

Fundação Universidade Federal do Rio Grande

Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental

Rev. eletrônica Mestr. Educ. Ambient.

ISSN 1517-1256

Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental

Volume 16, janeiro a junho de 2006

CONSIDERAÇÕES SOBRE CONTEÚDOS DIDÁTICOS E PROCEDIMENTOS DE ENSINO PARA UMA DISCIPLINA INTRODUTÓRIA DE QUÍMICA MINISTRADA EM UM CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

Mauricio Tardivo (1), Maria Olímpia Oliveira Rezende (1), Salette Linhares Queiroz (2).

(1) Laboratório de Química Ambiental, (2) Grupo de Pesquisa em Ensino de Química. Instituto de Química de São Carlos – Universidade de São Paulo. E-mail: mtardi@iqsc.usp.br

Resumo

O curso de Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo está recebendo as primeiras turmas de estudantes. Dessa maneira, fez-se necessário adaptar a atual estrutura de ensino, principalmente com relação aos conteúdos didáticos. O objetivo desse trabalho foi o de criar uma proposta para a estrutura de uma disciplina de Química Introdutória para o curso de Engenharia Ambiental que correspondesse às expectativas dos alunos. Verificou-se que a aplicação da referida proposta levou ao maior envolvimento dos alunos com relação à turma anterior e que o modelo pode ser aplicado a outros cursos ou carreiras com ênfase em ciências ambientais.

Palavras-chave: Procedimentos de Ensino, Química Ambiental, Engenharia Ambiental.

Abstract

The Environmental Engineering course of Engineering School of São Carlos of the University of São Paulo is receiving the first student groups. However, it was necessary to adapt the whole teaching structure, mainly in relation to the didactic contents. The aim of this work was to create a proposal of structuring an

Introductory Chemistry Course for Environmental Engineering that could assist the students' expectations. The changes suggested by the presented structure in the following school year created the students' better involvement in relationship to the previous group, and the structure can be applied in other courses or careers with emphasis in environmental sciences.

Keywords: Teaching Procedures, Environmental Chemistry, Environmental Engineering.

Introdução

Formato da disciplina

A disciplina Química Para Engenharia Ambiental é oferecida aos alunos do 1º ano do curso de Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo (EESC-USP). É, atualmente, constituída de aulas teóricas (quatro horas semanais) e aulas práticas (duas horas quinzenais), sendo ministrada em um período letivo de um ano; são aplicadas avaliações sobre o conteúdo teórico e os alunos apresentam seminários sobre algum tema ambiental. Não existe, entre os cursos de engenharia desta unidade, a aplicação do ciclo básico de disciplinas (conteúdo básico de Matemática, Química e Física) e, por isso, as ementas não são as mesmas para o ensino de Química Introdutória nas diferentes opções de curso.

Durante os primeiros anos letivos em que a disciplina foi oferecida (a turma inicial é de 2003) os alunos se queixaram da semelhança do conteúdo ministrado na disciplina com aquele estudado no ensino médio e do fato da ementa não apresentar, a princípio, qualquer tópico relacionado à Química Ambiental, o que provocava desinteresse do alunado. Ademais, considerável parte dos estudantes traz do ensino médio uma imagem negativa da Química¹.

Disciplinas de Química com enfoque ambiental começaram a ser ministradas em cursos de graduação e pós-graduação desde o início dos anos setenta em diversas universidades dos Estados Unidos². As ementas iniciais focavam a Química da Hidrosfera e da Atmosfera, sem conceitos relativos às conseqüências das atividades antrópicas, tais como o aquecimento global, efeito estufa e contaminação dos compartimentos ambientais por produtos orgânicos tóxicos (pesticidas e hidrocarbonetos poliaromáticos, como exemplos). Em alguns cursos de graduação, ainda nos anos setenta, verificou-se o desmembramento de temas gerais, ocorrendo o estabelecimento de disciplinas como Química dos Resíduos, Química das Águas, Química dos Solos, além de outras³. Desde os anos noventa, as universidades americanas estão aumentando a carga horária e reorganizando a estrutura curricular dos cursos de Química, adicionando disciplinas na área ambiental ou atualizando as já existentes⁴. Uma disciplina com enfoque ambiental tende a diminuir as barreiras existentes em cursos convencionais da Química, pois aborda conceitos de praticamente todas as subáreas, tais como a Físico-Química, Bioquímica, Geoquímica, Fotoquímica e Química Analítica⁴. No caso do Brasil, algumas intervenções têm sido realizadas, nos últimos anos, em disciplinas oferecidas para químicos e não-químicos, no sentido de se ter a

educação ambiental como um dos eixos centrais para uma prática pedagógica crítica – defendendo a necessidade da presença da dimensão ambiental na educação⁵. Um curso introdutório caracterizado dentro da perspectiva ambiental foi recentemente descrito por Moradillo e Oki⁵ e tem como objetivos principais “estudar a matéria (constituição, estrutura e propriedades) e suas transformações, incluindo os aspectos cinéticos e energéticos” e “aplicar os conhecimentos adquiridos a um determinado tema (ar, água e resíduos sólidos), procurando relacioná-los com o contexto: ético-político, econômico e cultural; através de seminários realizados pelos alunos e alunas”.

Desenvolvimento de material didático

Em alguns estudos¹, verificou-se que melhores resultados no aprendizado podem ser obtidos a partir da produção de material didático pelos próprios organizadores/professores das disciplinas. A bibliografia, tanto para Química Geral^{6,7}, quanto para Química Ambiental⁸ é extremamente diversificada, em termos de conteúdo e ordenação de capítulos. Porém, a adoção de material didático próprio, como um guia de estudo voltado à disciplina, que atenda às aulas teóricas e práticas, minimiza o trabalho de fazer cópias de trechos e obras ou a impressão de roteiros de práticas laboratoriais, além de haver maior dinamismo no processo de aprendizado¹.

Portanto, neste trabalho, visando aumentar o envolvimento dos estudantes com a disciplina Química para Engenharia Ambiental, sugerimos uma estrutura e um enfoque diferenciado na ementa, com a adoção de material didático próprio, baseados no levantamento bibliográfico acerca dos conteúdos de Química Geral e Química Ambiental, e também nas sugestões e respostas dos alunos quando questionados a respeito da estrutura atual.

Método

Durante a metade do 2º semestre letivo do ano de 2004, aplicou-se um questionário aos alunos sobre os conteúdos conceituais aplicados na disciplina, tanto sobre a parte teórica quanto das aulas práticas. Verificou-se, pela resposta de 32 alunos presentes, as opiniões sobre quais conteúdos conceituais deveriam ter maior ou menor ênfase e aqueles que são mais difíceis de assimilar. Além disso, os alunos responderam o que poderia ser alterado (ou adicionado) em relação às aulas teóricas e práticas. Os alunos foram ainda encorajados a opinar com relação à infra-estrutura para as aulas, material de apoio, avaliações e relatórios. Uma pesquisa aplicada desta forma aos alunos pode nortear o processo de estruturação do ensino do conteúdo, principalmente com relação à performance didática do professor, qualidade do material didático, uso de recursos computacionais, bibliografia, além dos fatores já citados anteriormente¹. Cada aluno expôs sua opinião individualmente, sem obrigatoriedade de preenchimento e as respostas foram abertas. O questionário é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Questionário aplicado aos alunos matriculados na disciplina Química Para Engenharia Ambiental .

| Questionário para a disciplina Química para Engenharia Ambiental |
|---|
| (Questão 1) Quais são os conteúdos conceituais que deveriam ter MAIOR ênfase na disciplina? → → → |
| (Questão 2) Quais são os conteúdos conceituais que deveriam ter MENOR ênfase na disciplina? → → → |
| (Questão 3) Quais os conteúdos conceituais mais difíceis de se assimilar na disciplina? → → → |
| (Questão 4) O que pode ser mudado, ou acrescentado, na disciplina a respeito de: (a) aulas teóricas e (b) aulas práticas. |

Resultados e discussão

Ao responder sobre quais assuntos deveriam ter mais ênfase no decorrer da disciplina, os alunos citaram tópicos de Química Geral (fundamentos) e de Química Ambiental (Tabela 2), mostrando a necessidade de haver uma conexão mais explícita entre os conteúdos conceituais básicos e específicos. Os tópicos mais citados foram: equilíbrio químico, titulação, solubilidade e determinação de pH. O que mostra, implicitamente, grande interesse dos alunos com relação aos processos químicos em fase aquosa. Um outro motivo pelo qual titulação e pH foram citados é a necessidade do entendimento com maior base expositiva dos conteúdos conceituais nas aulas teóricas, ou nas aulas práticas antes de se iniciar os experimentos. Os alunos não citaram vários conteúdos fundamentais, mesmo aqueles estreitamente relacionados com a ênfase ambiental, tais como: radioatividade, química de processos nucleares, termoquímica, fontes alternativas de energia, eletroquímica, cinética e velocidade de reação. Um resultado esperado foi a citação de diversos tópicos de Química Ambiental, tais como: poluentes ambientais, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), tratamento de resíduos, tratamento de lixo urbano e poluição de uma maneira em geral. Isso mostra a necessidade de ministrar conteúdos de Química Ambiental como parte da linha teórica da disciplina e, também, como na forma de apresentação de seminários.

Tabela 2. Conteúdos que devem ter maior ênfase e respectivos nº de citações a partir do questionário aplicado aos alunos, ilustrado na Tabela 1.

| Conteúdos conceituais gerais / fundamentos | | Conteúdos específicos / Química Ambiental | |
|---|----------------|--|----------------|
| Conteúdo | Nº de citações | Conteúdo | Nº de citações |
| Equilíbrio químico | 15 | Poluição; Poluentes ambientais; Demanda bioquímica de oxigênio e demanda química de oxigênio; Análise da água | 2 |
| Titulação; Solubilidade | 6 | Quantificação de poluente na água; Reações na água; Estudo de contaminantes; Comportamento de compostos no meio; Tratamento de resíduos; Tratamento de lixo urbano; Sistemas aquáticos | 1 |
| Determinação de pH e pOH; Complexação | 4 | | |
| Reações | 3 | | |
| Volumetria de neutralização; Constantes de equilíbrio | 2 | | |
| Ionização; Diluição; Natureza dos elementos químicos; Precipitação; Oxidação e redução; conteúdos relacionados à Química Analítica Quantitativa | 1 | | |

Dentre os conteúdos conceituais que devem, pelo julgamento dos alunos, ser menos enfatizados (Tabela 3), os mais citados são aqueles referentes à estatística (desvio padrão, tipos de erros e algarismos significativos), leis dos gases e tabela periódica. Alguns conteúdos conceituais relacionados com a Estatística são vistos pelos alunos como matemática sem utilidade ou aplicação, sem compreender a enorme importância de se utilizar essas ferramentas em simples medidas, experimentos ou em pesquisa em geral. Para isso, é necessário explicitar, aos alunos, a importância de se assimilar os conteúdos conceituais básicos de Estatística com exemplos concretos, podendo-se utilizar material bibliográfico com capítulos específicos⁹. No caso das leis dos gases, podem-se ministrar aulas relacionando esse tema com o problema da poluição “in door” e efeito estufa.

Tabela 3. Conteúdos conceituais que devem ter menor ênfase e nº de citações a partir do questionário aplicado aos alunos, ilustrado na Tabela 1.

| Conteúdos conceituais | Nº de citações |
|--|----------------|
| Lei dos gases; Titulação | 3 |
| Tabela periódica e histórico | 2 |
| Lei de Boyle; Lei de Avogadro; Lei de ação das massas; Nomenclatura; Desvios; Variância; Composição elementar percentual; Tipos de erros; Modelos atômicos; Algarismos significativos; Formação de polímeros | 1 |

Os conteúdos conceituais que foram considerados mais difíceis pelos alunos foram: titulação, complexação e soluções-tampão (Tabela 4). A partir das informações desta tabela, pode-se correlacionar os termos “titulação”, “ponto de equivalência” e “volumetria de neutralização”, já que o ponto de equivalência pode ser uma das dificuldades apresentadas pelos alunos no aprendizado da titulação ácido-base. Além disso, alguns alunos podem ter usado os termos “titulação” e “volumetria de neutralização” como sinônimos.

A dificuldade na assimilação desses conteúdos conceituais pode ser entendida pelo fato dos alunos, quando no ensino médio, terem pouco (ou nenhum) contato com a parte experimental da disciplina. A maioria dos alunos entende os conceitos de ácido e base, porém, sente dificuldades ao se deparar com experimentos de neutralização. Esse resultado reforça a necessidade de aulas expositivas antes do início da prática laboratorial. Verifica-se a insegurança por parte do aluno quando defronte a uma bancada, pela falta dessa experiência laboratorial durante o ensino médio. Uma alternativa sugerida para solucionar essa deficiência é a inserção de exemplos práticos no material didático.

Tabela 4. Conteúdos conceituais que os alunos consideraram mais difíceis de assimilar e quantidades de citações respectivas.

| Conteúdos conceituais | Nº de citações |
|--|----------------|
| Titulação | 13 |
| Complexação | 8 |
| Soluções-tampão | 6 |
| Equilíbrio químico; Solubilidade | 4 |
| Ponto de equivalência; Volumetria de neutralização; Oxidação e redução | 3 |
| Precipitação; Constantes de equilíbrio | 2 |

Com relação às aulas teóricas, verificou-se a necessidade de aumentar o caráter prático à exposição do conteúdo, com a demonstração de reações, utilizando recursos audiovisuais para tal. Alguns livros-texto de Química Geral, como o de autoria de Peter Atkins⁷, por exemplo, são vendidos juntamente com recursos computacionais na forma de CD-ROM, contendo arquivos de vídeo de diversas reações. Além disso, existe a necessidade da realização de visitas a indústrias e de aulas práticas de campo.

Material didático

A escolha do conteúdo do material de apoio levou em conta o levantamento bibliográfico (nacional e internacional) verificando-se os tópicos mais adequados a alunos de 1º ano e, além disso, as respostas do questionário dadas pelos alunos. Deve-se dar ênfase no conteúdo acerca das análises quantitativas e volumetria de neutralização⁹, equilíbrio químico, pH e solubilidade^{6,7} – parte I. A segunda parte do material contém os capítulos referentes à Química Ambiental⁸. Capítulos referentes à Química Orgânica não foram adicionados, pois os alunos de Engenharia têm, em sua grade curricular, disciplina específica no segundo ano letivo sendo ministrada, também, por docentes do Instituto de Química de São Carlos. A Tabela 5 apresenta o conteúdo proposto do material didático para a disciplina.

Tabela 5. Conteúdo do material didático para a disciplina Química Para Engenharia Ambiental.

| Conteúdo conceitual / capítulo | (I) Relação com o(s) assunto(s) / (II) conteúdo |
|---|--|
| PARTE I ^{6,7} | |
| (Cap. 1) Estatística: Algarismos significativos, erros em medidas, tipos de erros, desvios, exatidão e precisão. | Medições comuns em laboratório, precisão de alguns instrumentos comuns, tais como pHmetros e vidraria. |
| (Cap. 2) Fundamentos: Estrutura atômica, massa molar, substâncias, fórmulas, estequiometria, misturas, soluções, concentração e diluição. | Preparação de soluções no laboratório. Diluição de soluções concentradas. Soluções-padrão. |
| (Cap. 3) Propriedades dos gases: leis dos gases, misturas de gases e princípios. | Pressão atmosférica, gases na atmosfera, efeito estufa. Clima. Fotoquímica da atmosfera. |
| (Cap. 4) Líquidos e sólidos: formação de fases, forças intermoleculares, viscosidade e tensão superficial. Classificação dos sólidos. | Substâncias tensoativas: sabões e detergentes. Propriedades da água. Trocas iônicas no solo. |
| (Cap. 5) Termodinâmica: 1º e 2º Leis. Sistemas, estados, entalpia, entropia, energia livre. | Curva de aquecimento, combustíveis alternativos. |
| (Cap. 6) Equilíbrio físico: fases (transições), solubilidade, propriedades coligativas e destilação. | Clima, descongelamento das calotas polares. |
| (Cap. 7) Equilíbrio químico: Princípio de Le Chatelier, constantes. | Termodinâmica e espontaneidade. Poluição da atmosfera. |
| (Cap. 8) Ácidos e bases: pH e pOH, importância do pH do meio, constantes de acidez e basicidade, definições, força dos oxiácidos. | Chuva ácida. O pH de sistemas aquáticos e de sistemas biológicos. |
| (Cap. 9) Equilíbrio químico em solução aquosa: tampões, titulações, indicadores, efeito do íon comum, precipitação e complexação. | Diferentes formas de se determinar o pH de uma solução. Diferença entre acidez e pH e entre alcalinidade e basicidade. |
| (Cap. 10) Eletroquímica: oxidação e redução, pilhas, potenciais, equação de Nernst, eletrodos, eletrólise. | Energia alternativa, baterias automotivas, corrosão, descarte de pilhas usadas. |
| (Cap. 11) Cinética química: velocidade de reação e leis de velocidade, ordens de reação e relação com a temperatura. Catalisadores. | Camada de ozônio. Enzimas. |
| (Cap. 12) Química nuclear: isótopos radioativos, decaimentos, fissão e fusão nuclear. | Usinas nucleares (exemplos como Chernobyl e Angra dos Reis) e armas nucleares, lixo |

| | |
|--|--|
| Conversão massa-energia. | atômico. |
| PARTE II ⁸ | |
| (Cap. 13) Química da atmosfera | Camada de ozônio, buraco do ozônio, chuva ácida, material particulado, efeito estufa, aquecimento global e poluição “indoor”, material particulado. Ciclos biogeoquímicos. |
| (Cap. 14) Química de sistemas aquáticos naturais | Águas subterrâneas e contaminação, oxidação e redução, DBO e DQO, sistema carbonato, purificação, tratamento de águas e esgoto. |
| (Cap. 15) Litosfera | Solos e sedimentos, composição e classificação dos solos, propriedades físicas e químicas do solo, matéria orgânica do solo, fertilidade. |
| (Cap. 16) Substâncias tóxicas | Produtos orgânicos tóxicos, toxicologia, metais pesados tóxicos. |
| PARTE III (ANEXOS): segurança no laboratório, vidraria e manuseio. Descarte de resíduos. Roteiros de práticas. | |

Estruturação

A integração e a conexão conceitual entre as aulas teóricas e as práticas de laboratório podem ser facilmente obtidas com o uso adequado do material didático. Como se pode observar na Figura 1, os relatórios dos experimentos poderão servir, também, como guia de estudo para as avaliações da parte teórica. O levantamento bibliográfico realizado na composição dos relatórios poderá ser usado na monografia a ser entregue após as apresentações dos seminários. A experiência adquirida nas aulas do laboratório, nas visitas ao Laboratório de Resíduos Químicos do campus e às indústrias poderá, também, ser relatada nessas apresentações.

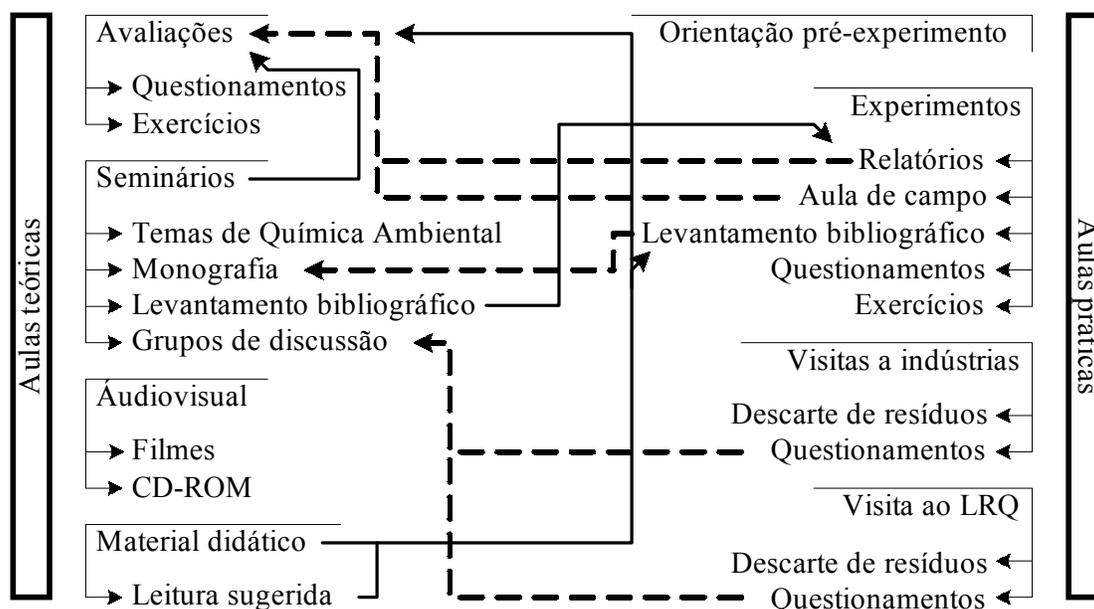


Figura 1. Estruturação da disciplina e relação entre as aulas teóricas e práticas.

Visita ao Laboratório de Resíduos Químicos – LRQ

No Campus da USP São Carlos, a árdua tarefa de tratar os resíduos químicos gerados por todos os laboratórios foi resolvida com a criação de um único laboratório – o Laboratório de Resíduos Químicos (LRQ) – que conta, para seu funcionamento, com dois funcionários, estagiários e acompanhamento do setor de engenharia de segurança¹⁰.

A visita programada ao LRQ do Campus São Carlos pode dar a oportunidade de um breve treinamento aos alunos no tocante à formação do futuro profissional, permitindo que este adquira consciência ética com relação ao uso e ao descarte de produtos visando a preservação ambiental¹⁰. Após a visita programada ao LRQ os alunos, em grupos, descrevem algum procedimento de recuperação ou tratamento de resíduos na forma de relatórios como parte das atividades práticas.

Aula de campo (coleta de amostras ambientais)

O uso de uma aula prática com coletas de amostras ambientais fora do laboratório cria uma situação de complementaridade ao aprendizado muito favorável, além de gerar ambientes propícios à colaboração e cooperação. A observação da realidade concreta gera, também, a necessidade de buscar cada vez mais o conhecimento técnico para respaldá-la¹¹.

A aula de campo proposta é uma coleta de amostra de água proveniente de recurso hídrico próximo ao campus, orientando os alunos realizarem medidas “*in situ*” e medidas posteriores no laboratório, tais como as listadas na Tabela 6¹¹.

Tabela 6. Determinações a serem realizadas com as amostras de água na aula de campo.

| Determinação | Método | Resultado |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| pH | Potenciométrico | - |
| Temperatura | | °C |
| Condutividade | Condutimétrico | $\mu\text{S cm}^{-1}$ |
| Alcalinidade | Volumetria de neutralização | $\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ |
| Cloretos | Volumetria de precipitação | mg Cl L^{-1} |
| Dureza total | Volumetria de complexação | $\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ |
| Demanda química de oxigênio | Volumetria redox | $\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ |
| Oxigênio dissolvido | Volumetria redox | $\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ |

Os alunos são divididos em grupos com número conveniente à disponibilidade de tempo e recursos materiais para essa aula prática. As determinações seguem os métodos descritos no “Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater”¹². Os resultados finais podem ser comparados com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 2005¹³ e são entregues na forma de relatórios, com a discussão pertinente relacionada à legislação.

Cronograma de atividades

O conteúdo introdutório de Química é ministrado no primeiro semestre e em parte do segundo, enquanto a ênfase ambiental é apresentada no final, juntamente com os seminários de temas ambientais e a prática de campo (Tabela 7). No ano de 2005 iniciou-se a aplicação da estrutura aqui sugerida para a disciplina, com a visita ao LRQ, a apresentação de seminários pelos alunos e a utilização de parte do material didático.

Tabela 7. Cronograma de atividades na disciplina durante o ano letivo.

| Teoria | Prática |
|---|---|
| 1º SEMESTRE | |
| Fundamentos de Química | Noções básicas de segurança |
| Escolha dos temas dos seminários pelos grupos | Fundamentos de medidas |
| Avaliações | Conhecimento da vidraria |
| | Experimentos em Química Geral |
| | Visita ao LRQ |
| | Relatórios |
| 2º SEMESTRE | |
| Fundamentos de Química | Experimentos em Química Geral |
| Química Ambiental | Experimentos em Química Ambiental (Aulas de campo) |
| Apresentação dos seminários | Visitas programadas a indústrias |
| Entrega das monografias sobre os seminários | Relatórios |
| Avaliações | |
| Avaliação final sobre seminários | |

Conclusões

As mudanças ocorridas a partir da estrutura aqui apresentada criaram maior envolvimento dos alunos com relação à turma anterior. Acredita-se que a estrutura proposta pode ser aplicada não apenas ao curso do campus da Universidade de São Paulo, mas também para cursos de Engenharia Ambiental de outras universidades e para outras carreiras em que o enfoque ambiental possa ser pertinente.

O enfoque diferenciado na disciplina pode ser aprofundado sem que haja a depreciação do caráter introdutório de Química Geral, tendo-se a vantagem de preparar os alunos para disciplinas dos semestres subsequentes, tais como: Ecossistemas Aquáticos, Poluição Ambiental e Recursos Hídricos. Para a composição de relatórios e seminários, a procura por outras fontes bibliográficas deve ser estimulada com a leitura sugerida.

O levantamento bibliográfico e o questionário respondido pelos alunos foram de grande importância para nortear o processo de desenvolvimento de um material didático que possa servir como um guia ideal de estudos, não apenas para as avaliações, mas, também, para a parte prática da disciplina. A sincronia na apresentação dos conteúdos conceituais entre as aulas teóricas e práticas e a conexão das duas partes nesta proposta de estrutura pode melhorar e acelerar o processo de aprendizado na introdução a Química com o

ênfoque na ciência e na prática concreta ligada à educação ambiental, melhorando, assim, a formação de um profissional com responsabilidades em relação ao meio ambiente.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES e aos alunos do curso de Engenharia Ambiental, da EESC-USP pela colaboração.

Referências bibliográficas

1. CAMPOS, R.C.; GODOY, J.M. *Química Nova*, 1996, 19, 433.
2. MANAHAN, S.E. *Journal of Chemical Education*, 1971, 48, 764.
3. MELFORD, S.S. *Journal of Chemical Education*, 1977, 54, 174.
4. MANAHAN, S.E.; ARAM, R.J. *Journal of Chemical Education*, 1995, 72, 977.
5. MORADILLO, E.F.; OKI, M.C.M. *Química Nova*. 2004, 27, 332.
6. MAHAN, B.; MYERS, R.J. *Química – um curso universitário*. Ed. Blücher. Rio de Janeiro. 1995. MASTERTON, W.L.; SLOWINSKI, E.J.; STANITSKI, C.L. *Princípios de Química*. LTC. Rio de Janeiro. 1990. BRADY, J.E.; HUMISTON, G.E. *Química Geral*. 2.ed. LTC, Rio de Janeiro, 1986. RUSSEL, J.B. *Química Geral*. Makron Books. São Paulo, 1994. BROWN, T.L.; LE MAY-JR., H.E.; BURSTEN, B.E. *Chemistry – The Central Science*. 7.ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, 1997. MOTHEO, A.J. *Apostila de Laboratório de Química Geral*. 1998.
7. ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de Química – Questionando a vida moderna e o meio ambiente*. Bookman, Porto Alegre, 2001.
8. BAIRD, C. *Química Ambiental*. Bookman, Porto Alegre, 2002. ROCHA, J.C.; ROSA, A.H.; CARDOSO, A.A. *Introdução à Química Ambiental*. Bookman, Porto Alegre, 2004. MANAHAN, S.E. *Environmental Chemistry*. 8.ed. CRC Press, Boca Raton, 2005. RAISWELL, R.W.; BRIMBLECOMBE, P.; DENT, D.L.; LISS, P.S.; *Environmental Chemistry*. Londres, Edward Arnold, 1980. O'Neill, P.; *Environmental Chemistry*. Londres, Chapman & Hall, 1993. MOORE, J.W.; MOORE, E.A. *Environmental Chemistry*. Londres, Academic Press. 1976.
9. BACCAN, N.; ANDRADE, J.C.; GODINHO, O.E.S.; BARONE, J.S. *Química Analítica Quantitativa Elementar*. Ed. Blücher, Campinas, 2001.
10. ALBERGUINI, L.B.A.; REZENDE, M.O.O.; SILVA, L.C. *Química Nova*. 2003, 26, 291.
11. MENEZES, H.C.; FARIA, A.G. *Química Nova*, 2003, 26, 287.

12. CLESCERI, L.S.; GREENBERG, A.E.; EATON, A.D.; FRANSON, M.A.H. eds. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. 20.ed. Washington DC. American Public Health Association, American Water Works Association, American Water Environment Federation, 1998.
13. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>>. Acesso em 4 de julho de 2005.