemente destacado direta ou indiretamente, conforme a abordagem utilizada pode-se proporcionar ao aluno autonomia para testar suas próprias hipóteses e realizar alterações no experimento de acordo com suas suposições.

Outra característica que contribui para a importância do laboratório didático como ferramenta e ambiente de ensino é a articulação que ele pode proporcionar entre

teoria e prática. O experimento pode quantificar a adequação entre referencial teórico e referencial empírico; há uma relação de interdependência entre teoria e prática, onde não existe submissão das partes, nem a possibilidade de separá-las completamente.

A importância do laboratório didático está diretamente associada em como ele é utilizado. Se a aula prático-experimental é elaborada procurando desenvolver as habilidades ímpares dessa metodologia e peculiaridades do ambiente, o ensino torna-se essencial. Caso contrário, o laboratório perde seu valor didático-pedagógico, podendo ser considerado desnecessário ou substituído por outras metodologias de ensino.

Nos próximos tópicos serão descritas características que tornam a abordagem prático-experimental efetiva, além da relação entre a teoria e prática, e o papel do laboratório nessa relação.

2.2. O que caracteriza uma boa abordagem do laboratório didático?

Diversos autores abordam os objetivos que devem ser alcançados pelo uso do laboratório de ensino e características que a abordagem utilizada deve promover no desenvolvimento no aluno. Para uma melhor definição das habilidades e conceitos que uma abordagem bem aplicada no laboratório didático deve proporcionar, primeiramente iremos analisar estudos de autores dessa área.

Kerr (1963) formulou uma lista de características que a abordagem de laboratório deve desenvolver no aluno:

- encorajar a observação e descrição apurada;
- elucidar o aprendizado da teoria (compreensão de conceitos);
- treinar na solução de problemas;
- desenvolver habilidades de manipulação;
- promover o pensamento científico (associado ao método científico);
- desenvolver métodos de investigação;
- despertar o interesse;
- tornar os fatos mais reais;
- possibilitar contato com a aplicação de conhecimentos científicos;
- estimular a criatividade;
- favorecer atitudes críticas;
- desenvolver a autoconfiança;
- despertar e manter o interesse do aluno no assunto;

- tornar o fenômeno mais real, através da experiência real;
- ampliar habilidades de comunicação e de cooperação;
- desenvolver habilidade para interpretar dados experimentais.

Nesta listagem duas características devem ser analisadas mais afundo: a elucidação do aprendizado de teoria e a promoção do método científico de pensamento.

A abordagem adequada que elucida o aprendizado da teoria não deve ser confundida com a abordagem que verifica a validade da teoria, a relação entre teoria e experimentação neste caso é de interdependência e não dicotômica (como veremos no próximo capítulo). Delizoicov (2001, p. 22) alega que: "Atividades experimentais planejadas e efetivadas somente para "provar" aos alunos leis e teorias são pobres relativamente aos objetivos de formação e apreensão de conhecimentos básicos em Ciências". "O conhecimento produzido pela comunidade científica é fruto de extensas pesquisas e da familiaridade dessa comunidade com os fenômenos em estudo" (GONÇALVES, 2005, p. 20).

A promoção do pensamento científico não pode ser comparada com o pensamento científico de um cientista atuante. Os cientistas (pesquisadores) diferem-se dos estudantes (aprendizes) devido às "circunstâncias cognitivas". Os estudantes iniciantes nunca poderão possuir a sofisticação teórica ou a riqueza de experiência de um cientista atuante (HODSON, 1988).

Johnstone e Al-Shualli (2001) citam vários autores que concordam com as características estabelecidas por Kerr (1963). Descrevem que desde o início do século XX até o início do século XXI os objetivos das aulas de laboratório continuam os mesmos, o que sugere que a comunidade científica tenha atingido um consenso. A maioria dos trabalhos envolve as escolas de ensino médio, mas podem ser aplicados no ensino superior.

Ideias similares às propostas por Kerr visando especificamente o ensino superior foram elaborados por outros autores, e podem ser resumidos pela lista organizada por Buckey e Kempa logo abaixo (BUCKEY & KEMPA, 1971 apud JOHNSTONE & AL-SHUALLI, 2001).

As aulas de laboratório devem estimular o aprimoramento dos estudantes:

- nas habilidades de manipulação;
- nas habilidades de observação;
- na habilidade de interpretar dados experimentais;

- na habilidade de planejar experimentos.

Hodson (1994) descreve um conjunto de categorias que sintetizam os objetivos da experimentação, segundo os professores de Ciências:

- para motivar, mediante estimulação do interesse e da diversão;
- para ensinar as técnicas de laboratório;
- para intensificar a aprendizagem dos conhecimentos científicos;
- para proporcionar uma ideia sobre o método científico e desenvolver a habilidade de sua utilização;
- para desenvolver determinadas "atitudes científicas" a consideração com as ideias e sugestões de outras pessoas, a objetividade e boa disposição para não emitir juízos apressados.

Young (1957) afirma que as aulas de laboratório devem cumprir os seguintes objetivos: ensinar alguns fatos elementares e princípios de química, treinar os estudantes em como usar o equipamento de laboratório durante a sua manipulação e auxiliar o estudante a aprender a pensar. Não devem ser meramente expositivas, demonstrando conteúdos; mas serem utilizadas para a resolução de problemas reais ou criados pelos docentes tornando a ação do educando mais ativa. Desafiando-os, motivando-os e ajudando-os a superar problemas; permitindo a cooperação, o trabalho em grupo; permitindo a avaliação dos alunos para a criação de novas situações que intervenham na aprendizagem (GUIMARÃES, 2009). Os objetivos não podem ser atingidos pelos estudantes passivos que meramente seguem instruções e preenchem as lacunas do roteiro de laboratório. "A experimentação pode ser uma estratégia eficiente para a criação de problemas reais que permitam a contextualização e o estímulo de questionamentos de investigação" (GUIMARÃES, 2009 cit. DELORS, 2001, p. 198).

Shulman e Tamir (1973, apud BLOSSER, P. E., 1983) formularam uma lista de cinco grupos de objetivos (todos envolvendo diretamente o aluno) que podem ser atingidos na aplicação de um experimento bem elaborado:

- **habilidades:** manipulação, questionar, investigar, organizar e comunicar;
- **conceitos:** como hipótese, modelo teórico, categoria taxonômica;
- **habilidades cognitivas:** pensamento crítico, solução de problemas, aplicação, análises, síntese;

- **compreensão da natureza da ciência:** empreendimento científico, cientistas e como eles trabalham, existência de uma multiplicidade de métodos científicos, inter-relações entre ciência e tecnologia e entre várias disciplinas científicas;
- **atitudes:** curiosidade, interesse, correr risco, objetividade, precisão, confiança, perseverança, satisfação, responsabilidade, consenso, colaboração, gostar de ciência.

Para Pavelich e Abraham (1979) as aulas de laboratório devem:

- familiarizar o estudante com técnicas e procedimentos fundamentais do laboratório;
- proporcionar ao estudante experiência com aspecto de investigação científica (identificar o problema a ser estudado, desenvolver experimentos, analisar e explicar os dados);
- aprimorar a capacidade de pensar do estudante por meio de mais processos de pensamento abstrato.

Gil (2007) aponta que nas aulas de laboratório o aluno deve ser o **agente principal do processo educativo** e que as atividades devem ser centradas na figura no mesmo, suas aptidões, capacidades, expectativas, interesses, oportunidades e condições de aprender.

A máxima adequação da prática aos conceitos teóricos a serem aprendidos deve ser buscada, evitando a aprendizagem apenas do procedimento científico. Tobin (1990) sugeriu que um aprendizado significativo é possível em um laboratório se são dadas oportunidades aos estudantes para manipular os equipamentos e materiais em um ambiente adequado para estes construírem seu conhecimento do fenômeno e relacioná-lo com conceitos científicos.

As aulas de laboratório não deveriam ser limitadas à aprendizagem de metodologias de pesquisa específicas ou técnicas de laboratório; em vez disso, os estudantes deveriam utilizar os métodos e procedimentos científicos para investigar fenômenos e resolver problemas (HODSON, 1993).

Ben-Zvi et al (1976) reportaram os relatos de estudantes de química que descreveram como método mais eficaz para a elevação do interesse no estudo de química o envolvimento pessoal no laboratório em contraste com demonstrações do professor, experiências filmadas, discussões em sala de aula e palestras. Podem ser efetivas em promover habilidades cognitivas, metacognitivas (resultados de

aprendizagem associados com certas ações adotadas conscientemente pelo aluno durante um episódio específico da aprendizagem) e o interesse por química; aprimorando as atitudes dos estudantes quanto ao "fazer ciência".

As práticas devem propor a construção ativa do conhecimento, evitando a exposição e reprodução, sempre que possível contextualizar, encorajar a reflexão crítica, estimular e privilegiar a construção colaborativa do conhecimento através de discussões sociais, propiciar boas relações interpessoais e motivar os alunos a aprendizagem (GUIMARÃES, 2009). Não devem ser meramente expositivas, demonstrando conteúdos; mas serem utilizadas para a resolução de problemas reais ou criados pelos docentes tornando a ação do educando mais ativa.

> A ciência não pode ser ensinada como um dogma inquestionável. Um ensino da ciência que não ensine a pensar, a refletir, a criticar, que substitua a busca de explicações convincentes pela fé na palavra do mestre, pode ser tudo menos verdadeiro ensino de ciências. É antes de mais nada um ensino de obediência cega incorporado numa cultura repressiva (MEDEIROS & BEZERRA FILHO, 2000 p. 108).

Pacheco ressalta o papel ativo do aluno: "Deve-se dar ao aluno a oportunidade de expressar suas concepções dos fenômenos de forma direta, experimental, ou de forma indireta, através de registros desses fenômenos (PACHECO, 1997, p. 10)."

Quando a função de propor e realizar um projeto é destinada ao aluno, sendo apenas lhe atribuído um tema central; o aluno torna-se elemento mais ativo no ensino, é colocado em uma posição mais livre, busca relações mais interessantes do seu ponto de vista entre o tema central a ser trabalhado e suas aplicações (IZQUIERDO, 1999).

Os experimentos propostos devem considerar as particularidades dos alunos, suas diferentes habilidades e desenvolvimento. A adaptação das atividades de laboratório as necessidades dos estudantes pode ser um processo trabalhoso. Dreyfus (1986) sugeriu que os professores poderiam desenvolver investigações para serem utilizadas pelos alunos com diferentes níveis de conhecimentos e com diferentes habilidades cognitivas. Sugeriu ainda que professores bem informados sobre as habilidades de seus estudantes poderiam ser capazes de selecionar abordagens adequadas com as necessidades de seus alunos e habilidades. Como foi dito anteriormente, os estudantes devem ter a concepção de que o laboratório é um local não apenas para a manipulação de equipamentos, mas também de ideias. Precisam saber o quê e por quê estão observando determinado fenômeno.

Carrascosa et al. (2006) defendem uma aula de laboratório em que se discuta o possível interesse e relevância social, evitando uma visão descontextualizada e socialmente neutra da experimentação. Outro ponto destacado pelos autores é o fato do papel da tecnologia no desenvolvimento científico não ser levado em conta na maioria das aulas experimentais, dado que estas apresentam o desenvolvimento experimental como simples receitas já preparadas e excluem a vivência das relações ciência-tecnologia.

Em um artigo de revisão organizado por Kirschner e Meester (1988) foram encontrados 120 diferentes e específicos objetivos para as atividades científicas práticas, que foram divididas pelos autores em oito objetivos gerais centrados nos estudantes:

- formular hipóteses;
- resolver problemas;
- utilizar o conhecimento e habilidades em circunstâncias desconhecidas;
- desenvolver simples experimentos para testar a hipótese;
- utilizar suas habilidades experimentais na realização de experimentos (simples);
- interpretar dados experimentais;
- descrever claramente o experimento;
- lembrar a ideia central do experimento durante um período significativo de tempo.

É possível observar dentre todos os autores citados que as características destacadas envolvem direta ou indiretamente o aluno. Em outras palavras, o aluno como foco central; todos os autores apontam que uma boa abordagem deve desenvolver as habilidades cognitivas (observação, manipulação) e afetivas dos alunos (principalmente a motivação). A aplicação de experimentos com aspecto investigativo científico (resolução de problemas, planejamento e desenvolvimento de experimentos, análise de dados, interpretação e explicação dos resultados) é muito abordada. Observa-se que o papel do aluno não deve ser de receptor, mas sujeito ativo na construção de seu próprio saber.

O aluno deve ter oportunidade de participar da elaboração do experimento, ao invés de seguir guias detalhados e preparados pelos professores, dando o papel central na investigação e, mais particularmente, fazendo-o adquirir uma visão correta da relação ciência-tecnologia (CARRASCOSA et al., 2006).

> Do ponto de vista didático, ao sujeitarmos a experiência científica a uma tentativa de questionamento estamos a convidar os alunos a desenvolverem-se cognitivamente, num confronto de ideias com os seus pares, em que o resultado não só está de antemão conseguido, como tem que ser sempre olhado a luz dos seus quadros interpretativos (PRAIA et al., 2005, p. 99).

Além desses fatores, o bom ambiente de laboratório onde as interações sociais (cooperação e trabalho em grupo) auxiliam na construção do conhecimento e valorizam a dimensão social da construção do conhecimento também é defendido como uma característica importante. Por meio de experimentos que apresentem essas peculiares, as aulas de laboratório podem se tornar ferramentas cientificamente significativas no processo educacional.

2.3. A relação teoria e prática

Os cursos de Química tendem a dividir disciplinas pelo seu caráter prático (disciplinas realizadas em laboratórios didáticos) e teórico (disciplinas realizadas em sala de aula), áreas como Química Analítica, Química Inorgânica, Físico-Química, Química Orgânica geralmente apresentam essa diferenciação.

Tal separação pode trazer concepções errôneas para os alunos, caso não haja uma interação entre os responsáveis pelas disciplinas visando relacioná-las corretamente. A maneira como as aulas prático-experimentais são conduzidas podem contribuir para uma dicotomia entre teoria e a prática. Para Gonçalves (2005) a separação das disciplinas contribui para a dicotomia entre teoria e prática/experimental.

As atividades de laboratório não devem apenas “ilustrar” as aulas teóricas. Nenhum pesquisador vai ao laboratório sem ter conhecimento do que quer medir ou observar (ARRUDA & LABURÚ, 2005).

A teoria não é um mero produto da prática. Após comprovação experimental, as hipóteses não se tornam verdadeiras, muito menos podem ser consideradas leis.

As leis e teorias científicas devem ser consideradas hipóteses gerais. Com possibilidade de explicar uma gama imensa de fenômenos e estar sujeitas a testes experimentais que quando compatíveis com a teoria dão-lhe consistência e maior confiabilidade perante a comunidade científica. A função do experimento é fazer com que a teoria adapte-se à realidade (ARRUDA & LABURÚ, 2005).

Teorias não são abandonadas por causa de alguns “resultados negativos”. Teorias são abandonadas quando existem evidências que obriguem a isso e/ou quando uma teoria alternativa e mais promissora surge (HODSON, 1988).

A experimentação é uma parte importante da construção de teorias. Todos os experimentos estão localizados em uma matriz teórica. As especulações teóricas representam o ponto de partida para a experimentação. Porém, nem sempre tais especulações precedem os experimentos. Em áreas pouco desenvolvidas é mais provável que os pesquisadores estejam envolvidos em uma pré-observação teórica (observação para formulação de conceitos).

A atividade experimental é impossível sem uma interpretação. Um estudante que não possui conhecimento teórico apropriado não saberá para onde olhar, ou como olhar, de maneira a realizar observações apropriadas para a tarefa, ou como interpretar o que ele/ela vê. Consequentemente, muito da atividade será improdutiva (HODSON, 1993).

Os estudantes acabam realizando o experimento sem entender seu propósito. Liebig afirmava que um experimento não precedido pela teoria tem a mesma relação com a pesquisa científica que um chocalho de uma criança com a música.

Para Russell e Weaver (2008) a falta de um consenso sobre a questão teoria e prática por parte de alunos, professores e pesquisadores indica uma lacuna na literatura. A grande maioria assume haver uma relação, porém é necessário um estudo de como esses as relacionam.

O trabalho prático-experimental ajuda na compreensão e a aprendizagem conceitual leva ao “fazer ciências”. A aprendizagem situa-se tanto no compreender quanto no fazer.

As práticas estão diretamente ligadas às teorias; as teorias determinam quais experimentos são considerados legítimos e como eles devem ser conduzidos. Os experimentos empregados em qualquer estágio da pesquisa dependem do nível da sofisticação teórica já alcançada.

É importante haver uma integração entre teoria, trabalho em laboratório e reflexão sobre os resultados obtidos. Fazer não é o suficiente para aprender. Deve-se fazer e tomar consciência do que se fez, para aprender procedimentos, saber usá-los e dessa forma adquirir autonomia na experimentação (SERÉ, 2002). O laboratório didático sozinho não pode solucionar o problema majoritário de conexão entre o fazer e o pensar ciência, mas pode contribuir.

HODSON (1988) afirma que teoria e experimento têm um relacionamento interativo e de interdependência, os experimentos auxiliam a construção da teoria, e a teoria, em troca, determina os tipos de experimentos que podem e devem ser conduzidos. Aponta também concepções erradas dessa relação: onde as teorias estão

subordinadas à reunião meticulosa e organizada de “fatos” experimentais (“empirismo abençoado”, importância exagerada é dada aos resultados experimentais) ou ainda são geradas com pouco mais do que um processo de procurar regularidades na Natureza (teorias são simples palpites sobre a Natureza).

Outro ponto destacado por HODSON (1988) é o mito de que os cientistas podem resolver controvérsias e estabelecer a “verdade” conclusivamente, por meio de experimentos cruciais; a hipótese é rejeitada e outra pode ser aceita com base na evidência experimental. As teorias não são abandonadas devido a alguns resultados negativos; mas por existirem evidências que obrigam a isso e/ou quando uma teoria alternativa e mais promissora torna-se disponível. A distorção da relação teoria e prática/experimentação pode proporcionar uma ideia errada da construção e do fazer ciência para o aluno.

> [...] entendemos que o propósito e a condução do experimento são permeados por teorias. A construção de teorias está associada aos resultados experimentais e o desenvolvimento de atividades experimentais, por sua vez, sustenta-se em teorias (GONÇALVES, 2005, p. 41).

A atividade de um químico é sempre uma interação entre os aspectos práticos e teóricos, os quais são complementares e interdependentes (CHAGAS, 1997). A prática e a teoria não devem ser vistas apenas como o fazer e o pensar ciência, respectivamente. Ambas são o fazer e o pensar ciência, pois o fazer implica no pensar (antes, durante ou depois) e muitas vezes o pensar está diretamente envolvido com o que se deseja fazer. Ou seja, não é possível separá-los.

A hipótese tem um papel de articulação e de diálogo entre as teorias, as observações e as experimentações, servindo de sua própria investigação. Ou seja, a hipótese intervém ativamente, desempenhando importante papel na construção do conhecimento científico.

> O conhecimento científico é um constante jogo de hipóteses e expectativas lógicas, um constante vaivém entre o que pode ser e o que é, uma permanente discussão e argumentação/contra-argumentação entre a teoria e as observações e as experimentações realizadas (KIRSCHNER& MEESTER, 1988, p. 95).

O conhecimento é negociado com a comunidade científica por uma complexa inter-relação dos argumentos teóricos, experimentos e opiniões pessoais. O critério de julgamento inclui fatores sociais, econômicos, políticos, religiosos, morais e éticos.

Seré (2002) demonstra que o experimento e a teoria podem ter diferentes relações. Alguns trabalhos experimentais são gerados inteiramente por especulações

teóricas, algumas teorias têm sua origem em uma experimentação pré-teórica, algumas vezes as descobertas experimentais devem esperar enquanto os teóricos tentam desvendar a teoria por trás delas. Ocasionalmente, teorias complexas não apresentam imediato suporte experimental ou observacional.

Há ocasiões, em que a teoria e o experimental se desenvolvem juntos; experimentos testam a adequação empírica da teoria e a teoria guia a construção, modificação dos experimentos e destaca pontos potencialmente "frutíferos" para investigação.

Em uma visão mais holística e interativa da relação teoria/experimento, apresentada por Seré (2002) os experimentos auxiliam a construção da teoria, e a teoria determina que tipo de experimento pode ou deve ser executado.

A experimentação, na construção da teoria, tem dois vínculos significativos:

- testar a adequação empírica da teoria em desenvolvimento e promover uma evidência retrospectiva das proposições teóricas;
- guiar a continuação do desenvolvimento da teoria no sentido da coerência e plenitude.

Os experimentos auxiliam o refinamento de conceitos, a quantificação das relações conceituais e estabelece os limites da aplicabilidade da teoria (o experimento é uma parte integral da teoria).

A teoria tem duas funções na experimentação:

- generalização de questões a serem investigadas e descrição de problemas que requerem elucidação teórica e explicações;
- guia na projeção precisa do experimento para responder às questões e solucionar os problemas.

A teoria e a prática diretamente relacionadas podem tornar os laboratórios didáticos um ambiente onde se manipulam ideias ao invés de apenas manipular equipamentos e vidrarias. A experimentação não deve ser vista como um meio de revelar convincentemente o significado, mas como constituinte da construção ou negociação de significados.

Rugarcia (1996) descreve que a maneira mais eficaz de conectar a teoria e prática é envolver a formação universitária com a profissão por meio de habilidades de raciocínio. Aprender conceitos, cálculos de rotina ou procedimentos de operação sem entendê-los, não capacita para enfrentar a prática profissional.

Os egressos com habilidades investigativas e de raciocínio que os capacitem para pensar criticamente e criativamente estarão mais bem preparados para enfrentar os desafios profissionais.

2.4. O papel do professor na aula de laboratório.

Existe uma crença comum em relação ao professor do ensino superior; o professor necessita apenas de uma comunicação fluente e sólido conhecimento da disciplina a ser ministrada. Não há uma preocupação explícita com a preparação de professores para o ensino superior, fica subentendido que quanto melhor pesquisador, melhor professor será o indivíduo (GIL, 2007). Yung (2001) descreve que muitos professores têm pouca experiência em métodos que os possibilitem avaliar o conhecimento de seus alunos e o desempenho dos mesmos no laboratório.

No caso das aulas de laboratório de Química, o que ocorre com frequência é o processo de valorização da visão empirista por professores não licenciados que aplicam disciplinas práticas de conteúdos específicos como: Química Orgânica, Química Inorgânica, Química Analítica e Físico-Química. São geralmente professores com formação inicial em Física, Química ou Biologia que não trabalharam a experimentação do ponto de vista pedagógico (GONÇALVES, 2005).

Muitos professores não têm conhecimento dos novos modelos de ensino-aprendizagem e suas implicações no currículo. Ficam confusos quanto ao seu papel quando os estudantes estão realizando o trabalho prático. Geralmente não compreendem que as atividades no laboratório podem servir como principal meio de capacitar os alunos a construir seu conhecimento, e não trabalham com seus alunos de forma a promover o desenvolvimento dos conceitos de ciência (HOLFTEIN & LUNETTA, 2003). Gil (2007, p.15) afirma: “a efetiva prática do professor universitário repousa sobre um tripé que envolve os conhecimentos específicos relacionados à matéria, à suas habilidades pedagógicas e à sua motivação”.

Em sua maioria, não recebem preparação pedagógica específica e raramente têm oportunidade de participar de cursos, seminários ou reuniões sobre métodos de ensino e avaliação da aprendizagem. Muitos, ainda, não reconhecem a importância da didática na sua formação. Em função disso os professores têm suas de habilidades pedagógicas limitadas, as quais poderiam tornar o aprendizado mais eficaz. O professor que apresenta uma formação pedagógica adequada traz consigo uma visão de mundo, de ser

humano, de ciência e de educação compatível com as características de sua função (GIL, 2007).

Tobin (1990) sugere que um desenvolvimento profissional a longo prazo é uma das maneiras mais importantes para auxiliar o professor no aprimoramento de seu discernimento, suas crenças, papéis e comportamento. Incoerência entre os objetivos dos professores, seu comportamento e as limitações de suas habilidades, no caso das aulas de laboratório, deve ser abordada cuidadosamente por programas de desenvolvimento profissional para professores (HOFSTEIN & LUNETTA; 2003).

Em um ambiente como o laboratório, onde as interações professor-aluno são mais intensas e frequentes a falta de uma boa didática pode comprometer a aula e consequentemente o aprendizado do aluno.

No processo de ensino-aprendizagem o professor exerce uma função fundamental de facilitador de aprendizagem. Deve atuar no sentido de apresentar e desenvolver conceitos, leis e teorias envolvidos na experimentação, deve ser um orientador crítico (DELIZOICOV, 2001). Deve manter um diálogo com o aluno, uma interação que possa ser mediadora da relação aluno/problema. O professor deve fazer com que o aluno expresse suas próprias ideias, investigue com independência e procure meios para o seu desenvolvimento individual, profissional e social; desenvolvendo o pensamento crítico e investigativo no aluno, envolvendo-o na elaboração, construção e avaliação de hipóteses.

Segundo Libâneo (2001, p. 3): “Um professor que aspira ter uma boa didática necessita aprender a cada dia como lidar com a subjetividade dos alunos, sua linguagem, suas percepções, sua prática de vida.”

A abordagem do tema a ser trabalhado deve ser realizada sempre que possível relacionando-a com o cotidiano, a cultura e os conhecimentos prévios do aluno. A prática pode ser relacionada com fenômenos naturais, problemas aplicados (ligados à futura prática profissional) ou instrumentos tecnológicos em que o tema em questão está inserido. Colocando para o aluno um problema a ser resolvido, podendo direcioná-lo com questões e desafios.

O professor deve avaliar o aluno (utilizando ferramentas apropriadas para tal processo) e identificar o que os estudantes estão aprendendo em termos conceituais e procedimentais; bem como os efeitos das experiências no que diz respeito ao interesse do aluno e motivação (HOFSTEIN, 2004). Devem ser capazes de habilitar os estudantes

a interagir com o objeto de estudo seja intelectualmente e/ou fisicamente; e criar maneiras de descobrir o que o aluno está pensando e aprendendo.

GIL (2007) em Didática do Ensino Superior descreve os papéis que o professor deve exercer, na tabela abaixo estão, resumidamente, os papéis por ele atribuído aos professores e suas respectivas descrições:

Papéis exercidos pelo professor	
Administrador	Planeja, organiza, monitora e avalia o processo de ensino-aprendizagem (administração científica).
Participante	Participante do processo de ensino-aprendizagem. Ouve os estudantes em relação à definição dos objetivos do curso, ao estabelecimento de metas, à utilização de estratégias de ensino e mesmo em relação aos procedimentos a serem utilizados para avaliação.
Instrutor	Atua como instrutor, sobretudo em disciplinas de caráter prático, em que os objetivos principais relacionam-se ao desenvolvimento de habilidades psicomotoras.
Modelo Profissional	Estudantes aprendem não apenas com o que os professores dizem, mas também com o que fazem.
Diagnosticador de necessidades	O professor deve identificar as necessidades dos alunos para que os conteúdos ministrados correspondam às expectativas dos mesmos.

Figura 7. Papéis dos professores, adaptado de Gil, 2007.

Dentre os papéis descritos nota-se um destaque para o papel de instrutor no que diz respeito às atividades de laboratório, devido às habilidades psicomotoras envolvidas, mas encontramos todos esses papéis associados às aulas de laboratório. O professor é administrador na abordagem, metodologia, andamento e avaliação da aprendizagem no laboratório. Torna-se participante principalmente na interação com os alunos, o professor e os alunos são colaboradores no processo de ensino-aprendizagem.

Deve ser um modelo profissional, sempre com um comportamento exemplar no uso dos equipamentos de segurança (óculos, luvas, jaleco), não fumando ou comendo no laboratório, demonstrando de forma correta a execução de técnicas e/ou medidas (pesagem, titulação, manuseio da amostra) quanto necessário. Ainda, deve diagnosticar as necessidades dos alunos, para tornar a formação dos mesmos a mais completa possível e aumentar a motivação pelas práticas.

Comumente os alunos veem o laboratório como um lugar onde fazem as coisas, mas não veem o significado do que fazem (DE JONG, 1998). É função do professor fazer com que seus alunos busquem o significado de cada atividade realizada, no caso de diferentes abordagens onde o aluno propõe seu procedimento experimental esta visão do aluno já está melhor contextualizada com a prática em questão. Em capítulos futuros iremos descrever o papel do professor em diferentes abordagens para as aulas de laboratório.

Dreyfus (1986) sugere que o professor deve conhecer o seu público e procurar desenvolver atividades que estejam de acordo com as habilidades cognitivas dos estudantes. Deve aprimorar as habilidades necessárias para a formação de um bom profissional considerando a heterogeneidade do grupo. E estar ciente das preconcepções e habilidades já adquiridas de seus alunos, assim como suas dificuldades para entender temas científicos e para resolver problemas práticos (DE JONG, 1998).

Os responsáveis pelo currículo supõem que a participação nas atividades de laboratórios dos cursos da universidade, durante a formação, fornece conhecimento e habilidades suficientes para um ensino próspero nos laboratórios de ciências (TAMIR, 1989). Elaboram o currículo enaltecendo a dicotomia entre teoria e prática/experimentação (GONÇALVES, 2005). Onde a experimentação tem como principal objetivo confirmação da teoria. Seja na elaboração do currículo ou nas aulas práticas a relação entre teoria e o experimento deve ser corretamente exposta e aplicada.

A busca por resultados “corretos” não deve ser superestimada. Nas abordagens de alto nível de abertura, os alunos não têm em mãos os resultados. A avaliação desses não deve estar relacionada somente com a proximidade dos resultados obtidos com os esperados, mas sim com a análise dos resultados obtidos.

Nas aulas de laboratório, principalmente as de Química, as experiências podem envolver aquecimentos espontâneos, liberação de gases, formação de precipitados, mudanças de cores, explosões. Todos estes acontecimentos trazem para si a atenção e interesse dos alunos. À primeira instância parecem colaborar para o ensino no laboratório, mas o professor deve evitar que estas sejam as únicas lembranças da aula. As teorias por trás dos eventos devem ser ressaltadas para que o aluno associe o fenômeno com os fatores que o acarretaram.

2.5. O roteiro no laboratório didático

Os roteiros estão presentes na maioria das disciplinas experimentais, são raras as exceções de laboratórios didáticos que não seguem um roteiro. Os roteiros podem diferir-se quanto às informações disponibilizadas: se há questões propostas, formas de analisar os dados, objetivos pré-estabelecidos, conceitos envolvidos no experimento. Mas sempre apresentam um papel central no experimento a ser realizado, determinam as atitudes e o foco do estudante.

O roteiro foca a atenção do estudante no que deve ser investigado, o que deve ser feito, interpretado e reportado. Tem como função principal definir objetivos e procedimentos (HOFSTEIN & LUNETTA, 2003).

Estudos realizados por Lunetta e Tamir (1979) e Fisher e colaboradores (1999) demonstram que os alunos envolvidos em atividades de laboratório, nas quais seguem instruções detalhadas, recolhem e registram os dados sem noção clara dos objetivos e procedimentos realizados.

O excesso de informação presente no roteiro pode distrair o aluno dos objetivos principais do experimento (LUNETTA & TAMIR, 1979). O aluno atinge o objetivo como se estivesse seguindo apenas mais uma etapa do procedimento, não compreendendo o que está ocorrendo, pois não sabe o que está fazendo. Segue as instruções e preenche as lacunas. Apresenta os dados na conclusão, de acordo com as questões do roteiro; os valores obtidos no procedimento experimental são repetidos.

Os roteiros apresentam uma estrutura característica: uma introdução na qual os conceitos de interesse são apresentados, um procedimento descrito passo a passo, tabelas já prontas ou seções com espaços em branco para reportar dados ou resultados e questões pré ou pós-laboratório que requerem a utilização dos processos cognitivos de baixa ordem: conhecimento, compreensão e aplicação (DOMIN, 1999)

Segundo Lunetta e Tamir (1979) raramente são dadas oportunidades para os estudantes utilizarem as habilidades cognitivas de alto nível (essas habilidades serão descritas na próxima sessão - 3.1.) ou para discutirem o conhecimento científico associado com a investigação.

Os roteiros utilizados nos laboratórios didáticos variam de acordo com a abordagem utilizada pelo professor (nas sessões 3., 3.6., 3.7., 3.8. e 3.9. serão descritas algumas dessas abordagens), estão diretamente relacionados com os objetivos do

experimento e por quem tais objetivos foramproposto (alunos ou docente) podendo ou não trazer várias informações.

Para Domin (1999) as práticas expositivas (onde não se dá nenhuma importância ao planejamento, a investigação, a interpretação de resultados e os experimentos são completamente descritos, sendo função dos alunos reproduzi-los) têm como principais inconvenientes serem pouco representativas do que realmente é a atividade científica, contribuem pouco para o desenvolvimento cognitivo do aluno (requerem processos cognitivos de baixa ordem), pois durante as práticas os estudantes passam mais tempo determinando se conseguiram ou não obter o resultado esperado do que desenvolvendo e organizando o experimento.

Nessas práticas, o roteiro ou manual de laboratório funciona como um catalisador, assim com o catalisador aumenta a velocidade da reação proporcionando um caminho de reação de menor energia, o roteiro reduz a quantidade de tempo necessária para se completar a atividade de laboratório proporcionando um "caminho de instrução" que requer menos esforço intelectual,ver figura 8

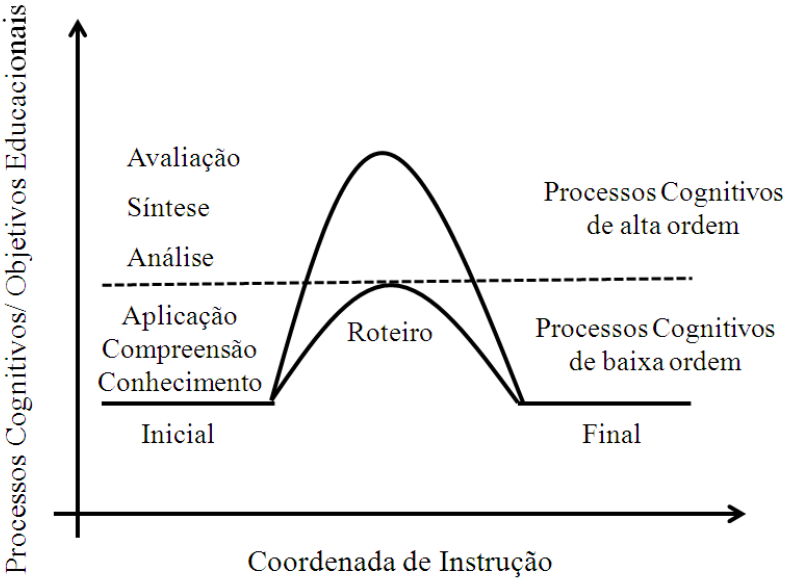

Figura 8. Roteiro atuando como catalisador do processo de ensino-aprendizagem (adaptado de DOMIN, 1999).

Abordagens investigativas atingem níveis cognitivos de alta ordem, apresentam um enfoque mais indutivo, os resultados não são conhecidos previamente. De acordo com o grau de liberdade (ou nível de abertura) o aluno desenvolve seus próprios métodos e procedimentos. Nesses casos não há o catalisador (roteiro) ou ele é breve e com poucas informações, permitindo que o estudante projete, desenvolva e conduza seu

próprio experimento, formulando hipóteses e prevendo resultados. (Os roteiros podem ser escritos sem que haja restrição do desenvolvimento dos processos cognitivos de alta ordem). São práticas menos orientadas (não há a descrição e delimitação das ações do aluno)e conferem maior participação ativa e intelectual, envolvendo os processos cognitivos de alta ordem. Os processos cognitivos, categorizados por Benjamim Bloom, serão discutidos no próximo capítulo (3.1.).

3. Ferramentas e metodologias de análise.

Por meio da associação entre as habilidades e competências desejadas para os egressos destacadas nas Diretrizes Curriculares do curso superior de Química (seção 1.4.), as razões que fazem do laboratório um(a) ambiente/ferramenta único(a) e de grande importância para o ensino (seções 2.1. a 2.1.2.), os principais aspectos e objetivos do laboratório didático (sessão 2.2.), o papel do professor no laboratório (sessão 2.3.) e a relação entre teoria e prática que o laboratório deve proporcionar (sessão 2.4.) é possível traçar um perfil da "abordagem ideal". Comparando às abordagens descritas na literatura e as particularidades anteriormente definidas pode-se selecionar as abordagens utilizadas que exibam as propriedades definidas no perfil.

Nesse capítulo iremos primeiramente apresentar inúmeras classificações das abordagens didáticas do laboratório de ensino descritas na literatura, além de ferramentas envolvidas na análise do mesmo.

Através das ferramentas e modos de classificação encontrados, uma nova ferramenta de avaliação da abordagem do laboratório foi desenvolvida visando principalmente analisar o desenvolvimento cognitivo que a abordagem possibilita além da qualidade do ambiente de laboratório e a associação que esse permite entre teoria e prática.

3.1. Taxonomia de Bloom: Domínio cognitivo

Antes de iniciar-se a listagem de ferramentas e classificações é necessário conhecer a taxonomia criada por Bloom e colaboradores para o domínio cognitivo, que serve de base (direta ou indiretamente) para a maioria das classificações das abordagens de laboratório descritas posteriormente.

Benjamin Bloom e colaboradores dividiram os tipos de aprendizado em três domínios: cognitivo, psicomotor e afetivo. O domínio cognitivo está envolvido com o desenvolvimento intelectual e aquisição de conhecimento, o domínio psicomotor

engloba habilidades físicas e o domínio afetivo está diretamente relacionado a sentimentos e posturas (FERRAZ & BELHOT, 2010).

O domínio cognitivo apresenta **seis categorias hierarquizadas** pela sua complexidade, havendo uma relação de dependência entre os níveis. Um nível superior só pode ser atingido quando houver o domínio do nível inferior.

As categorias são: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação. Algumas das categorias ainda apresentam subcategorias, as quais não serão mencionadas.

Conhecimento, na taxonomia, refere-se a processos que remetem a memória, buscam recordar informações, baseiam-se na aquisição e armazenamento de dados. É a primeira categoria na ordem crescente de complexidade.

A **compreensão** é a segunda categoria. Nessa a informação deve ser primeiramente interpretada para sua posterior reprodução, compreende-se e dá-se significado as informações recebidas.

Posterior a compreensão tem-se a **aplicação** em que o conteúdo adquirido é utilizado em uma nova situação problema. Diante de um novo problema, o aluno aplica abstrações apropriadas sem qualquer instrução para isso (AMAURO, 2004).

Na categoria de **análise** o conceito é dividido em partes com intuito de compreender o todo. A informação é organizada e hierarquizada.

A quinta categoria é chamada de **síntese**, nessa categoria conceitos são reunidos para a elaboração de um novo. Uma nova estrutura e produzida a partir de diversos elementos.

A última e mais complexa categoria é a **avaliação**. O conteúdo é julgado, as ideias ou materiais são avaliadas ou criticadas com base em padrões e critérios particulares.

Pela descrição das categorias é possível observar a dependência entre elas, por exemplo, para que o aluno realize atitudes envolvidas com a categoria aplicação é necessário anteriormente que ele tenha conhecimento e compreensão do conteúdo que está utilizando na nova situação. Pois apenas aplica-se determinado conteúdo quando se tem conhecimento dele (lembra-se da sua existência) e compreende o que ele representa (sabe-se como articulá-lo).

A relação hierárquica entre as categorias e a necessidade do conhecimento das categorias inferiores para o uso das mais complexas, demonstra como o desenvolvimento cognitivo está envolvido com as categorias.

Essas categorias elaboradas por Bloom e colaboradores serão associadas com as abordagens do laboratório didático ou com elementos do mesmo, como por exemplo, o roteiro. Na figura a seguir são apresentadas as categorias na ordem hierárquica, onde para se atingir a categoria seguinte é necessário conhecer a(s) anterior(es).

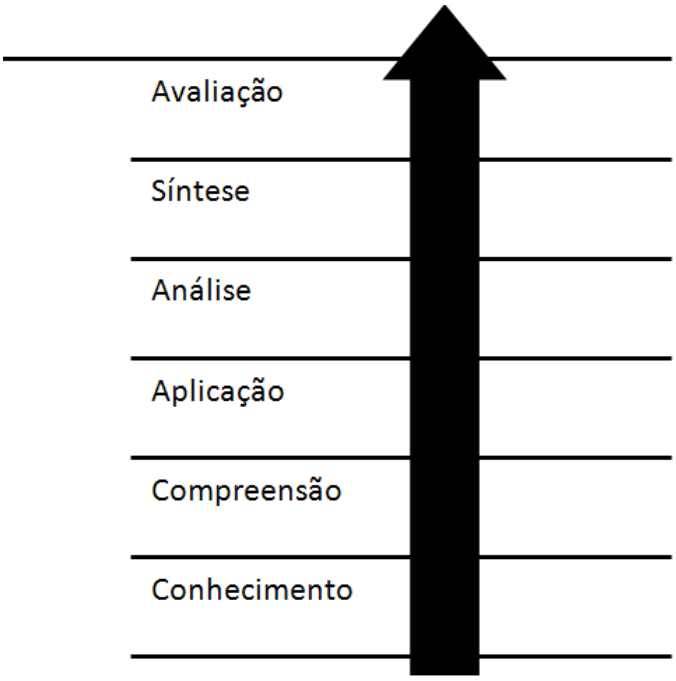

Figura 9. Categorias da Taxonomia de Bloom, domínio cognitivo.

Apresentada a Taxonomia de Bloom, domínio cognitivo, serão listadas algumas ferramentas de análise e classificação da abordagem utilizada nos laboratórios didáticos baseadas nessa taxonomia. Algumas ferramentas permitem também a avaliação do ambiente de laboratório.

3.2. SLEI – *Science Laboratory Environment Inventory*

SLEI (*Science Laboratory Environment Inventory*) é um instrumento de avaliação da percepção dos alunos em relação ao ambiente psicossocial das aulas de laboratório de ciência. Pode ser utilizado para investigar o impacto das aulas de laboratório no desempenho dos alunos e orientar melhorias na configuração do ambiente de laboratório. Tal ferramenta pode aperfeiçoar o ensino e aprendizagem nos laboratórios. Este instrumento foi desenvolvido e validado por um grupo de educadores de ciência da Austrália (FRASER; McROBBIE; GIDDINGS; 1993).

O desenvolvimento desta ferramenta foi baseado em cinco critérios: utilização de dimensões e itens considerados relevantes para os professores, minimização do tempo necessário para se obter resultados, consistência com a literatura relacionada ao

laboratório científico-didático, com os instrumentos de avaliação do ambiente de sala de aula para ajustes não-laboratoriais e a cobertura das dimensões propostas por Moos (1974).

Moos (1974) identificou três categorias gerais que poderiam ser utilizadas para a contextualização de todos os ambientes humanos: Dimensões de relacionamento (a natureza e intensidade da relação pessoal), Dimensões de desenvolvimento pessoal (crescimento pessoal e auto-esclarecimento) e Dimensões de manutenção do sistema (medida da expectativa da ordenação do ambiente, manutenção do controle e sensibilidade a alterações).

Por meio dos critérios anteriormente citados e após diversas revisões a versão final do inventário contém cinco escalas: coesão entre os estudantes, integração, clareza dos objetivos, material ambiente e aberto a soluções variadas.

São 35 itens distribuídos nas cinco escalas, cada item é classificado em uma pontuação de 1-5 pontos com as alternativas: Quase Nunca, Raramente, Ocasionalmente (algumas vezes), Frequentemente e Muito Frequentemente. As alternativas apresentadas correspondem respectivamente às pontuações: 1, 2, 3, 4 e 5. Ou quando são pontuados de maneira inversa: 5, 4, 3, 2 e 1; respectivamente.

Abaixo temos uma tabela relacionando as escalas, suas descrições, exemplos de itens e com qual dimensão de Moos elas estão relacionadas:

Nome da escala	Dimensões de Moos	Descrição	Exemplo de Item
Coesão entre os estudantes	Relacionamento	Quanto os estudantes auxiliam e dão suporte uns aos outros.	Estudantes na aula de laboratório progridem muito bem como um grupo. (+)
Aberto a soluções variadas	Desenvolvimento Pessoal	Quanto as atividades de laboratório enfatizam a abertura a diversas soluções, divergentes.	Os resultados a serem obtidos são conhecidos, antes de iniciar a atividade de laboratório. (-)
Integração	Desenvolvimento Pessoal	Quanto as atividades de laboratório são integradas com a teoria em aulas não-laboratoriais.	A teoria das aulas regulares foi utilizada durante as atividades de laboratório. (+)
Clareza dos objetivos	Manutenção do Sistema	Quanto o comportamento no laboratório é guiado por regras formais.	Há uma forma reconhecida de fazer as coisas com segurança neste laboratório. (+)
Material Ambiente	Manutenção do Sistema	Quanto os equipamentos e materiais do laboratório são adequados.	O laboratório está muito lotado quando se está fazendo os experimentos. (-)

Figura 10. Informação descritiva das escalas. Os sinais indicam a maneira de realizar a pontuação: para (+) 1, 2, 3, 4, e 5 indicam respectivamente Quase Nunca, Raramente, Ocasionalmente (algumas vezes), Frequentemente e Muito Frequentemente enquanto (-) a pontuação é inversa. Adaptado de (FRASER, McROBBIE e GIDDINGS (1993).

A validação deste instrumento foi realizada internacionalmente (Austrália, Estados Unidos, Canadá, Nigéria, Inglaterra e Israel) 3727 alunos participaram da validação, através dos resultados obtidos as escalas propostas foram analisadas, houve uma redução das escalas que representavam os mesmos fatores e com isso o modelo anteriormente proposto de 72 itens e oito escalas, foi alterado para a estrutura final de 35 itens em 5 escalas.

Fraser e colaboradores (1991) reportaram ter encontrado significante associação entre as percepções dos estudantes e as habilidades de investigação. Afirmam ainda ser possível a aplicação deste instrumento na universidade (inicialmente produzido visando o ensino médio).

É importante que os pesquisadores e educadores utilizem o SLEI para monitorar os pontos de vista e a preferências dos estudantes em suas aulas de laboratório, investigando o impacto de diferentes ambientes de laboratório sobre o desempenho dos estudantes, e promover uma base que oriente futuras propostas para o aprimoramento de ambientes de aprendizagem. O SLEI pode proporcionar algumas ideias e métodos

influenciando os professores no laboratório de ensino (FRASER; McROBBIE; GIDDINGS; 1993).

No apêndice A temos um exemplo do inventário trazido por nós, no formato efetivo, outro formato foi elaborado pelos autores: o formato de preferência que pouco se distingue do primeiro, ao invés de coletar a opinião dos estudantes sobre aspectos das aulas de laboratório, reúne os aspectos preferenciais dos estudantes quanto às mesmas.

3.3. Categorias Taxonômicas de Domin

Domin (1999a) identificou, através da história, quatro estilos distintos de instrução no laboratório: expositivo, investigativo, instrução por descoberta e baseado em problemas. Estes estilos se diferenciam em três descritores: objetivos, enfoque e procedimento.

Os objetivos podem ser predeterminados ou indeterminados, enquanto o enfoque pode ser dedutivo ou indutivo. Abaixo segue a definição desses estilos segundo Domin (1999a).

O **estilo expositivo** tem seus objetivos predeterminados (tradicional, verificação) e enfoque dedutivo. É o mais popular e criticado, o professor define o tópico a ser estudado e direciona a ação dos estudantes. Os estudantes repetem as instruções do professor ou as que são definidas no manual.

Os resultados obtidos são utilizados apenas para comparação com os resultados esperados. Os estudantes não são solicitados a confrontá-los. A aula não confere maior atenção ao planejamento da investigação ou à interpretação.

Há uma baixa ênfase no pensar, sendo um meio ineficiente na mudança conceitual, e sendo irrealista na representação da ciência experimental. Este estilo tem como vantagens: a minimização de recursos - material, equipamentos, pessoas, espaço e tempo se comparado aos outros.

Os laboratórios considerados “receita de bolo”, que enfatizam a realização de procedimentos específicos de coleta de dados estão enquadrados neste estilo. Estudantes são instruídos a seguir uma receita a fim de atingir uma conclusão pré-determinada. Gastam a maior parte do tempo determinando se obtiveram os resultados corretos que pensando sobre o planejamento e organização do experimento.

As atividades neste estilo são projetadas para facilitar o desenvolvimento de baixa ordem cognitiva (lembrar, reconhecer e aplicar teorias aprendidas).

Segundo Domin (1999a) em uma análise de onze manuais de laboratório de Química, a maioria deles exige dos estudantes operarem predominantemente nos três mais baixos níveis da taxonomia de Bloom: conhecimento, compreensão e aplicação.

O **estilo investigativo** espelha a investigação científica através do posicionamento do estudante no papel de cientista júnior. Os objetivos são indeterminados e o enfoque é indutivo.

Os estudantes são solicitados a formular seus próprios problemas com base na informação disponível (simulando a construção do conhecimento). Envolvem-se no processo de aprendizagem dos mesmos conceitos e princípios que os cientistas aprenderam como estudantes. Estão mais envolvidos na definição dos procedimentos.

Tal estilo contribui para que os estudantes desenvolvam atividades caracterizadas por processos cognitivos mais elevados, como: formulação de hipóteses, explanação, crítica, planejamento, comparação, julgamento (atividades envolvidas com as três categorias mais complexas da taxonomia de Bloom: análise, síntese e avaliação).

Domin (1999a) cita algumas críticas a este estilo muito encontradas na literatura:

- Alta demanda da memória de curto-prazo dos estudantes, exigindo ao mesmo tempo atender aos novos conceitos do tema, equipamentos de laboratório com os quais não estão familiarizados e novas tarefas de caráter de resolução de problemas;
- Muita ênfase no processo e pouca ênfase no conteúdo científico;
- Igualar a investigação científica à pesquisa realizada por um estudante não cognitivamente preparado.

Pode-se adicionar a essas características, a carga horária necessária para a preparação de uma atividade desse formato.

No **estilo de descoberta** (investigação guiada) o roteiro não é utilizado e o instrutor provê a mínima orientação. O manual de laboratório é substituído por material "aberto e permissivo" que indica as áreas nas quais os problemas podem ser encontrados. Os objetivos são indeterminados e o enfoque é indutivo.

Mediante o estudo de um exemplo específico de fenômeno, os estudantes se habilitam para desenvolver um conhecimento geral do princípio subjacente. Este estilo personaliza a informação que o estudante adquire, tornando-a mais significativa e melhor retida. A experiência direta e a valorização da resolução por si mesmo são destacados.

O professor guia os estudantes com vista a alcançar os objetivos desejados, orienta a direção a ser tomada e controla a discussão, conduzindo os estudantes para a informação. Os estudantes são encorajados a fazer previsões, formular hipóteses e a delinear experimentos.

Hodson (1996) critica esta categoria, pois segundo ele o estudante não pode descobrir algo que não está conceitualmente preparado. Ele não saberá onde e o que procurar, ou como reconhecer o que procura. Qualquer atividade que deixa em aberto o objetivo a ser descoberto; deixa também a oportunidade do objetivo não ser descoberto.

Afirma que é surreal esperar que um grupo de estudantes descubra simultaneamente o mesmo princípio.

No **estilo baseado em problemas** os objetivos são pré-determinados e o enfoque é dedutivo.

O professor providencia um contexto para que os estudantes gerem suas próprias questões, mas sob sua direta supervisão. Neste contexto o professor exerce papel ativo e estimulante (providencia material, meios de encontros ocasionais). Torna-se um facilitador do processo ao invés de um promotor do aprendizado. Anteriormente ao desenvolvimento do experimento o professor necessita desenvolver algum tipo de exposição acerca dos fundamentos teóricos e dos procedimentos técnicos.

Enquanto os estudantes redefinem o problema e desenvolvem procedimentos para a obtenção da informação requerida. Requer que os alunos pensem no que estão fazendo e porque estão fazendo.

Tal categoria conduz ao desenvolvimento de habilidades cognitivas no mais elevado nível, pois requer dos estudantes a construção de hipóteses, a definição dos procedimentos, bem como a análise e a interpretação dos resultados..

Categorias Taxonômicas	Objetivos	Enfoque	Procedimento
Estilo expositivo	Pré-determinados	Dedutivo	Dado
Estilo investigativo	Indeterminados	Indutivo	Gerado pelo estudante
Estilo de descoberta	Indeterminados	Indutivo	Dado
Estilo baseado em problemas	Pré-determinados	Dedutivo	Gerado pelo estudante

Figura 11. Categorias Taxonômicas do Laboratório, adaptado de Domin, 1999a

3.4. APAL – Atividade do professor e aluno no laboratório

A autora descreve uma ferramenta de avaliação do laboratório adaptada da taxonomia dos objetivos educacionais, de Bloom. O ensino deve manter a coerência, as

aulas devem também atingir os mesmos níveis propostos no planejamento e nas provas (CARVALHO, 1987).

Se na prova o professor propõe questões nas quais seus alunos devem interpretar, aplicar e analisar o conteúdo dado durante esses meses; nas aulas o mesmo conteúdo precisa ter alcançado os níveis de interpretação, aplicação e análise (CARVALHO, 1987).

O APAL – Atividade do professor e aluno no laboratório é um sistema de observação do comportamento cognitivo para professores e alunos. Focaliza de modo amplo, as atividades de professores e dos alunos.

Através de afirmações procura-se avaliar as atividades em positivas ou negativas. São 18 afirmações para as aulas de Ciências cada afirmação traz um sinal (+) ou (-) conforme julgada esta atividade positiva ou negativa para o ensino de ciências.

O avaliador durante a aula coloca um sinal (+) ou (-) para a cada afirmação no caso do orador da aula realizar ou não a atividade. Os pontos totais de observação dessa aula obedecerão à regra de sinais para a multiplicação.

Se o professor fizer uma atividade considerada positiva (+) terá um ponto positivo (+). Se fizer uma atividade considerada negativa terá um ponto negativo (-). Se não fizer uma atividade considerada positiva (+) terá um ponto negativo (-). Se não fizer uma atividade considerada negativa (-) terá um ponto positivo. A tabela 2 demonstra a pontuação:

Tabela 2. Pontuação para a ferramenta APAL.

Atividade	Realização	Pontuação	Total
Negativa (-)	Sim (+)	(-).(+)	(-)
Positiva (+)	Sim (+)	(+).(+)	(+)
Negativa (-)	Não (-)	(-).(-)	(+)
Positiva (+)	Não (-)	(+).(-)	(-)

Não é possível avaliar com este instrumento se uma aula é boa ou ruim em termos de conteúdo, mas pode-se classificá-la em termos de atividades de professor e aluno. No apêndice B encontra-se um exemplo dessa ferramenta.

3.5. CPL – Comportamento do professor em aulas de laboratório

O CPL é uma ferramenta de análise descrita por Carvalho (1987) no livro *Práticas de ensino. Os estágios na formação do professor*. O CPL detecta e salienta a metodologia empregada pelo professor nas aulas de laboratório. Destaca as etapas do

método, a observação do fenômeno como um todo, o problema, o levantamento de hipóteses, a elaboração de um plano de trabalho, a obtenção de dados e as conclusões.

São 12 categorias que representam o comportamento do professor no laboratório (ver apêndice C). Para melhor caracterização da interação em classe, este sistema apresenta uma dimensão do aluno com 4 categorias. Tem-se ainda 2 categorias que foram definidas com o objetivo de caracterizar tudo o que acontece em uma sala.

Cada intervalo de 1 minuto corresponde a uma faixa vertical nos itens correspondentes da ferramenta de análise. Na observação do professor deve-se classificar seu comportamento, no mínimo, em dois itens, um em cada dimensão.

A primeira dimensão indica sobre qual aspecto metodológico o professor está atuando e a segunda, como ele está agindo (qual sua atividade naquele intervalo de tempo).

Na Dimensão I os comportamentos são relativamente longos, o professor leva 30 segundos ou mais para expor o problema (I-3) ou para discutir fontes de erros (I-11), na Dimensão II isto pode não acontecer. Assim é frequente que um professor mostre o fenômeno (I-2), exponha (II-1) e manipule o material (II-12) ao mesmo tempo. Neste caso, deve-se marcar não apenas dois itens, mas todos os observados nesse intervalo de tempo, para retratar na maneira fiel as aulas de laboratório (CARVALHO, 1987).

A interação professor-aluno é vista pelo número de perguntas feitas pelo professor, pelo número de respostas e perguntas feitas pelos alunos e pelo tempo que o professor permite que os alunos pensem.

3.6. Laboratório de verificação, investigativo aberto e investigativo guiado.

Pavelich e Abraham (1979) comparam as características de três tipos de laboratório.

No laboratório de **verificação** os estudantes utilizam o roteiro, que contém a explicação detalhada dos conceitos químicos que irão trabalhar no laboratório. Os estudantes devem ler esta introdução antes de ir para o laboratório, devem compreender os conceitos antes de obterem os dados. Posterior aos conceitos, os estudantes encontram uma descrição detalhada dos procedimentos que devem realizar.

A maioria dos roteiros inclui uma explicação de como analisar os dados obtidos para gerar algumas informações específicas (exemplo: massa molecular).

No laboratório de verificação os exercícios relacionados à decisão intelectual que caracteriza o trabalho no laboratório não são realizados pelo o aluno. O professor escolhe o problema, o procedimento experimental, o método de análise e sugere uma explicação para os dados (através de uma introdução teórica).

No laboratório **investigativo guiado** não é dada a introdução teórica ou métodos de análise dos dados, são dadas apenas instruções experimentais explícitas.

Os alunos são informados qual problema devem investigar e que experimento realizar, mas são instruídos a gerar sua própria análise e explicação dos dados.

O laboratório **investigativo aberto** caracteriza o oposto do laboratório de verificação. Os estudantes primeiramente obtêm os dados e então extraem conceitos dos dados. Eles escolhem o problema a ser investigado, são requeridos a desenvolver seu próprio experimento, formular uma análise e uma explicação de seus dados. Algumas características das abordagens estão apresentadas na figura 12.

Os estudantes desenvolvem conceitos de suas próprias experiências e tem a liberdade de lidar com conceitos em seu nível intelectual.

Os autores apontam para o fato de não utilizar este tipo de laboratório com graduandos iniciantes, pois não apresentam o conhecimento necessário quanto a técnicas e/ou conceitos de Química para aplicarem na prática.

Para promover uma situação de investigação aberta, deve-se primeiramente propiciar aos estudantes uma experiência na qual eles aprendam a utilizar as técnicas disponíveis e aprendam conceitos de Química.

	Verificação	Investigativo Guiado	Investigativo Aberto
Ordem	C→D	D→C	D→C
Escolha do Problema	P	P	E
Planejamento Experimental	P	P	E
Análise dos Dados	P	E	E
Explicação dos Dados	P	E	E

Figura 12. Análise de tipos de laboratório (adaptado de Pavelich e Abraham, 1979). P representa a atividade realizada pelo professor, E - a atividade realizada pelo estudante, C- conceitos e D – dados.

3.7. Níveis de abertura de Herron

Herron (1971) desenvolveu uma classificação dos níveis de abertura das atividades práticas. Neste trabalho o **nível de abertura 0** de classificação (demonstração) consiste em uma comprovação prática dos princípios teóricos, na qual os estudantes conhecem de antemão os objetivos da prática e o resultado final. Ao

estudante, também, facilita-se tanto o material como o método para a realização da prática.

Nas práticas de **nível de abertura 1** (exercício), o estudante aprende a seguir instruções de um método ou de um instrumento e as técnicas de observação e manipulação. Um modelo correspondente ao estilo tradicional do Domin (1999), ou ainda o laboratório de verificação de Pavelich e Abraham (1979). Nesses dois níveis de abertura (0 e 1) o estilo de prática utilizada geralmente é o expositivo.

Esses níveis iniciais são práticas com características expositivas a maior parte das etapas é executada pelo professor, sendo a participação ativa do aluno mais limitada.

No **nível de abertura 2** (investigação estruturada), o estudante aprende a selecionar o material e a desenvolver o método, posto que estes fatores podem não ser completamente facilitados aos estudantes. Este nível de abertura baseia-se nas práticas de investigação, embora seja possível também basear-se em práticas expositivas nas quais são suprimidas partes selecionadas da metodologia. Ou seja, este nível está em uma posição intermediária entre as práticas do tipo expositivo e práticas do tipo investigações abertas.

No **nível de abertura 3** (investigação aberta), o estudante identifica um problema, formula, escolhe e desenvolve o método mais apropriado para solucioná-lo. O tipo de prática em que se baseia são as práticas de investigação.

No **nível de abertura 4** (projeto), os estudantes realizam uma investigação, cujo objetivo pode ter sido proposto por eles mesmos.

Com o aumento dos níveis, o elemento cognitivo, a discussão argumentativa, a reflexão passam a ter um papel determinante no experimento, menos etapas do experimento são disponibilizadas para o aluno, ver figura abaixo:

Nível	Nome	Objetivo	Material	Método	Solução	Estilo de Prática
0	Demonstração	Dado	Dado	Dado	Dada	Expositiva
1	Exercício	Dado	Dado	Dado	Aberta	Expositiva
2	Investigação estruturada	Dado	Dado por inteiro ou em parte	Dado por inteiro ou em parte	Aberta	Expositiva/ Investigação
3	Investigação Aberta	Dado	Aberto	Aberto	Aberta	Investigação
4	Projeto	Dado em parte ou aberto	Aberto	Aberto	Aberta	Investigação

Figura 13. Níveis de abertura segundo Herron (1971).

3.8. **Níveis de Abertura de Priestley**

Priestley (1997) apud. Valverde et al. (2006), assim como Herron desenvolveu uma escala de níveis de abertura para as atividades práticas de laboratório, seus níveis são relacionados com os níveis da taxonomia dos objetivos educacionais, domínio cognitivo. Cada nível envolve categorias mais complexas da taxonomia dos objetivos educacionais de Bloom (domínio cognitivo).

Nível	Nome	Descrição da atividade realizada em laboratório	Processo cognitivo requerido
1	Hermeticamente Fechado	Proporcionam-se aos alunos todos os procedimentos. Os alunos sugerem os dados preenchendo lacunas nos relatórios. Incluem-se tabelas com os dados.	Conhecimento
2	Muito Fechado	Proporcionam-se aos alunos todos os procedimentos. Incluem-se tabelas de dados.	Conhecimento
3	Fechado	Proporcionam-se aos alunos todos os procedimentos.	Conhecimento e Compreensão
4	Entreaberto	Proporcionam-se aos alunos todos os procedimentos. Algumas perguntas ou conclusões são abertas.	Conhecimento e Aplicação
5	Ligeiramente Aberto	Proporcionam-se a maioria dos procedimentos aos estudantes e algumas perguntas e conclusões são abertas.	Aplicação
6	Aberto	Os estudantes desenvolvem seus próprios procedimentos. Proporciona-se a eles uma lista de materiais. Muitas perguntas e conclusões são abertas.	Análise e Síntese
7	Muito Aberto	Aos estudantes é indicado um problema (ou eles propõem um) que eles mesmos devem resolver. Os estudantes desenvolvem os procedimentos e tiram suas próprias conclusões.	Síntese e Avaliação

Figura 14. Níveis de abertura de Priestley, adaptado de Priestley (1997) apud. Valverde et al. (2006).

As atividades práticas com níveis baixos de abertura requerem processos cognitivos de baixa ordem. Assim como nos níveis de Herron (1971), os níveis baixos de abertura são classificados como expositivos, em geral o docente determina o trabalho a ser realizado no laboratório, os alunos devem apenas repetir as instruções disponibilizadas pelo professor ou por um roteiro. Os resultados são conhecidos pelo

docente, e em alguns casos pelos alunos. Essas práticas são pouco representativas da atividade científica.

As práticas com níveis maiores de abertura correspondem a práticas de investigação. Essas práticas têm um enfoque indutivo, requerem maior atenção dos alunos e esforço intelectual, conferem aos alunos maior responsabilidade no momento de decidir o procedimento adequado. O maior envolvimento dos alunos com o processo permite uma melhor associação dos conceitos teóricos com os dados empíricos.

3.9. Abordagens do ensino de laboratório

Kirschner e Meester (1988) afirmam que as abordagens para a aprendizagem e instrução aplicadas no laboratório de ensino podem ser divididas grosseiramente em três:

A primeira abordagem seria a **tradicional, estruturada, convergente ou "livro de cozinha"**. Este tipo de laboratório funciona primariamente para verificar leis, princípios, conceitos e fatos ensinados em aulas ou presentes em livros-texto. Nesse laboratório é dito ao estudante exatamente o que deve ser feito. O estudante deve completar seu experimento em um período de tempo definido e deve chegar a um resultado esperado. Uma vez que o experimento é uma mera extensão da aula ou livro-texto, muitas vezes pouca atenção é dada aos aparatos do laboratório. Os relatórios elaborados pelos alunos são vistos como mera obrigação e têm pouca semelhança com os realizados pelos cientistas (KIRSCHNER & MEESTER, 1988).

A segunda abordagem é chamada de **laboratório experimental**, **indutivo, descoberta orientada, projeto não-estruturado, abordagem aberta (*open-ended*) ou laboratório de pesquisa de graduação.**

A capacidade de compreensão e a criatividade do estudante são desafiadas por um problema experimental não muito complexo de ser resolvido. As instruções são bem gerais, exceto em casos em que um erro poderia ser perigoso ou causar muitas despesas. Os alunos aprendem a solucionar problemas, utilizar equipamentos mais modernos e analisar os resultados. São encorajados a consultar a literatura, questionar, pensar e tomar iniciativa. Os experimentos, em sua maioria são projetados para demonstrar as limitações da teoria, enquanto ao mesmo tempo demonstram a necessidade da teoria na realização de experiências significativas através da ilustração das profundas diferenças, bem como a complexa interdependência entre ciência teórica e experimental (KIRSCHNER & MEESTER, 1988).

A última abordagem pode ser considerada como uma associação entre o laboratório didático e os laboratórios acadêmicos e é chamada de **laboratório divergente.** No laboratório divergente deve haver partes do experimento que são pré-determinadas e padronizadas para todos os estudantes, mas devem haver também diversas maneiras pelas quais se possa desenvolver o experimento após o estágio inicial.

4. O questionário

Com a finalidade de analisar: a abordagem, o ambiente e a relação teoria-prática do laboratório didático, que determinam a importância didática do laboratório de ensino para a formação do aluno, um questionário foi elaborado com base nas ferramentas estudadas e aplicado aos alunos do curso superior de Química, ministrado em uma universidade pública do estado de São Paulo. Um modelo do questionário encontra-se no apêndice D.

O questionário foi aplicado a alunos de diferentes períodos do curso (segundo, quarto e sexto semestres), seis diferentes laboratórios didáticos foram acompanhados, em três diferentes disciplinas experimentais, uma de cada período. A construção do questionário foi baseada principalmente nas ferramentas e metodologias de análise do laboratório (capítulos 3 a 3.9.), levando em conta as características determinadas como importantes de acordo com as Diretrizes Curriculares do curso superior de Química.

4.1. A escolha do questionário

O questionário tem como principal foco analisar as abordagens utilizadas nos laboratórios didáticos do curso superior de Química, participaram da pesquisa alunos de diferentes períodos do curso, pois à medida que o aluno progride no curso diferentes abordagens devem ser aplicadas para o ensino de acordo com o desenvolvimento cognitivo já atingido (FAY & BRETZ, 2008).

Os questionários foram aplicados a alunos de diferentes períodos, sendo que apenas os alunos do oitavo período não foram incluídos na pesquisa, devido à ausência de disciplinas experimentais destinadas diretamente a esses alunos.

O questionário proporciona à pesquisa atingir uma amplitude maior de pessoas, garante o anonimato das respostas (maior liberdade nas respostas), não expõe os pesquisadores à influência direta das opiniões e do aspecto pessoal do entrevistado e

vice-versa, e permite respostas mais rápidas e precisas (GIL, 2007). Em nosso caso, participaram da investigação 111 sujeitos.

4.2. A construção do questionário

Construir um questionário para consiste em traduzir os objetivos da pesquisa em questões específicas. Desta maneira as questões foram divididas em três categorias, em função das áreas determinadas anteriormente como as que representam os principais aspectos do laboratório e que influenciam no processo de aprendizagem do aluno: **abordagem**, **relação teoria-prática** e **o ambiente de laboratório**. Levando em conta os tipos, a ordem, os grupos e a formulação das perguntas.

O questionário apresenta 27 questões, sendo: 3 abertas e 24 fechadas. Segundo Marconi e Lakatos (1999): "A combinação de respostas abertas e respostas de múltipla escolha possibilitam mais informações sobre o assunto, sem prejudicar a tabulação.". A preferência por questões fechadas deveu-se ao tamanho do questionário e o ao público participante. O questionário abrange três diferentes aspectos do laboratório didático e são necessárias muitas questões para se traçar um perfil do laboratório. As questões abertas além de exigirem análises mais complexas (as respostas não podem ser facilmente representadas em gráficos ou figuras), não permitem a segregação simplificada em grupos previamente determinados, as respostas obtidas muitas vezes são vagas e não respondem às questões apresentadas. Outro grande problema das questões abertas é que requerem maior esforço para serem respondidas, consequentemente muitos participantes deixam de respondê-las. Fato que foi observado nos questionários recolhidos neste trabalho.

As questões fechadas aplicadas são, mais especificamente, questões de estimação ou avaliação: questões que emitem um julgamento por meio de uma escala com diferentes graus de intensidade para a frequência com que o evento mencionado ocorre (MARCONI & LAKATOS, 1999). As respostas são quantitativas: Nunca, Raramente, Às Vezes, Frequentemente e Sempre. De acordo com a frequência com que o aluno presencia o evento na aula ele assinala uma das opções. Tais questões são facilmente tabuláveis e proporcionam uma exploração próxima de perguntas abertas.

No questionário não há espaço para a identificação do aluno, que não é de fato necessária. A única questão pessoal que é aplicada refere-se ao semestre e ano de ingresso do aluno.

Uma pequena introdução precede as questões, abordando os objetivos do questionário (apêndice D).

O primeiro tópico do questionário **abordagem** trata de elementos do laboratório determinantes da abordagem utilizada pelo professor como o roteiro, objetivos, procedimentos, materiais, maneiras de tratar os dados, resultados e conclusões. Além do envolvimento do aluno com as práticas, o interesse que ela pode despertar no mesmo e sua contextualização com questões sociais (fato destacado nas Diretrizes e Bases).

O segundo tópico do questionário envolve questões sobre a **relação teoria e prática** (seção 2.3. do capítulo 2.). Como descrito anteriormente tal relação é de extrema importância para que o aluno compreenda o desenvolvimento do pensamento científico. Na divisão das disciplinas de mesma subárea da Química (exemplo: Química Orgânica e Laboratório de Química Orgânica ou Química Orgânica Experimental)a metodologia de ensino pode levar a dicotomia entre teoria e prática. Assim, esse tópico tem como propósito analisar a contribuição da aula de laboratório para a aproximação entre as disciplinas, verificar se os conteúdos abordados são correspondentes entre as aulas teórica e prática, se os conhecimentos adquiridos em uma disciplina suprem as dificuldades de compreensão em outra e, finalmente, se o ensino tenta envolver teoria e prática demonstrando a interdependência.

O terceiro e último tópico destaca o **ambiente de laboratório**, visando principalmente analisar as condições do laboratório quanto ao espaço, quantidade e qualidade dos equipamentos e reagentes, relação com professores e alunos, técnicos e alunos e as regras de segurança.

4.3. Aplicando o questionário

Previamente a aplicação do questionário, o mesmo foi apresentado aos docentes responsáveis pelas disciplinas de laboratório envolvidas. Discutiu-se com os docentes pontos que possivelmente poderiam gerar dúvidas nos estudantes, devido a ambiguidade ou má redação da questão. Alguns trechos do questionário foram modificados e outros foram especificados durante a aplicação. Aspectos sobre as aulas também foram discutidos com os docentes.

Todos os questionários foram aplicados no período de aula da disciplina em questão. Durante as aulas os docentes responsáveis pelas disciplinas disponibilizavam um período para a explicação dos propósitos da pesquisa e como os dados

disponibilizados pelos alunos seriam utilizados. Os questionários eram entregues e o pesquisador ficava presente durante todo o tempo para responder possíveis dúvidas sobre as questões.

Procurou-se aplicar os questionários no final do semestre, a fim de que os estudantes já tivessem assistido grande parte das aulas do curso e pudessem contribuir com uma opinião estruturada em um número considerável de aulas.

Antes da aplicação do questionário, um termo de consentimento e informação era entregue aos alunos (apêndice E) para que suas respostas pudessem ser utilizadas na pesquisa. O termo isentava os alunos dos gastos materiais da pesquisa, bem como a responsabilidade de executar outras etapas e proporcionava total sigilo da participação dos mesmos e divulgação de suas respostas. Uma breve explicação da pesquisa era descrita no início do termo para que os alunos compreendessem melhor a finalidade da pesquisa.

4.4. Questionário: Abordagem

Para a análise das abordagens utilizadas pelos professores no laboratório de ensino a classificação selecionada foi a dos níveis de abertura de Herron (1971). A diversidade de níveis de abertura, não tão excessiva quanto a proposta por Priestley (1997) apud. Valverde et al. (2006), nem limitada como a de Pavelich e Abraham (1979), Kirschner e Meester (1988) contribuiu para a escolha. Outro fator determinante na escolha dos níveis de abertura de Herron (1971) foi a boa separação entre os níveis, suas diferenças são bem determinadas, o que torna a diferenciação e classificação dos laboratórios mais fácil. Tal classificação é base para outras posteriores, como por exemplo, a elaborada por Fay e Bretz (2008).

Na análise das questões fechadas de todos os tópicos, foram atribuídos valores para as frequências. Nunca equivale a 1, raramente - 2, às vezes - 3, frequentemente – 4 e sempre – 5. As questões 7, 11 e 12 (apêndice D) são pontuadas inversamente (nunca equivale a 5, raramente – 4, às vezes – 3, frequentemente – 2 e sempre - 1).

Pela média das respostas dos estudantes determinou-se a frequência com a qual o evento ocorria no laboratório didático. Para valores intermediários, exemplo: 1,5 a frequência era classificada duplamente: raramente/às vezes. Pela frequência com que ocorrem os eventos descritos nas questões é possível traçar um perfil das abordagens utilizadas pelos docentes nos laboratórios. A pontuação das questões foi configurada de

maneira que quanto **menor o valor da soma das médias, maior é o caráter investigativo da abordagem** e mais adequada às Diretrizes Curriculares ela está.

Os laboratórios foram nomeados de A a F, sendo os laboratórios A e B laboratórios do segundo semestre do curso, C e D do quarto semestre e os laboratórios E e F do sexto semestre.

4.5. Abordagem laboratório A

O laboratório A representa dois laboratórios de ensino, nos quais os docentes utilizam a mesma abordagem e material didático, conta com 38 alunos (divididos em duas turmas 18 e 20) do segundo semestre do curso de bacharelado em Química.

Os docentes disponibilizam para os alunos uma apostila com todos os experimentos a serem realizados durante a disciplina, no início da apostila são descritas regras de segurança. Cada capítulo contém os conceitos envolvidos no experimento, os objetivos e questões para direcionar os dados obtidos. Ao início de cada prática o docente descreve como será o experimento e destaca pontos onde se deve ter maior atenção. Todos os reagentes a serem utilizados na prática são disponibilizados na bancada para os alunos.

Os alunos trabalham individualmente, devem entregar um relatório (impresso) para cada experimento realizado. Não há provas, os alunos são avaliados principalmente por seus relatórios.

Na tabela abaixo temos os resultados das médias para cada uma das questões (apêndice D):

Tabela 3. Frequências do Laboratório A para as questões relacionadas à abordagem

Questão	Média	Frequência
1	4,9	Sempre
2	4,9	Sempre
3	4,7	Sempre
4	4,2	Frequentemente
5	3,4	Às vezes
6	3,8	Frequentemente
7 (-)	3,5	Às vezes/Raramente
8	4,0	Frequentemente
9	2,4	Raramente
10	2,7	Às vezes
11 (-)	3,0	Às vezes
12 (-)	2,8	Às vezes

Segundo os alunos (tabela 3), os roteiros, objetivos, procedimentos e materiais das práticas são previamente apresentados sempre; enquanto os resultados, conceitos e conclusões o são frequentemente. Enquanto que as maneiras de se analisar os dados são às vezes apresentado. Nos roteiros raramente há questões para direcionar a prática.

Algumas vezes, os alunos têm oportunidade de buscarem seus interesses científicos, o que pode fazer com que as aulas estimulem os alunos a buscarem mais informações.

Analisando as frequências assinaladas pelos alunos, pode-se classificar a abordagem do laboratório A como **exercício** de acordo com a classificação de Herron (1971). Seria uma abordagem equivalente a abordagem **tradicional** (*cookbook*, ver capítulo 3.7.). Sendo que algumas vezes a abordagem utilizada transita do expositivo para o investigativo, quando são dadas oportunidades aos alunos de testarem suas hipóteses. A abordagem utilizada ainda proporciona, embora raramente, momentos de contextualização dos experimentos e/ou conceitos envolvidos com problemas e questões sociais, o que é muito ressaltado nas Diretrizes curriculares do curso de Química (BRASIL, 2010).

Pode-se associar o uso de uma abordagem de baixo nível de abertura na disciplina do laboratório A com a finalidade principal de habituar os estudantes às técnicas, métodos e instrumentos do laboratório, uma vez que tal disciplina encontra-se no início do curso, é a segunda disciplina experimental que os alunos cursam, trata-se de uma disciplina obrigatória, do núcleo geral. Não é plausível utilizar uma abordagem do tipo projeto de forma introdutória com estudantes iniciantes no ensino superior de Química, pois esses desconhecem metodologias, equipamentos e materiais necessários para a realização dos experimentos.

4.6. Abordagem do laboratório B

O laboratório B assim como o A, representa uma disciplina experimental presente no segundo semestre do currículo do curso de bacharelado em Química, Nesse laboratório não há roteiros, os experimentos são escolhidos pelos alunos de acordo com o tema em questão e a bibliografia indicada. Ao início de cada aula um aluno (do total de 16) é sorteado para descrever seu procedimento para os demais. Após a apresentação do aluno, o docente propõe questões acercado procedimento, discutindo com os alunos e fazendo correções se necessário.

Os reagentes e materiais ficam a disposição dos alunos, que selecionam e montam os aparatos a serem utilizados. As práticas são realizadas individualmente. No final de cada experimento os alunos devem entregar um relatório (os relatórios devem ser escritos de forma similar a um artigo). Os alunos são avaliados por meio desses relatórios e duas provas escritas.

Tabela 4. Frequências do Laboratório B para as questões relacionadas à abordagem

Questão	Média	Frequência
1	4,4	Frequentemente
2	4,3	Frequentemente
3	3,4	Às vezes
4	3	Às vezes
5	3,6	Frequentemente
6	4,1	Frequentemente
7 (-)	3,8	Raramente
8	4,2	Frequentemente
9	3,8	Frequentemente
10	3,9	Frequentemente
11 (-)	1,3	Sempre
12 (-)	1,2	Sempre

De acordo com os alunos (tabela 4), os objetivos, conceitos, formas de analisar dos dados, questões para o direcionamento da prática e outras questões que determinam resultados que devem ser encontrados estão frequentemente presentes na prática, além de um roteiro a ser seguido (embora este roteiro não seja fornecido pelo professor).

Algumas vezes os procedimentos experimentais e resultados são dados, e sempre há oportunidades para os alunos buscarem seus interesses, além das aulas instigarem a busca de informações para a elaboração dos experimentos.

A abordagem utilizada apesar de frequentemente disponibilizar os conceitos envolvidos no experimento e os objetivos do mesmo, faz com que o aluno busque o roteiro e descreva-o para os demais. Sempre são dadas oportunidades para que testem suas hipóteses. É uma abordagem intermediária que pode apresentar tanto características investigativas quanto expositivas. Utilizando a classificação proposta por Herron (1971) pode-se classificá-la como **investigação estruturada** (nível de abertura 2). Mesmo sendo um laboratório de início de curso, o docente conseguiu adaptar sua abordagem para um caráter mais investigativo. Assim como no laboratório anteriormente citado raramente os experimentos são contextualizados com problemas e questões sociais.

Não há reclamações quanto à abordagem do professor. Muitos alunos reclamam da duração das aulas, as quatro horas são muito pouco para a realização do experimento. Afirmam que muitas vezes os experimentos são realizados às pressas, atrapalhando a compreensão das etapas do procedimento:

- *A carga horária deveria ser maior, como antigamente.*
- *Se possível aulas práticas da disciplina com um tempo um pouco maior de duração [...]*
- *Deveria ter mais tempo de aula para a realização dos experimentos, uma vez que o tempo disponível atualmente é insuficiente, muitas vezes, fazendo com que façamos a prática muitas vezes com pressa, prejudicando o andamento do experimento.*
- *O tempo fornecido para a realização das aulas práticas não é suficiente. A prática deveria durar pelo menos 6 horas ou, até mesmo, 8 horas.*

Pode-se associar tal problema com a abordagem utilizada. Geralmente abordagens mais investigativas consomem mais tempo se comparadas às abordagens expositivas. Comparando a abordagem do laboratório B com a do laboratório A, no qual a abordagem foi classificada como **exercício** observa-se que nos questionários aplicados aos alunos do laboratório A, não há reclamações quanto ao tempo de aula.

4.7. Abordagem do laboratório C

O laboratório C diferente dos anteriores representa um laboratório de ensino de uma disciplina de quarto semestre (segundo ano). Os roteiros são entregues momentos antes da aula. Algumas vezes apresentam uma base teórica, contêm explicações da montagem dos sistemas utilizados.

Os experimentos descritos geralmente têm muitas aplicações e estão relacionados com experimentos anteriores, há comparações entre técnicas, materiais, tempo gasto e eficiência. Os experimentos são realizados em dupla. E os relatórios devem ser redigidos à mão.

O docente procura utilizar todo o tempo disponível da aula. No caso de experimentos finalizados antes do término da aula, ele propõe outras maneiras de análise e/ou levanta questões para os estudantes. Durante as aulas o docente acompanha as duplas tirando dúvidas sobre o procedimento e sobre possíveis alterações. Os alunos estão livres para realizar algumas etapas de forma diferente da descrita. A Central de Análises Químicas Instrumentais (CAQI) do instituto é constantemente utilizada.

A disciplina conta com 23 alunos, os quais são avaliados por meio de provas escritas.

Tabela 5. Frequências do Laboratório C para as questões relacionadas à abordagem

Questão	Média	Frequência
1	4,4	Frequentemente
2	3,3	Às vezes
3	4,6	Sempre
4	2,5	Às vezes/ Raramente
5	3,5	Frequentemente/ Às vezes
6	2,8	Às vezes
7 (-)	3,4	Às vezes
8	4,5	Sempre/Frequentemente
9	2,6	Às vezes
10	2,9	Às vezes
11 (-)	2,5	Às vezes/ Frequentemente
12 (-)	2,4	Frequentemente

Segundo os alunos (tabela 5), nas aulas frequentemente há um roteiro a ser seguido, os alunos podem testar suas hipóteses e são instigados a procurar informações para elaboração/modificação do experimento. Um procedimento experimental inicial é sempre disponibilizado. Os resultados, objetivos, conclusões, questões para o direcionamento da prática e para auxiliar a obtenção de resultados são fornecidos em algumas ocasiões. Os conceitos envolvidos na prática são frequentemente conhecidos pelos alunos.

Assim como a abordagem do laboratório B, a abordagem do laboratório C apresenta particularidades de conotação expositiva e investigativa. Resultados, forma de obtê-los e objetivos algumas vezes são dados (características de uma abordagem expositiva), enquanto o procedimento experimental é flexível e pode ser alterado; os alunos têm oportunidades de realizar investigações científicas (características de uma abordagem investigativa). Tal abordagem enquadra-se na **investigação estruturada** (investigação guiada) de Herron (1971).

Alguns alunos apontam para a necessidade de contextualização das práticas com o cotidiano e a indústria:

- *Contextualizar as reações realizadas no laboratório, no cotidiano e indústria.*
- *Práticas mais dinâmicas ou mais aplicadas, por exemplo, sínteses de substâncias bastante utilizadas no cotidiano aumentariam o interesse pela disciplina.*

A contextualização dos experimentos com problemas e questões sociais ocorre apenas às vezes.

Diferentemente do laboratório B, apenas um aluno reclamou sobre o tempo das práticas. Os experimentos estão intimamente ligados entre si e trazem uma ideia de

continuidade, o experimento que não foi concluído durante uma aula pode ser terminado em outra aula e já associado ao novo experimento a ser realizado.

4.8. Abordagem do laboratório D

O laboratório D representa um laboratório didático de uma disciplina de quarto semestre (segundo ano) assim como o laboratório C. O laboratório conta com 12 alunos que trabalham em duplas.

Para todos os experimentos são fornecidos roteiros, que geralmente estão estruturados em: objetivos, procedimento experimental e questões. Durante as aulas o docente dá uma explicação prévia do experimento a ser realizado, focando-se nos conceitos envolvidos.

Os reagentes são separados para os alunos. Os alunos devem montar os sistemas necessários para a realização do experimento e podem utilizar a CAQI para realizarem análises. Os alunos devem entregar um relatório para cada prática e por meio desses eles são avaliados.

Tabela 6. Frequências do Laboratório D para as questões relacionadas à abordagem

Questão	Média	Frequência
1	5	Sempre
2	4,1	Frequentemente
3	4,4	Frequentemente
4	3,4	Às vezes
5	3,5	Frequentemente/Às vezes
6	3,3	Às vezes
7 (-)	3	Às vezes
8	3,8	Frequentemente
9	4,1	Frequentemente
10	3,8	Frequentemente
11 (-)	2,7	Às vezes
12 (-)	2,5	Frequentemente/Às vezes

Considerando as frequências assinaladas pelos alunos (tabela 6), sempre há um roteiro a ser seguido em todos os experimentos. Nesses roteiros frequentemente estão presentes os objetivos, procedimentos experimentais e questões para direcionar a prática e/ou determinar resultados.

Às vezes, os resultados e conclusões são descritos pelo docente ou estão presentes no roteiro. Os alunos frequentemente conhecem os conceitos a serem trabalhados e apenas algumas vezes são dadas oportunidades para que eles executem

investigações buscando informações para a elaboração de um experimento ou testando hipóteses.

A abordagem do laboratório D é similar a adotada no laboratório A – **exercício** (abordagem tradicional), grande parte das etapas do processo científico são disponibilizadas para os estudantes e às vezes ou raramente são dadas oportunidades dos alunos conduzirem uma investigação científica.

Assim como as outras abordagens a contextualização do experimento com problemas específicos e questões sociais de interesse do aluno são pouco frequentes.

Quanto às questões destinadas a categoria de abordagem apenas um dos alunos faz uma crítica ao roteiro, que segundo ele deveria ser revisto, pois conteria erros no procedimento experimental.

4.9. Abordagem do laboratório E

O laboratório E representa um laboratório didático de uma disciplina do sexto semestre do curso de Bacharelado em Química. São 20 alunos que trabalham em duplas, porém tais duplas são selecionadas pelo docente.

O docente é rígido quanto a segurança e horário, e sempre se envolve em discussões com os alunos sobre os experimentos, auxiliando-os. Para a realização dos experimentos distribui-se uma apostila para cada aluno contendo roteiros de todas as práticas. Os roteiros indicam como realizar os cálculos para a obtenção dos resultados.

Anteriormente a realização dos experimentos cada dupla apresenta um seminário sobre um experimento (testado por eles) presente na apostila. Os alunos ao testarem a prática e executá-la podem corrigir ou reformular o roteiro no caso deste apresentar erros. A dupla explica os conceitos e teorias envolvidas na prática e problemas experimentais. Após o seminário, a dupla é questionada pelos colegas.

Diferentes experimentos são executados durante as aulas, sempre havendo uma dupla que já tenha executado o experimento que outra dupla esteja executando. Tal fator contribui para que os alunos consultem uns aos outros no caso de problemas ou erros experimentais, discutindo a melhor maneira de realizar o procedimento experimental.

Tabela 7. Frequências do Laboratório E para as questões relacionadas à abordagem

Questão	Média	Frequência
1	4,9	Sempre
2	4,7	Sempre
3	4,9	Sempre
4	1,9	Raramente
5	4,5	Sempre/Frequentemente
6	2,3	Raramente
7 (-)	2,8	Às Vezes
8	3,9	Frequentemente
9	2,9	Às vezes
10	3,1	Às Vezes
11 (-)	2,5	Frequentemente/Às vezes
12 (-)	2,7	Às vezes

De acordo com as médias das respostas dos alunos para as questões sobre a abordagem (tabela 7): nas práticas sempre há um roteiro a ser seguido, os objetivos e procedimentos são sempre entregues aos alunos, bem como a forma de analisar os dados. Os resultados e conclusões são raramente disponibilizados. Na maioria das vezes os conceitos envolvidos são previamente conhecidos.

Apenas algumas vezes são dadas oportunidades aos estudantes para envolverem-se de maneira mais investigativa com os experimentos. Questões relacionadas com o experimento e contextualização do mesmo com problemas e questões sociais de interesse dos alunos não são muito frequentes.

A abordagem do laboratório E envolve os alunos com o procedimento experimental, frequentemente são dadas oportunidades aos alunos para buscarem seus interesses científicos. Os alunos podem propor outras práticas, porém na maioria das vezes limitam-se a corrigir ou sugerir alterações no procedimento experimental inicialmente dado. Ou seja, devido ao roteiro dado previamente os alunos não se sentem frequentemente instigados a buscar informações, embora estejam livres para propor e testar sugestões próprias.

A abordagem tem um caráter de **investigação estruturada**, contudo muitos alunos acabam trabalhando como em um laboratório com abordagem tradicional, realizando pequenas ou nenhuma alteração no procedimento presente no roteiro e evitando buscar novos experimentos.

4.10. Abordagem do laboratório F

Assim como o laboratório anterior o laboratório F representa um laboratório de ensino de uma disciplina experimental do sexto semestre do curso de Bacharelado em Química do IQSC.

Uma apostila é entregue neste laboratório (semelhante a apostila do laboratório E). Os 14 alunos da disciplina organizam-se em duplas para a execução dos experimentos. No primeiro bimestre todos os alunos realizam as mesmas práticas, enquanto no segundo bimestre as duplas realizam práticas diferentes.

Os materiais a serem utilizados e os reagentes são previamente separados para os alunos. As aulas geralmente iniciam-se com o professor explicando o procedimento experimental. Durante as aulas o docente fica disponível para eventuais perguntas e problemas experimentais.

A cada experimento os alunos devem entregar um pré-relatório, que consiste em uma tabela onde são preenchidos os dados obtidos e cálculos baseados nestes (alunos fazem os cálculos em aula).

Os alunos são avaliados através dos relatórios que devem ser entregues para cada experimento realizado em aula e duas provas escritas.

Tabela 8. Frequências do Laboratório F para as questões relacionadas à abordagem

Questão	Média	Frequência
1	4,5	Sempre/Frequentemente
2	4,2	Frequentemente
3	4,2	Frequentemente
4	2,1	Raramente
5	3,4	Às vezes
6	2,8	Às vezes
7 (-)	4,1	Raramente
8	3,4	Às vezes
9	3,3	Às vezes
10	3,2	Às vezes
11 (-)	3,4	Às vezes
12 (-)	3,4	Às vezes

Para os alunos (tabela 8), os roteiros, objetivos e procedimentos experimentais são frequentemente disponibilizados. Enquanto os resultados são raramente dados e as conclusões apenas algumas vezes.

Maneiras de analisar os dados e questões relacionadas às práticas são proporcionadas em alguns momentos. A contextualização das práticas assim como nos outros laboratórios é pouco frequente, segundo os alunos:

- *Apesar da importância de práticas simples que utilizam métodos rústicos para observar conceitos aprendidos na teoria, seria interessante se métodos mais utilizados na indústria e na pesquisa fossem abordados. Observa-se que alguns alunos que fazem iniciação científica geralmente têm uma visão diferente do laboratório.*

Na abordagem utilizada nesse laboratório de acordo com o corpo discente apenas às vezes são dadas oportunidades de envolverem-se em uma investigação científica de forma mais intelectual (refletindo e propondo etapas, métodos e experimentos a serem executados):

- *Na maioria dos casos o aluno não escolhe ou participa na escolha dos temas abordados em aula, onde na maioria dos casos as práticas foram feitas muitos anos antes.*

Diferentemente dos outros laboratórios, no laboratório F a frequência com que os alunos conhecem os conceitos envolvidos no experimento é menor. Isso ocorre provavelmente devido a dificuldade que muitos alunos apresentam na assimilação dos conteúdos das disciplinas teóricas, a relação entre as disciplinas (no laboratório F são trabalhados conteúdos de duas disciplinas teóricas) e a abordagem utilizada pelo docente.

O perfil da abordagem utilizada no laboratório F é similar ao perfil dos laboratórios A, D e E. Uma abordagem onde a maioria das etapas do experimento são dadas ao aluno e há poucas oportunidades do aluno envolver-se em uma investigação científica.

4.11. Abordagens e o questionário

Na tabela abaixo temos um resumo dos resultados obtidos para cada uma das questões em todos os laboratórios. Os valores finais são a soma de todas as médias das respostas dos alunos. Quanto menor esse valor, maior é o caráter investigativo da abordagem utilizada e mais adequada ela está às Diretrizes e Bases do curso superior de Química.

Tabela 8. Resultados para as abordagens dos laboratórios.Sendo S para Sempre, F – Frequentemente, A – Às vezes, R– Raramente.

Questões	Laboratório					
	A	B	C	D	E	F
1	S	F	F	S	S	S/F
2	S	F	A	F	S	F
3	S	A	S	F	S	F
4	F	A	A/R	A	R	R
5	A	F	F/A	F/A	S/F	A
6	F	F	A	A	R	A
7	A/R	R	A	A	A	R
8	F	F	S/F	F	F	A
9	R	F	A	F	A	A
10	A	F	A	F	A	A
11	A	S	A/F	A	F/A	A
12	A	S	F	F/A	A	A
Valores Finais	44	41	39	44	40	42

Observando as classificações atribuídas e os valores finais obtidos para cada um dos laboratórios pode-se realizar uma associação: os laboratórios com os menores valores (B, C e E) foram classificados com maior caráter investigativo dentre as analisados. Porém, considerando a amplitude de valores que podem ser atribuídas aos laboratórios a diferença entre os valores obtidos é baixa, e existe a possibilidade de todos os valores obtidos representarem uma mesma abordagem.

Em relação aos laboratórios B, C e E pode-se afirmar, com base nos relatos dos professores e dos dados obtidos, que são laboratórios diferentes dos demais, pois instigam com maior frequência os alunos a envolverem-se com a investigação científica e/ou dão oportunidades para que o aluno testarem suas próprias hipóteses.

Os laboratórios A e D são abordagens em que os docentes disponibilizam com alta frequência os objetivos, resultados, formas de análise, conclusões e questões de direcionamento da prática. Realizam explicações prévias sobre o experimento e os conceitos envolvidos.

Por meio do questionário, nenhuma abordagem foi classificada como investigação aberta (*open-ended*) ou projeto. Os objetivos da maioria dos experimentos estavam descritos no roteiro ou eram revelados pelo docente e não houve aulas em que os alunos por meio de um objetivo dado desenvolviam todo o processo científico (realizando pesquisa bibliográfica, analisando o problema, definindo o procedimento experimental, procurando formas de organização e análise dos resultados).

A aplicação de práticas com um maior grau de liberdade como, por exemplo, a investigação aberta e projeto exigem uma maior infraestrutura do laboratório, os laboratórios devem apresentar uma grande variedade de reagentes (em boas condições), além de instrumentação para análise, proporcionado condições para que os alunos possam realizar os experimentos. Embora não sejam necessários grandes obstáculos para que os alunos desenvolvam suas hipóteses, uma vez que alunos envolvidos no processo de pesquisa científica devem estar cientes das carências do laboratório de pesquisa e saber procurar reagentes e formas de análise alternativas.

O docente deve confirmar que os alunos têm condições de desenvolverem atividades com maior caráter investigativo, pois aplicar atividades desse porte sem que os alunos tenham condições de desenvolver metodologias de pesquisa pode causar insegurança e desapontamento nos alunos. Além disso, o docente deve estar ciente do tempo necessário para a realização dos experimentos, levando em conta as possíveis dificuldades dos alunos; e estar atento às questões de segurança envolvidas em todos os experimentos a serem realizados. Devido à complexidade de aplicar-se uma abordagem assim, dificilmente ela ocorreu nos laboratórios analisados.

4.11.1. Análise do questionário: categoria Abordagem

A quantificação adotada na análise dos questionários considerando as questões direcionadas à abordagem, não foi totalmente capaz de cumprir o objetivo de determinar as abordagens utilizadas pelos docentes. Apenas com as médias das respostas dos alunos não seria possível traçar um perfil das aulas experimentais. Mas tendo em mãos as respostas dos alunos e os relatos dos docentes sobre seus planos de ensino foi possível traçar com maior exatidão as características de cada abordagem utilizada.

Para tornar o questionário mais eficiente pode-se alterar algumas questões, retirar outras e adicionar novas. A primeira questão: Há um roteiro a ser seguido? Poderia ser alterada para: Os alunos devem elaborar um roteiro? Ou ainda, uma questão complementar a primeira: Quem elabora esses roteiros? Ou: Com que frequência o aluno elabora seus próprios roteiros?

A questão 6 (As conclusões práticas são conhecidas previamente?) poderia ser alterada da mesma maneira que primeira questão (procurando saber se as conclusões são disponibilizadas), ou colocada na seção de Relação Teoria e Prática. Pois os alunos geralmente associam tal questão com os tópicos vistos em aulas teóricas ao invés das

explicações, que antecedem os experimentos, realizadas pelos docentes ou dados presentes no roteiro.

Outra possibilidade seria utilizar questões abertas, convidando alguns alunos a responder voluntariamente as questões, realizando uma pesquisa mais qualitativa e menos quantitativa. Dois questionários poderiam ser empregados, um sobre as expectativas dos alunos com relação à disciplina (antes do início das aulas) e outro com o término da disciplina, com o intuito de determinar aspectos positivos e negativos, expectativas que foram atendidas ou não, conteúdos interessantes e conteúdos que deveriam ter sido abordados.

4.12. Questionário: relação teoria-prática

A importância da relação entre teoria e prática foi apresentada e comentada na sessão 2.3. e a segunda parte do questionário (apêndice D) aplicado aos alunos procura traçar um perfil da relação entre as disciplinas experimentais e o conteúdo das aulas teóricas. A Química é uma ciência empírica que envolve estudos teóricos e experimentais e erros na associação entre teoria e prática são muito frequentes. Muitos alunos acreditam a teoria é o produto da prática (teoria subordinada à experimentação), ou que o experimento é uma verificação da teoria (ilustram a teoria), não veem a teoria e prática como partes igualmente importantes, integrantes do desenvolvimento do pensamento científico.

O gráfico a seguir (figura 15) apresenta as médias das frequências assinaladas pelos alunos para as questões 13 a 17 em todos os laboratórios pesquisados, utilizando a mesma pontuação das questões sobre abordagem (5 para Sempre, 4 – Frequentemente, 3 – Às vezes, 2 – Raramente, 1 – Nunca).A questão 18 é uma questão aberta para que os alunos relatassem suas opiniões sobre a relação entre a disciplina de laboratório e as aulas teóricas.

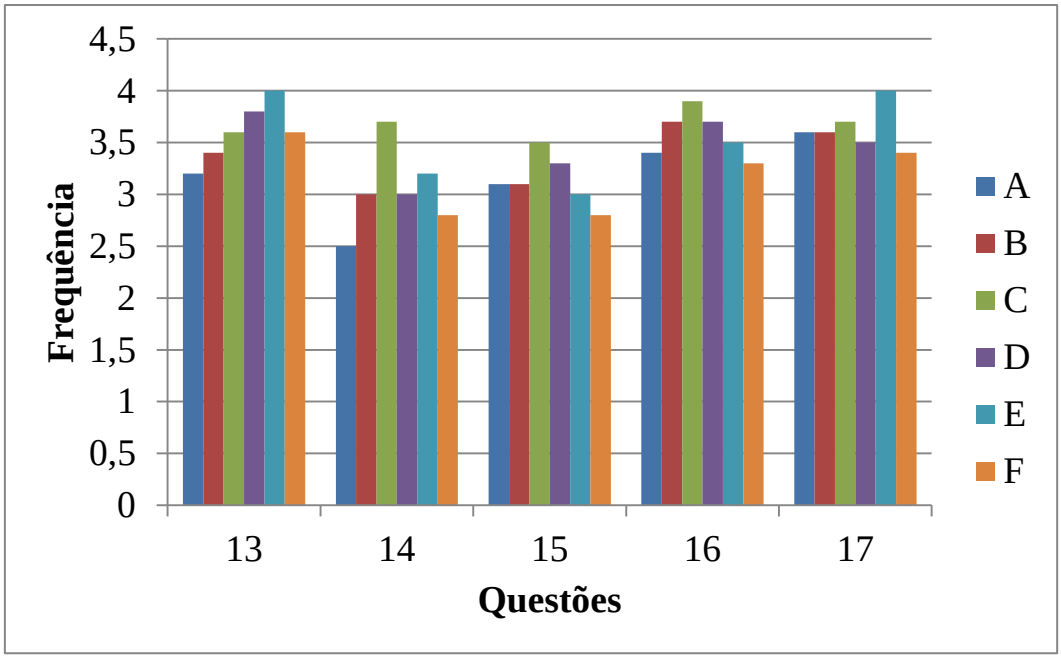

Figura 15. Médias das respostas para as questões referentes à relação teoria e prática.

Observa-se que com o decorrer no curso, os estudantes apontam para uma maior frequência da associação entre as aulas prático-experimentais e as aulas teóricas (questão 13), exceto o laboratório F. Esse aumento pode estar relacionado com os conhecimentos adquiridos durante o curso. Os alunos com o passar do tempo conseguem associar melhor a relação entre a teoria e a prática, pois compreendem mais facilmente os conceitos e teorias da Química e tornam-se mais habituados aos conhecimentos científicos.

O conteúdo teórico associado às aulas prático-experimentais do laboratório F está dividido entre duas disciplinas, assim como o conteúdo do laboratório E, porém a abordagem utilizada no laboratório F tem um baixo caráter investigativo, envolvendo pouco o aluno com o processo de investigação científica e com o conteúdo estudado, logo os alunos não só têm um baixo desenvolvimento cognitivo, como também têm problemas para associar os conteúdos práticos e teóricos.

A frequência com que a teoria e a prática estão relacionadas em aula está diretamente relacionada com a abordagem utilizada na própria aula, além do conhecimento dos alunos em relação ao conteúdo.

Na questão relativa à “interdisciplinaridade” entre as disciplinas experimental e teórica (questão 14); se o professor relaciona os experimentos com os conteúdos das aulas teóricas e se as aulas teóricas são relembradas nas aulas experimentais. Observa-se que os laboratórios C e E (laboratórios classificados com o maior caráter investigativo)

têm as maiores frequências quanto a interdisciplinaridade (figura 8). No caso do laboratório C, há um diferencial dos outros laboratórios, alguns alunos que estavam cursando a disciplina experimental desse laboratório, cursaram também a disciplina teórica referente ao conteúdo da experimental com o mesmo professor. Disciplinas com o mesmo docente contribuem para uma melhor associação do conteúdo, o docente conhece o desenvolvimento dos alunos na disciplina teórica e está ciente das limitações apresentadas que poderiam ser desenvolvidas nas aulas prático-experimentais. Além de conhecer o conteúdo que foi abordado na disciplina teórica e poder propor experimentos complementares.

Os laboratórios B tem uma frequência intermediária. No laboratório B apesar do docente utilizar uma abordagem de caráter mais investigativo que o laboratório D (frequência quase similar), o corpo discente é composto por alunos do primeiro ano de graduação, que podem apresentar maiores dificuldade para associar os conteúdos. Outra diferença ainda entre os laboratórios B e D é o período em que a disciplina teórica referente ao conteúdo do laboratório é ministrada. No laboratório B a disciplina teórica é ministrada no mesmo período (segundo semestre) que a disciplina experimental, enquanto no laboratório D a disciplina é ministrada no período anterior ao da disciplina experimental. Tal fato pode alterar a associação dos conteúdos realizada pelos alunos ao responder a questão. (Posteriormente na discussão da questão 18 esse evento será melhor analisado). O laboratório F tem uma abordagem e resultados similares ao do laboratório D.

O laboratório A apresentou a menor frequência para “interdisciplinaridade” entre as disciplinas: teórico e prática. A abordagem utilizada nesse laboratório é similar ao estilo tradicional, exercício. O laboratório A, assim como o laboratório B é um laboratório para alunos do segundo período e as disciplinas teórica e experimental são lecionadas no mesmo semestre. Considerando que as abordagens com baixo nível de abertura não permitem um grande envolvimento do aluno com o conteúdo e que alunos no início na graduação não têm o domínio necessário do conteúdo para realizar e/ou visualizar associações é de se esperar um menor valor para a média obtida para a questão 14 pelos alunos do laboratório A.

Os experimentos realizados no laboratório C estavam mais frequentemente envolvidos com os conceitos, teorias e concepções trabalhadas em sala de aula (questão 15, apêndice D), quando comparado aos outros laboratórios pesquisados. A abordagem do laboratório C tem um caráter mais investigativo e o docente responsável pela

disciplina experimental também foi responsável por uma das turmas da disciplina teórica, logo há alunos cursando a disciplina experimental e que haviam cursado a teórica com o mesmo professor.

A segunda maior média para essa questão foi a do laboratório D, que apesar de apresentar abordagem de baixo nível de abertura (nível 1, de acordo com a classificação de Herron, 1971) tem experimentos baseados na ementa da disciplina teórica originalmente implementada e adotada como uma referência para a experimental. Mesmo que o docente da disciplina modifique o conteúdo a ser ministrado, alguns pontos ainda permanecem estruturados na ementa.

Os laboratórios E e F representam a mesma disciplina experimental. Muitos alunos têm dificuldades na disciplina teórica referente a essa disciplina, logo independente das abordagens utilizadas os alunos apresentam dificuldades para compreender certas etapas do procedimento experimental. Abordagens ainda mais investigativas e principalmente uma reestruturação do currículo poderiam reverter esse panorama.

A questão 16 representa a associação inversa da questão 15, se as aulas prático-experimentais auxiliaram na compreensão da teoria; observa-se um padrão de médias similar ao da questão 15 (figura 15). Apenas o laboratório B apresentou uma maior diferenciação. O laboratório B apresenta uma abordagem na qual o professor determina que os alunos busquem os procedimentos experimentais a serem aplicados nas aulas. Tal envolvimento direto com o experimento proporcionou uma maior oportunidade e reforço para a compreensão da teoria.

Comparando-se ainda as questões 15 e 16 entre si pode-se notar que as respostas ou médias obtidas para a questão 16 são todas maiores que as observadas para a questão 15. Ou seja, a frequência com que os alunos compreendem melhor as aulas teóricas com o auxílio das aulas práticas é maior que a frequência com que o inverso ocorre. Provavelmente esse acontecimento é causado pela a estrutura curricular que coloca geralmente as aulas teóricas em semestres diferentes das aulas práticas, ao invés de situá-las no mesmo semestre, como foi visto anteriormente, as disciplinas separadas podem causar uma visão distorcida e até dicotômica das disciplinas (teórica e prática).

As médias para a questão 17 referente à indicação ou seleção de métodos baseados em uma teoria prévia são altas em todos os laboratórios de ensino. No laboratório E, esse evento ocorre com ainda maior frequência se comparado com os demais laboratórios. Pode-se relacionar esse efeito com a abordagem utilizada pelo

docente. No laboratório E os alunos apresentam seminários relacionados com as práticas e sugerem mudanças nas etapas em que acreditam haver erros ou problemas experimentais; na análise dos experimentos e elaboração dos seminários discutem entre si e com o docente, momento no qual recebem maiores indicações para o estudo da teoria e buscam relacionar melhor teoria e prática.

Muitos estudantes não responderam a última questão (questão 18), devido ao seu caráter dissertativo. Com exceção do laboratório C, em todos os outros laboratórios as respostas foram em sua maioria negativas quanto à relação teoria e prática na disciplina. (Todos os grifos a seguir foram adicionados pelo autor):

- *As aulas teóricas e práticas* ***não tem, no caso da minha turma, a relação desejada para o curso.***
- *A relação entre as práticas e a teoria* ***é mínima.***
- *Ambas* ***seguem direções diferentes*** *em relação aos conteúdos.*
- ***Essa relação é muito ruim****. Boa parte da matéria abordada nas práticas não foi devidamente apresentada nas aulas teóricas de disciplinas anteriores.*

Alguns alunos apontam para a falta de uma relação clara entre as aulas:

- *As aulas teóricas expõem aos alunos, praticamente toda a teoria abordada nas aulas práticas, porém* ***o que dificulta e o que na maioria das vezes não acontece é uma relação clara do que se vê na prática e o que é dado na teoria.*** *A teoria na maioria das vezes não explica de forma explicita a prática, algo que deveria ser feito.*
- *Nem sempre a teoria dada está relacionada com as aulas práticas*.

O fato das disciplinas experimentais estarem em períodos diferentes, ou ainda serem lecionadas por professores diferentes é um foco frequente de críticas:

- *A relação entre aulas teóricas e práticas é pequena. Pois* ***cada professor dá um enfoque diferente para a disciplina e cada matéria é dada num semestre diferente.***
- *As aulas de laboratório e teóricas devem ser conexas, no caso quando fazemos o experimento em questão,* ***não vimos ainda todo embasamento teórico devido o ritmo dos professores e a diferença de aulas existentes entre as disciplinas****.*
- *Fiz* [citando a disciplina teórica referente ao conteúdo dado na disciplina experimental] *semestre passado, há muitas coisas que não lembro, acho que o* ***laboratório tem que ser dado no mesmo semestre que a disciplina e as práticas tem que coincidir com o que está sendo aprendido em sala de aula.***
- *As aulas práticas são aplicações do que a gente vê nas aulas teóricas elas tem sim relação, porém eu acredito que deveria* ***haver mais comunicação entre docentes das duas disciplinas para que o aluno pudesse ver ao mesmo tempo teoria e prática sobre determinado assunto.***
- *As aulas teóricas esclarecem algumas dúvidas geradas nas aulas práticas e, vice-versa, no entanto,* ***nem sempre as duas andam junto, sendo que, algumas vezes, estamos adiantados na aula prática e não vimos à teoria****.*
- *Eu acredito que para um melhor aproveitamento dos conhecimentos obtidos em aulas teóricas,* ***as disciplinas: teórica e prática deviam ser dadas num mesmo semestre, pois o conteúdo necessário está "fresco" e***

quem sabe a aplicação experimental auxilie no aprendizado.*(A grade horária é muito apertada, mal dá para elaborarmos decentemente nosso relatório).*

- *Como as aulas teóricas e as práticas* ***não são ministradas pelos mesmos professores,*** *acho que há uma dificuldade em realizar certas práticas, já que* ***cada professor costuma dar ênfase na matéria que acredita ser mais importante, nem sempre seguindo uma ementa.***
- *Os problemas* ***discutidos em sala de aula na maioria das vezes foram diferentes dos discutidos em laboratório****,* ***onde apesar de tratar sobre o mesmo tema a abordagem muitas vezes foi completamente diferente****.*
- *A relação é existente,* ***porém como a disciplina é oferecida no semestre seguinte à teoria, muita coisa acaba não sendo relacionada como conteúdo prévio****. Além disso, as práticas deste laboratório não permitem a aplicação dos conhecimentos de (...) de maneira crítica, muitas vezes limitando-se a tabelas e gráficos dados após o tratamento matemático e a comparar com dados da literatura.*

A divisão do conteúdo em disciplinas prático e teórica nesse caso ocasionou uma dissociação entre os conceitos envolvidos e/ou uma assimetria no andamento das aulas (no caso das disciplinas no mesmo semestre). Formas de evitar tais problemas são indicadas na sequência: maior diálogo entre os docentes responsáveis pela disciplina, elaboração de um plano de ensino em conjunto tem por base na ementa ou unificação das disciplinas teórica e prática. A unificação das disciplinas evita não só problemas como os levantados pelos alunos, como pode também contribuir para uma melhor concepção da relação teoria e prática por parte dos alunos.

No caso dos laboratórios A e B alguns alunos apontam para a necessidade das aulas teóricas serem oferecidas no semestre anterior ao das aulas práticas:

- *As disciplinas estão bem relacionadas, inclusive há boa integração entre os docentes que ministram as disciplinas. Entretanto* ***seria melhor se já tivéssemos feito a disciplina teórica.***
- ***As aulas práticas deveriam ser dadas no semestre seguinte à teórica****, para que pudéssemos ter um melhor aproveitamento.*

As opiniões dos alunos quanto ao período em que devem ser ministradas as disciplinas representam indiretamente a visão dos mesmos sobre a relação teoria e prática. Alguns alunos cursando as disciplinas do segundo semestre (primeiro ano de graduação) acreditam que é necessário ter as aulas teóricas, antes das aulas prático-experimentais. Tal visão está relacionada com a ideia de que a prática é uma ilustração da teoria ou ainda que a prática esteja subordinada a teoria. Algumas opiniões demonstram essa concepção:

- *Em relação às duas disciplinas, é bem claro que* ***as aulas práticas, ajudam na melhor compreensão das aulas teóricas.***
- ***As aulas práticas servem para contextualizar as teóricas e torná-las nas dinâmicas****.*

- ***As aulas de laboratório servem para fixar o conteúdo aprendido nas aulas teóricas****, sendo um grande meio de por em prática o que se aprendeu nas aulas teóricas.*

O questionário para a análise da relação entre teoria e prática revela a maneira pela qual o docente desenvolve esta relação e a ideia superficial que se depreende da concepção dos alunos.

4.13. Questionário: Ambiente de laboratório

O ambiente de laboratório deve ser favorável a aprendizagem, devendo existir uma relação sadia entre os alunos, monitores, técnicos e docente. O laboratório deve ainda contar com uma infraestrutura que permita a execução dos experimentos propostos pelos docentes e a iniciação dos alunos ao trabalho. Deve ser garantido um espaço para que os alunos possam realizar experimentos e oportunidades para que ele possa verificar na prática a validade de suas hipóteses. Isto significa que tanto equipamentos e reagentes estejam em boas condições de uso.

Outra questão importante a ser considerada no laboratório é a segurança. Os docentes devem informar e orientar para os alunos sobre as medidas de segurança e exigir dos mesmos que utilizem os equipamentos de segurança (óculos de proteção, luvas). Em experimentos com etapas que envolvam reagentes de alta toxicidade, substâncias em altas temperaturas, equipamentos que possam ferir; os alunos devem ser alertados dos perigos e medidas que devem ser tomadas para evitar possíveis acidentes ou como agir frente a um. Todos esses aspectos são abordados no questionário (apêndice D). As respostas dos alunos foram pontuadas assim como feito nas etapas anteriores (5 para sempre, 4 – Frequentemente, 3 – Às Vezes, 2 – Raramente e 1 – Nunca), médias foram feitas e estão representadas na figura 9:

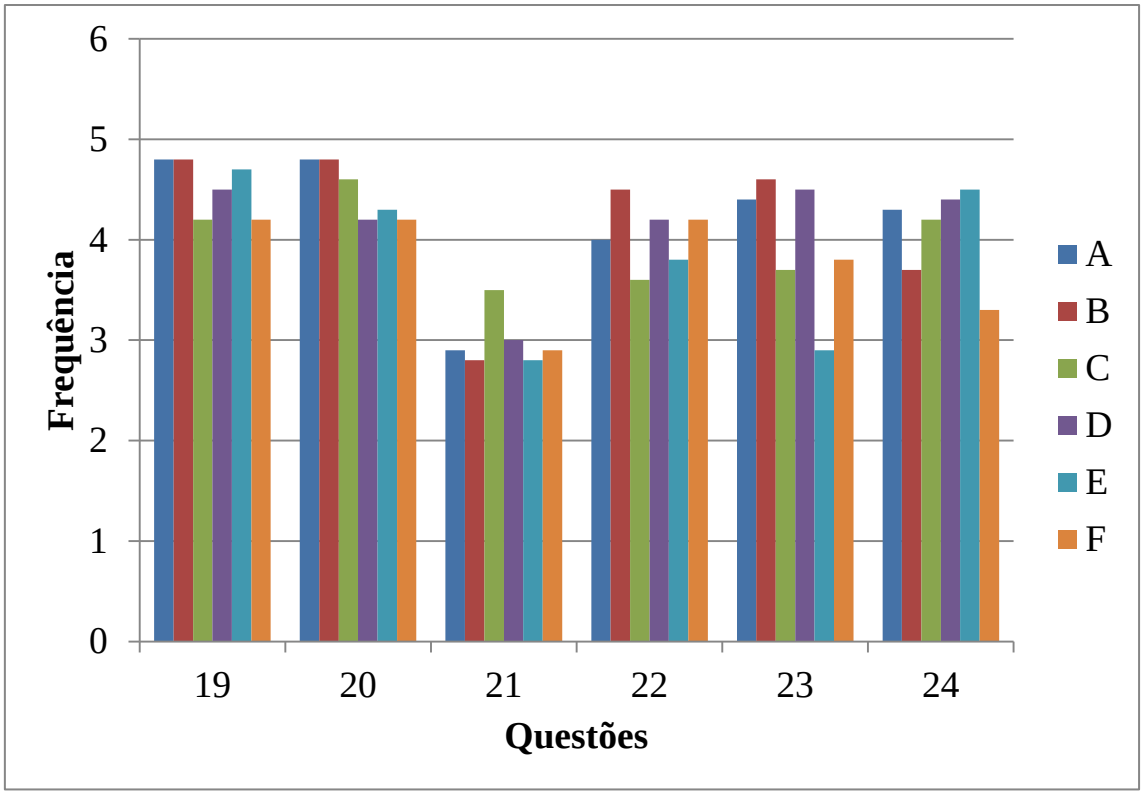

Figura 15. Médias das respostas para as questões referentes ao ambiente de laboratório.

O relacionamento entre os alunos e dos alunos com os técnicos, monitores e docentes em todos os laboratórios foi classificado como sempre ou frequentemente bom (questões 19 e 20).

Apenas algumas vezes os alunos devem esperar para utilizar os equipamentos (questão 21), no caso do laboratório C a frequência é um pouco maior se comparada aos demais laboratórios devido à necessidade frequentes de análises da central analítica (CAQI), onde os alunos devem esperar para realizar suas análises devido à quantidade de análises realizadas nesta central.

Os equipamentos e reagentes utilizados nos laboratórios estão frequentemente em boas condições. Segundo os alunos, no laboratório C a frequência com que os equipamentos estão em boas condições é um pouco menor, tal evento pode estar associado a quantidade de serviços prestados pela CAQI. A qualidade dos reagentes é menor dos laboratórios C, E e F.

As questões de segurança são frequentemente especificadas e seu cumprimento exigido pelos técnicos, monitores e professores (em todos os laboratórios de ensino pesquisados). Apenas o laboratório F tem uma frequência baixa para esta questão (questão 24).

As últimas questões (25 e 26) são ambas dissertativas e assim como na questão 18, poucos alunos responderam-nas. Todos os ambientes de laboratório, no geral, foram considerados ambientes bons, muito bons ou ótimos.

No caso dos laboratórios E e F que possuem reagentes e equipamentos em comum os alunos apontam problemas quanto a qualidade dos reagentes e equipamentos, além da quantidade de equipamentos disponíveis:

- *Alguns equipamentos devem ser trocados ou deve-se fazer uma manutenção (balanças e agitadores).*
- *O ambiente é bom. Porém muitos experimentos não dão certo por causa de reagentes em mal estado.*
- *É um ambiente calmo, tranquilo para que se possa desenvolver corretamente as práticas. Às vezes faltam reagentes ou equipamentos o que limita o desenvolvimento de algumas práticas.*
- *Acredito que o maior problema do laboratório é a falta de equipamentos devido a grande quantidade de alunos durante as aulas práticas. Menos alunos no mesmo ambiente seria melhor.*
- *Melhorar a qualidade dos reagentes, alguns estavam vencidos a muito tempo. Equipamentos novos (multímetros, por exemplo).*

5. Considerações finais

As habilidades e competências que devem ser aprimoradas nos alunos, segundo as Diretrizes Curriculares do curso superior de Química (ter espírito investigativo, utilizar diferentes formas de representação, saber investigar os processos naturais e tecnológicos, controlar variáveis, identificar regularidades, saber elaborar projetos de pesquisa e de desenvolvimento de métodos) podem ser associadas às abordagens de ensino laboratorial com maior nível de abertura.

Abordagens de alto nível de abertura apresentam um maior caráter investigativo, envolvem mais os alunos com as etapas da pesquisa científica e abrangem processos de alta ordem cognitiva: análise, síntese e avaliação. Processos esses que trabalham habilidades como: classificar, esquematizar, questionar, examinar, compor, construir, criar, projetar, sistematizar, organizar, selecionar, julgar, validar dentre outras.

Apesar das aulas prático-experimentais com alto nível de abertura constituírem uma boa opção para a adaptação do currículo às novas exigências das Diretrizes Curriculares (que são essenciais para que o aluno possa atuar de maneira independente seja no meio profissional ou acadêmico) tais aulas demandam muito tempo, pessoal e materiais; o que as tornam muitas vezes inviáveis. Além de exigirem do docente maior conhecimento para elaboração e condução desse tipo de atividades. Exigem ainda maior capacidade cognitiva dos alunos.

Muitos docentes por não terem contato com tais abordagens (devido a sua formação e a ausência de mais cursos para formação de professores) têm dificuldade em empregá-las.

Pelo questionário aplicado e pelos relatos dos docentes tem-se que dos seis laboratórios didáticos pesquisados apenas três apresentam uma abordagem investigativa, porém ainda em níveis intermediários de abertura. Nenhuma das abordagens dos laboratórios didáticos pesquisados foi classificada com alto nível de abertura (investigação aberta ou projeto, segundo as classificações de Herron,1971).

A questão da duração das aulas, no caso de abordagens investigativas, foi muito destacada por alunos do laboratório B, que sugeriram uma maior carga horária. Porém nos laboratórios C e E, também classificados como apresentando uma abordagem investigativa, não houve este questionamento, provavelmente pela forma como as aulas são estruturadas. No laboratório C os experimentos realizados nas aulas estão interligados, há uma ideia de continuidade e os experimentos que não são finalizados em uma aula podem ser retomados na aula seguinte. Já no laboratório E os experimentos a serem executados durante o semestre são divididos entre os alunos, ficando cada grupo responsável por um experimento, eles executam, corrigem, pesquisam e apresentam um seminário relacionado ao experimento pelo qual estavam responsáveis. Posteriormente os grupos realizam a troca do experimento a ser executado em laboratório e dessa maneira sempre há um grupo que pode ser consultado durante a execução do experimento.

Segundo os alunos, a inclusão de questões sócio-econômica-culturais nas aulas prático-experimentais é pouco frequente em todos os laboratórios. Fato que não segue as recomendações das Diretrizes Curriculares do curso de Química. A associação de experimentos com tais questões permitem a contextualização e o estímulo à procura de soluções. Instigam o espírito investigativo, envolvem os alunos na construção e avaliação de hipóteses para diferentes situações atuais.

Analisando a estrutura curricular das universidades públicas, a forma como geralmente as disciplinas estão estruturadas tende a separar a teoria da prática. Tal separação pode ocasionar uma dicotomia. Os alunos passam a ter uma visão distorcida da relação teoria-prática. De acordo com as respostas dos alunos observa-se que muitos (principalmente os de primeiro ano) tendem a crer que a prática tem como principal função ilustrar a teoria, e que a teoria deve anteceder a prática.

Muitos alunos relatam que os conteúdos abordados nas aulas teóricas e práticas não são os mesmos, ou ainda (no caso dos alunos de primeiro ano) não seguem o mesmo andamento. O melhor resultado para a relação entre os conteúdos ministrados nas aulas foi para o laboratório C, alguns alunos desse laboratório cursaram ambas as disciplinas (teórica e experimental) com o mesmo professor.

A unificação das disciplinas poderia evitar problemas quanto à diferença de conteúdo, ou então, responsabilizar um mesmo docente para as disciplinas: teórica e prática. Outra medida seria a preparação dos planos de ensino das disciplinas em conjunto entre os docentes responsáveis.

O ambiente de laboratório foi avaliado de maneira positiva pela maioria dos alunos. As poucas críticas foram quanto à qualidade dos reagentes utilizados em algumas aulas e de alguns equipamentos. Há uma boa convivência no laboratório entre professores, alunos, monitores e técnicos.

Em suma, as aulas prático-experimentais devem ser reestruturadas procurando envolver mais os alunos com abordagens de alto nível de abertura e concomitantemente estarem associadas com as disciplinas teóricas, tornando o currículo mais conciso. Utilizar abordagens expositivas compromete as particularidades do ensino experimental e faz com que as aulas não contribuam como poderiam para a formação do aluno. O laboratório didático devido as suas características distintas (possibilitar uma maior interação com o objeto de estudo, permitir observações diretas, o teste de hipóteses e manipulação de variáveis, dentre outras) é um ambiente propício para o emprego de atividades investigativas. Mas para o uso de tais abordagens é necessário não só uma reestruturação das aulas como também do currículo e disponibilização de cursos que trabalhem essas abordagens. Ainda, é importante uma maior divulgação das abordagens investigativas junto aos professores em exercício e também para aqueles que estão em formação.

6. Referências

AMAURO, N. Q. **Caracterização do nível de compreensão do conhecimento químico solicitado dos alunos egressos do ensino médio brasileiro.** 2004. 176 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

ARRUDA, S. M.; LABURÚ, C. E. Considerações sobre a função do experimento no ensino de Ciências. In: NARDI, R. (Org.). **Questões atuais no ensino de ciências**. 4. ed. São Paulo: Editora Escrituras, 2005.

BEN-ZVI, R.; HOLFSTEIN, A.; SAMUEL, D.; KEMPA., R. F. The attitude of high school students to the use of filmed experiments**. Journal of Chemical Education**, v. 53, p. 575-577, 1976.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. **Diretrizes curriculares nacionais para os cursos de química.** Brasília, 2001. Disponível em <http://www.portal.mec.gov.br/sesu/arquivos/pdf/130301Quimica.pdf>. Acesso em 1 abr. 2010.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes curriculares nacionais para a formação de professores da educação básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena.** Brasília, 2001a. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12861:formacao-em-nivel-medio-para-a-docencia-na-educacao-basica&catid=323:orgaos-vinculados>. Acesso em: 1 abr. 2010.

CARRASCOSA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A.; VALDÉS, P. Papel de la actividad experimental em la educación científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física,** v. 23, n. 2, p. 157-181, 2006.

CARVALHO, A. M. P. **Práticas de ensino. Os estágios na formação do professor.** 2ª ed. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1987.

CHAGAS, A. P. As ferramentas do químico. **Química Nova na Escola**, n. 5, p. 18- 20, 1997.

CRAIG, B. S. The philosophy of Jean Piaget and its usefulness to teachers of chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 49, n. 12, p. 807-809, 1972.

CUDMANI, L. C.; SANDOVAL, J.S. Modelo físico e realidade: importância epistemológica de sua adequação quantitativa; implicações para a aprendizagem. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 8, n. 3, p. 193-204, 1991.

DALE, L. G. The growth of systematic thinking: Replication and analysis of Piaget's first chemical experiment. **Australian Journal of Psychology,** v. 22, n. 3, p. 277-286, 1970.

DE JONG, O. Los experimentos que plantean problemas em las aulas de química: dilemas y soluciones. **Enseñanza de lasciencias**, v. 16, n. 2, p. 305-314, 1998.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do ensino de ciências.** 2ª Ed. São Paulo: Cortez Editora, 2001.

DOMIN, D. S. A Content analysis of general chemistry laboratory manuals for evidence of high-order cognitive tasks. **Journal of Chemical Education**, v. 76, n. 1, p. 109-111, 1999.

DOMIN, D. S. A review of laboratory instruction styles. **Journal of Chemistry Education**, v. 76, n. 4, p. 543-547, 1999a.

DOURADO, L. Trabalho prático (TP), trabalho laboratorial (TL), trabalho de campo (TC) e trabalho experimental (TE) no ensino das ciências – contributo para clarificação dos termos. In: VERÍSSIMO, A.; PEDROSA, M. A.; RIBEIRO, R. (Org). **Ensino experimental de las ciências:** (Re)pensar o ensino de ciências. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, 2001. 163 p.

DREYFUS, A. Manipulating and diversifying the levels of difficulty and task sophistication of one and the same laboratory exercise. **European Journal of Science Education**, v. 8, p. 17–26, 1986.

FAY, M. E.; BRETZ, S. L. Structuring the level of inquiry in your classroom. A rubric helps teachers compare experiments and plan inquiry trajectories. **The Science Teacher**, v. 22, p. 38-42, 2008.

FERREIRA, N. C. **Proposta de laboratório para a Escola Brasileira: um ensino sobre a instrumentalização no ensino médio de Física.**1978. 138f. Dissertação

(Mestrado) – Instituto de Física – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1978.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R. V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para a definição de objetivos instrucionais. **Gestão e Produção**, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

FISHER, D.; HARRISON, A.; HENDERSON, D.; HOLFSTEIN S. Laboratory learning environments and practical tasks in senior secondary science class. **Research in Science Education**, v. 28, p. 353-363, 1999.

FRASER, Barry J.; McROBBIE, C. J.; GIDDINGS, G. J. Development and cross-national validation of a laboratory classroom instrument for senior high school students. **Science Education**, v. 77, p. 1–24, 1993.

GARCIA, I. T. S.; KRUGER, V. Implantação das diretrizes curriculares nacionais para formação de professores de Química em uma instituição federal de ensino superior: desafios e perspectivas. **Química Nova,** v. 32, n. 8, p. 2218-2224, 2009.

GARDNER, P. & GAULD, C. Labworkand students' attitudes. In: HEGARTY-HAZEL, E. **Learning technical skills in the student laboratory**. Londron: Routledge, 1990.

GASPAR, A. **Experiências de ciências para o ensino fundamental.** São Paulo: Editora Ática, 2003.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007.

GONÇALVES, F. P. **O texto da experimentação na Educação em Química:** Discursos pedagógicos e epistemológicos. 2005. 168f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica)-Centro de Ciências Físicas, Centro de Ciências da Educação, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

GIL, A.C. **Didática do ensino superior.** 2. Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007.

GUIMARÃES, C. C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 198-202 2009.

HAWKES, S. J. Chemistry is *not* a laboratory science. **Journal of Chemical Education**, v. 81, n. 9, p. 1257, 2004.

HARRES, J. B. S.; PIZZATO, M. T.; FONSECA, M. C.; PREDEBON, F.; SEBASTIANY, A. P. (Org.) **Laboratórios de ensino:** inovação curricular na formação de professores de ciências. Santo André (SP): ESETecEditoresAssociados. 2005.

HERRON, J. D. Piaget for chemists. Explaining what "good" students cannot understand. **Journal of Chemical Education**, v. 52, n. 3, p. 146-148, 1975.

HERRON, M. D. The nature of scientific inquiry.**School Review,** v. 79, n. 2, p. 171-212, 1971.

HODSON, D. Filosofia de laciencia y educacion cientifica. In: Porlán, R. et al (Org.). **Constructivismo y enseñanza de las ciencias.** Sevilha: Díada Editoras, p. 5-21, 1988.

HODSON, D. Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in school science. **Studies in Science Education,** v. 22, p. 85–142, 1993.

HODSON, D. Hacia un enfoque más critico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las ciências,** v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

HODSON, D. Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. **Journal of Curriculum Studies**, v. 28, n. 2, p. 115-135, 1996.

HODSON, D. Experiments in science and science teaching. **Education philosophy and theory**, v. 20, n. 2, p. 63-66, 1988.Tradução de Paulo Alves Porto. Disponível em: <http://www.iq.usp.br/wwwdocentes/palporto/TextoHodsonExperimentacao.pdf> Acesso em: 30 jan. 2010.

HOFTEIN, A. The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developoments, implementation, and research. **Chemistry Education: Research and Practice**, v. 5, n. 3, p. 247-264, 2004.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. **Review of Educational Research**, v. 52, p. 201-217, 1982.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. **Science Education,** v. 88, n. 1, p. 28 – 54, 2003.

HOLMES, F. L. The complementarity of teaching and research in Liebig´s laboratory. **Science in German: The Intersection of Institutional and Intellectual Issues**, v. 5, p. 121-164, 1989.

IZQUIERDO, M.; SANMARTÍ, N.; ESPINET, M. Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. **Enseñanza de lasCiencias**, v. 17, n. 1, p. 45-59, 1999.

JOHNSTONE, A. H.; AL-SHUALLI, A. Learning in the laboratory; some thoughts from the literature. **The higher Education Chemistry Journal of the Royal Society of Chemistry,** v. 5, n. 2, p. 41-51, 2001.

KERR, J.F. **Practical work in school science**. Leicester: Leicester University Press, 1963.

KIRSCHNER, P. A.; MEESTER, M. A. M. The laboratory in higher education: problems, premises and objectives. **Higher Education**, v. 17, p. 81-98, 1988.

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M.; NARDI, R. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. **Ciências & Educação**, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003.

LEITE, L. Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências. In: CAETANO, H. V.; SANTOS, M. G. (Org). Cadernos Didácticos de Ciências, 1. Lisboa: Departamento do Ensino Secundário, 2001 p. 79-97.

LIBÂNEO, J. C. **O Ensino de graduação na universidade – a aula universitária.** 2001. Disponível em <http://www.ucg.br/site_docente/edu/libaneo/pdf/ensino.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2010.

LOPES, A. R. C. A disciplina química: currículo, epistemologia e história. **Episteme**, v. 3, n. 5, p. 119-142, 1998.

LUNETTA, V. N.; TAMIR, P. Matching lab activities with teaching goals. **The Science Teacher**, v. 46, p. 22–24, 1979.

MAAR, J. H. Aspectos históricos do ensino superior de química. **Scientlæ Studia,** v. 2, n. 1, p. 33-84, 2004.

MAAR, J. H. Justus Von Liebig, 1803-1873. Parte 1: vida, personalidade, pensamento. **Química Nova**, v. 29, n. 5, p. 1129-1137, 2006.

MACK, P. E. **Lienhard. How invention begins ch.8**.Disponível em: <http://www.clemson.edu/caah/history/FacultyPages/PamMack/lec122sts/invention8.html>. Acesso em: 18 jan. 2011.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

MASSENA, E. P. O currículo da licenciatura em Química da UFRJ: tensões e desafios. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. **Anais...**Florianópolis: ABRAPEC, 2007. Disponível em <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/CR2/p838.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2010.

McKINNON, J. W.; RENNER, J. W. Are colleges concerned about intellectual development? **American Journal of Physics,** v. 39, p. 1047-1052, 1971.

MEDEIROS, A. & BEZERRA FILHO, S. A natureza da ciência e a instrumentação para o ensino de física. **Ciência & Educação**, v. 6, n. 2, p. 107-117, 2000.

MOREIRA, M. A. A non-traditional approach to the evaluation of laboratory instruction in general courses. **European Journal of Science Education**, v. 2, p. 441-448, 1980.

MORI, R. C. **Análise de experimentos que envolvem química presentes nos livros didáticos de ciências de 1ª a 4ª séries do ensino fundamental avaliados no PNLD/2007.** 2009. 202 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

MOOS, R. H. **The social climate scales:** an overview. Palo Alto: Consulting Psychologists Press, 1974.

PACHECO, D. A Experimentação no ensino de ciências. **Ciência & Ensino**, v. 2, p. 10, 1997.

PAULA, R. C. O. **O uso de experimentos históricos no ensino de física: integrando as dimensões histórica e empírica da ciência na sala de aula.** 2006. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – Ensino de Física) Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

PAVELICH, M. J.; ABRAHAM, M. R. An inquiry format laboratory program for general chemistry. **Journal of Chemical Education,** v. 56, n. 2, p. 100-103, 1979.

PEDROSA, M. A. Ensino das ciências e trabalhos práticos – (Re)conceptualizar. In: VERÍSSIMO, A.; PEDROSA, M. A.; RIBEIRO, R. (Org). **Ensino experimental de das ciências.** (Re)Pensar o Ensino de Ciências. Lisboa: Ministério da Educação. Departamento do Ensino Secundário, 2001. 163 p.

PICKERING, M. The teaching laboratory through history. **Symposium on Revolution and Evaluation in Chemical Education,** v. 70, n. 9, p. 699-700, 1993.

PINTO, A. G. T. (Org.): **Os cursos noturnos de licenciatura:** um projeto acadêmico orgânico para a Universidade de Brasília; Brasília: Universidade de Brasília. /Decanato de Ensino de Graduação, 1993.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciências: contributos para uma reorientação epistemológica. In: CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES (Org). **A necessária renovação do ensino das Ciências**. São Paulo: Cortez Editora, 2005. 264 p.

ROTH, W. M. Experimenting in a constructivist high school physics laboratory. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 31, p. 197–223, 1994.

RUGARCIA, A. La relación entre la teoria y lapráctica : um molino de viento em el que hacer curricular. **Educación Química**, v. 7, n. 3, p. 128-131, 1996.

RUSSELL, C. B.; WEAVER, G. C. Student perceptions of the purpose and function of the laboratory in science: a grounded theory study. **International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning**, v. 2, n. 2, p. 1-14, 2008.

SANTOS, W. L. P.; GAUCHE, R. & SILVA, R. R. Currículo de licenciatura em Química da Universidade de Brasília: uma proposta em implantação. **Química Nova**, v. 20, n. 6, p. 675-682, 1997.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R.; LAMAS, M. F. P. A estratégia "laboratório aberto" para a construção do conceito de temperatura de ebulição e a manifestação de habilidades cognitivas. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 3, p. 200-207, 2010.

SERÉ, M. G. La enseñanza em el laboratório ¿Qué podemos aprender em términos de conocimento práctico y de actitudes hacia la ciência? **Enseñanza de las ciências**, v. 20, n. 3, p. 357-368, 2002.

SERÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. P. O papel da experimentação no ensino da física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p. 31-43, 2003.

TAMIR, P. Training teachers to teach effectively in the laboratory. **Science Education**, v. 73, p. 59–69, 1989.

TOBIN, K. G. Research on Science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. **School Science and Mathematics,** v. 90, p. 403-418, 1990.

TOOTHACKER, W. S. A critical look at introductory laboratory instruction. **American Journal of Physics**, v. 51, p. 516-520, 1983.

VALVERDE, G. J.; JIMÉNEZ, R. L.; VIZA, A. L. La atención a la diversidad em las prácticas de laboratorio de Química: los niveles de abertura. **Enseñanza de las ciências**, v. 24, n. 1, p. 59-70, 2006.

WHITE, R. F. The link between the laboratory and learning. **International Journal of Science Education**, v. 18, n. 7, p. 761-774, 1996.

WOOLNOUGH, B. Setting the scene. In: WOOLNOUGH, B. (Ed.). **Practical science.** Milton Keynes: Open University Press, 2001, p. 3-9.

YOUNG, I. A. Teaching the scientific method in college general chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 34, n. 5, p. 238-239, 1957.

YUNG, B. H. W. Three views of fairness in a school-based assessment scheme of practical work in biology. **International Journal of Science Education**, v. 23, p. 985–1005, 2001.

ZUCCO, C. A graduação em química: um novo químico para uma nova era. **Química Nova**, v. 28, p. S11-S13, 2005.

ZUCCO, C.; PESSINE, F. B. T.; ANDRADE, J. B. Diretrizes curriculares para os cursos de Química. **Química Nova**, v. 22, n. 3, p. 454-461, 1999.

ANEXO A

SCIENCE LABORATORY ENVIRONMENT INVENTORY (SLEI)

Formato efetivo

Instruções

Este questionário contém afirmações sobre práticas que poderiam ser realizadas nas aulas de laboratório. Você será questionado com que frequência cada prática é realizada efetivamente.

Não há respostas certas ou erradas. Sua opinião é o que se deseja.

Por favor, não escreva neste questionário. Todas as respostas devem ser dadas separadamente na folha de respostas.

Reflita sobre como cada afirmação descreve sua aula de laboratório é realmente. Desenhe um circulo ao redor:

1 se a prática ocorre efetivamente QUASE NUNCA
2 se a prática ocorre efetivamente RARAMENTE
3 se a prática ocorre efetivamente OCASIONALMENTE (ALGUMAS VEZES)
4 se a prática ocorre efetivamente FREQUENTEMENTE
5 se a prática ocorre efetivamente MUITO FREQUENTEMENTE

Tenha certeza de responder todas as questões. Em caso você mude sua opinião sobre a resposta, apenas risque-a e circule outra.

Algumas afirmações neste questionário são relativamente similares a outras afirmações. Não se preocupe. Simplesmente dê sua opinião sobre todas as afirmações.

Exemplo prático. Suponha que esta afirmação seja dada a você: "Os estudantes escolhem seus parceiros para os experimentos de laboratório." Você precisaria decidir se os estudantes efetivamente escolhem seus parceiros "Quase Nunca", "Raramente", "Ocasionalmente", "Frequemente" e "Muito Frequemente". Por exemplo, se foi selecionado "Muito Frequemente", você deveria circular o número 5 na Folha de Respostas.

Lembre-se que você será questionado com que frequência (Quase Nunca, Raramente, Ocasionalmente, Frequemente e Muito Frequemente) que cada ação efetivamente ocorre no laboratório.

1. Os estudantes nas aulas de laboratório se entendem bem como um grupo
2. Há a oportunidade para os estudantes de buscar seus interesses científicos na aula de laboratório.
3. O que nós fazemos em nossas aulas regulares não está relacionado com a nossa aula de laboratório.*
4. Nossas aulas de laboratório estão livres de regras que guiem as atividades dos estudantes.
5. O laboratório está lotado quando nós estamos realizando os experimentos.*
6. Estudantes têm poucas oportunidades de se conhecerem nas aulas de laboratório.*

7. Na aula de laboratório, nós somos designados a desenvolver somos próprios experimentos para resolver um problema dado.
8. O trabalho no laboratório não está relacionado com os tópicos que são estudados nas nossas aulas de ciência.*
9. As aulas de laboratório são preferencialmente informais e poucas regras são impostas.*
10. Os equipamentos e materiais que os estudantes necessitam para as atividades de laboratório estão prontamente disponíveis.
11. Os membros das aulas de laboratório ajudam uns aos outros.
12. Nas aulas de laboratório, diferentes alunos coletam diferentes dados para o mesmo problema.
13. Nossos trabalhos nas aulas estão integrados com as atividades de laboratório.
14. É exigido aos estudantes seguir algumas regras no laboratório.
15. Os alunos têm vergonha da aparência do laboratório.*
16. Estudantes nas aulas de laboratório tentam se conhecer bem.
17. Aos estudantes é permitido ir além dos exercícios regulares do laboratório e realizar alguns experimentos por conta própria.
18. A teoria da aula regular é utilizada durante as sessões de laboratório.
19. Há um modo reconhecido de realizar as atividades com segurança no laboratório.
20. O equipamento do laboratório está em más condições de funcionamento.*
21. Estudantes podem depender uns dos outros para ajudar durantes as aulas de laboratório.
22. Nas sessões de laboratório, diferentes estudantes fazem diferentes experimentos.
23. Os tópicos cobertos das aulas regulares são completamente diferentes dos tópicos trabalhados nas sessões de laboratório.*
24. Há poucas regras fixas para os estudantes seguirem nas sessões de laboratório.*
25. O laboratório é quente e abafado.*
26. Leva um longo tempo para o aluno conhecer todos pelo seu primeiro nome na aula de laboratório. *
27. Nas sessões de laboratório, o professores/instrutor decide a melhor maneira para executar os experimentos.*
28. O que é feito nas sessões de laboratório auxilia a compreensão da teoria dada nas aulas regulares.
29. O professor/instrutor descreve as precauções de segurança antes das sessões de laboratório começarem.
30. O laboratório é um local atraente para se trabalhar.
31. Os estudantes trabalham cooperativamente nas sessões de laboratório.
32. Os estudantes decidem a melhor maneira procedimentos experimentais.
33. O trabalho de laboratório e o trabalho nas aulas regulares não estão relacionados.*
34. A aula de laboratório segue sob regras mais claras que outras aulas.
35. O laboratório tem bastante espaço para trabalho individual ou em grupo.

Pontuando

Itens sem o asterisco são pontuados 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente, para as respostas Quase Nunca, Raramente, Ocasionalmente, Frequemente e Muito Frequemente. Itens com o asterisco são pontuados de maneira inversa. Omissões ou respostas inválidas são pontuadas com 3 pontos.

ANEXO B

Atividade do Professor e Aluno no Laboratório - APAL

	Valor da Atividade	Ocorre (+), Não ocorre (-)	Resultado
1) O Planejamento da experiência é discutido pela classe antes de sua realização.	(+)		
2) Os alunos recebem instruções detalhadas sobre como realizar a experiência.	(-)		
3) O equipamento está disponível ao iniciar-se a aula.	(+)		
4) Os aluno perdem tempo circulando à procura de material.	(-)		
5) Durante a explicação da experiência o professor diz aos alunos qual deve ser o resultado.	(-)		
6) O professor diz frequentemente que a “experiência não deu certo”.	(-)		
7) O professor permite que os alunos tentem mudar a técnica sugerida.	(+)		
8) Os alunos têm liberdade de locomoção no laboratório.	(+)		
9) Os alunos têm liberdade de comunicação no laboratório.	(+)		
10) O professor fica arrumando material enquanto os alunos realizam os experimentos.	(-)		
11) O professor, durante a discussão, leva o aluno a relacionar a experiência ao assunto tratado na aula teórica correspondente.	(+)		
12) Durante a realização da experiência o professor faz perguntas ao aluno.	(+)		
13) O professor manda repetir a experiência porque não deu certo o resultado esperado.	(-)		
14) Quando, entre os resultados, aparece um dado discrepante, o professor não o considera.	(-)		
15) Cada um dos grupos pode trabalhar num ritmo diferente.	(+)		
16) O professor permite que os alunos realizem exercícios planejados por eles.	(+)		
17) Os alunos constroem gráficos e tabelas com os resultados obtidos.	(+)		
18) Depois das experiências são feitas discussões para prever o que aconteceria em casos parecidos ao utilizado na experiência da aula.	(+)		

ANEXO C

SISTEMA DE OBSERVAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO PROFESSOR EM AULAS DE LABORATÓRIO – CPL

Colégio:

Professor:

Turma: Observador:

PROFESSOR	Dimensão I: Conteúdo Metodológico	Probl. + Hip.	1.	Sobre a importância da experiência
			2.	Sobre o fenômeno
			3.	Sobre o problema
			4.	Sobre as variáveis do problema
			5.	Sobre as hipóteses de trabalho
		Plano de Trab.	6.	Sobre a maneira de medir as variáveis
			7.	Sobre a aparelhagem
			8.	Sobre a sequência das atividades
			9.	Sobre o número de medidas
			10.	Sobre a esquematização dos dados
		Obt. de Dados	11.	Sobre os erros de medida
			12.	Sobre os fenômenos paralelos
			13.	Sobre a técnica de tirar dados
			14.	Sobre os dados obtidos
		Concl.	15.	Sobre as conclusões
			16.	Sobre a justificativa dos resultados obtidos

PROFESSOR	Dimensão II: Atividades	1.	Expõe
		2.	Faz pergunta aberta
		3.	Faz pergunta fechada
		4.	Sugere-ordena
		5.	Aceita ideias
		6.	Rejeita ideias
		7.	Elogia
		8.	Repreende
		9.	Distribui material
		10.	Divide a classe em grupos
		11.	Escreve na lousa
		12.	Manipula material

ALUNO	1.	Responde ao professor
	2.	Inicia diálogo – Pergunta
	3.	Trabalha Ordenadamente
	4.	Trabalha Desordenadamente

	1.	Silêncio e confusão
	2.	Não é assunto de laboratório

ANEXO D
QUESTIONÁRIO

SEMESTRE E ANO DE INGRESSO NO INSTITUTO DE QUÍMICA DE SÃO CARLOS:__/___

O questionário a seguir é uma ferramenta para classificação da abordagem utiliza no laboratório de ensino, análise da relação teoria-prática segundo os alunos e uma avaliação do ambiente de laboratório desta disciplina. Não é necessário identificar-se, solicita-se aos alunos que respondam com seriedade para um melhor desenvolvimento da pesquisa, obrigado.

ABORDAGEM

1) Nas aulas dessa disciplina, há um roteiro a ser seguido para a realização dos experimentos?
   ( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

2) Os objetivos das práticas são dados previamente?
   ( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

3) Os procedimentos experimentais e materiais envolvidos nas práticas são descritos em um roteiro ou listados pelo docente?
   ( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

4) Os resultados das práticas são dados previamente pelo roteiro ou professor?
   ( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( ) Raramente ( )Nunca

5) A forma dos dados serem analisados é descrita pelo professor ou no roteiro (através da sugestão de elaboração de gráficos e tabelas ou lacunas a serem preenchidas no roteiro)?
   ( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

6) As conclusões das práticas são conhecidas previamente?
   ( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

7) As práticas são contextualizadas em problemas específicos, questões sociais e/ou econômicas seu interesse?
   ( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

8) Os conceitos a serem trabalhados nas práticas são previamente explicados pelo docente ou descritos no roteiro?
   ( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

9) Há questões (no roteiro ou realizadas pelos docentes) que direcionam as práticas?

( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

10) Há questões (no roteiro ou realizadas pelos docentes) que determinam dados que devem ser encontrados?
( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

11) Nas aulas de laboratório são dadas oportunidades aos alunos buscarem seus interesses científicos?
( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

12) As aulas dessa disciplina instigam os alunos a buscarem mais informações para a elaboração dos experimentos?
( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

RELAÇÃO TEORIA-PRÁTICA

13) Os conteúdos envolvidos nas aulas práticas estão relacionados com os conteúdos das aulas teóricas?
( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

14) Os professores relacionam as práticas com o conteúdo ensinado nas aulas teóricas, as aulas teóricas são relembradas nas aulas práticas?
( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

15) Durante a realização das aulas práticas, os conceitos, teorias e concepções trabalhadas em sala de aula são suficientes para compreender todas as etapas envolvidas na aula prático-experimental?
( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

16) O trabalho experimental realizado na aula auxiliou no esclarecimento e compreensão de conceitos trabalhados nas aulas teóricas?
( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

17) Os métodos utilizados nas práticas foram indicados ou selecionados baseados em uma teoria previamente estudada?
( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

18) Descreva, em sua opinião, qual a relação entre as aulas teóricas e as aulas prático-experimentais dessa disciplina.

_____
_____
_____
_____
_____
_____

O AMBIENTE DE LABORATÓRIO

19) Há um bom relacionamento entre os alunos no laboratório?
( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

20) Há um bom relacionamento entre os alunos e os profissionais do laboratório de ensino (técnicos, professores e monitores)?
( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

21) O laboratório encontra-se sempre cheio no período da aula e os alunos devem esperar para utilizar os equipamentos?
( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

22) Os equipamentos (balanças, vidrarias, termômetros, pHmetros, etc) estão em boas condições?
( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

23) Os reagentes utilizados estão em boas condições de uso?
( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

24) As questões de segurança são especificadas e exigidas pelos profissionais do laboratório de ensino, no caso de um aluno não estar respeitando-as?
( )Sempre ( )Frequentemente ( )Ás vezes ( )Raramente ( )Nunca

25) De uma maneira geral como você avalia o ambiente do laboratório de ensino?

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

26) Espaço para sugestões e críticas quando as aulas de laboratório da disciplina em questão:

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

ANEXO E

Termo de Consentimento e Informação

Nome da Pesquisa:A aula de laboratório no ensino superior de Química

Pesquisadores responsáveis: Prof. Dr. AntonioAprigio da Silva Curvelo e Mestrando Matheus de Sousa Sato

Informações sobre a pesquisa: As Diretrizes Curriculares Nacionais para o curso de Química enumeram diversas competências e habilidades que devem ser desenvolvidas pelo aluno através do processo de aprendizagem. Dentre as habilidades e competências podemos destacar: possuir capacidade crítica para analisar o próprio conhecimento, saber trabalhar em equipe, saber identificar e buscar fontes de informação, saber ler e interpretar textos científicos, saber investigar os processos naturais e tecnológicos, saber conduzir análises químicas, reconhecer os limites éticos envolvidos na pesquisa, ter capacidade de disseminar e difundir e/ou utilizar o conhecimento, ter domínio das técnicas básicas de laboratório e equipamentos.

Tendo em vista essas características e outras listadas nas Diretrizes procuramos classificar a abordagem de ensino utilizada no laboratório a fim de observar se a mesma colabora para o desenvolvimento de tais competências e habilidades. Busca-se, além disso, por meio do questionário analisar a concepção dos alunos quanto à relação teoria-prática e avaliar o ambiente laboratório.

Assim, convidamos você, aluno cursando a disciplina _____, a participar deste estudo. Assumimos o compromisso de manter sigilo quanto a sua identidade, como também garantimos que o desenvolvimento da pesquisa foi planejado de forma a não produzir riscos ou desconforto para os participantes.

.

Eu,

_____

__ RG _____, abaixo assinado, tendo recebido as informações acima, e ciente dos meus direitos, concordo em participar da referida pesquisa, bem como ter:

1. A garantia de receber todos esclarecimentos sobre todas as discussões antes e durante o desenvolvimento da pesquisa podendo afastar-me a qualquer momento assim que desejar.
2. A segurança plena de que não serei identificado, mantendo o caráter oficial da informação, assim como está assegurado que a pesquisa não acarretará nenhum prejuízo individual ou coletivo.
3. A segurança de que não terei nenhum tipo de despesa material ou financeira durante o desenvolvimento da pesquisa, bem como esta pesquisa não causará nenhum tipo de risco, dano físico, ou mesmo constrangimento moral e ético.
4. A garantia de que toda e qualquer responsabilidade nas diferentes fases da pesquisa é dos pesquisadores, bem como fica assegurado que haverá ampla divulgação dos resultados finais nos meios de comunicação e nos órgão de divulgação científica em que a mesma seja aceita.
5. A garantia de que todo material resultante será usado exclusivamente para a construção da pesquisa e ficará sob guarda dos pesquisadores.

Tendo ciência do exposto acima, desejo participar da pesquisa.

São Carlos, _____ de _____ de 2010.

_____

Assinatura do participante