

ATIVIDADES DE PESQUISA COMO PROPOSTA METODOLÓGICA DE MINISTRAR AULAS PRÁTICAS DE DISCIPLINAS COM CONTEÚDOS DE BIOTECNOLOGIA

Luciane M. Colla – lmcolla@upf.br

Christian O. Reinehr – reinehr@upf.br

Telma E. Bertolin – telma@upf.br

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Curso de Engenharia de Alimentos, Campus I, Km 171, BR 285, Bairro São José, CEP 99001-970, Passo Fundo, RS

***Resumo:** A partir da observação da dificuldade de ministrar aulas práticas com conteúdos de biotecnologia em cursos de graduação em Engenharia de Alimentos, Engenharia Ambiental e Farmácia, foi proposta a realização da execução de miniprojetos de pesquisa pelos alunos. Objetivou-se descrever a técnica, bem como as vantagens e desvantagens da utilização desta prática metodológica no ensino de conteúdos de biotecnologia. Durante três anos consecutivos, envolvendo cerca de nove turmas, os conteúdos práticos destas disciplinas foram conduzidos através da realização de miniprojetos de pesquisa, buscando a construção do conhecimento em biotecnologia pelo aluno. A inserção dos alunos no método científico, o estímulo às relações pessoais dadas pela realização da atividade em grupos, a maior motivação dos alunos por serem estes os responsáveis pelo planejamento de todas as etapas do projeto, a possibilidade de utilização de conteúdos de outras disciplinas do curso de graduação, o estímulo da capacidade oral e escrita, o desenvolvimento de competências, atitudes e habilidades como o espírito crítico, a pró-atividade e a responsabilidade, foram as principais vantagens advindas da realização de miniprojetos de pesquisa como alternativa pedagógica de ministrar aulas práticas em disciplinas com conteúdos de biotecnologia, constituindo-se assim em uma ferramenta importante para a formação do perfil de profissionais em engenharia.*

***Palavras-chave:** Biotecnologia, Conteúdo prático, Miniprojetos de pesquisa.*

1 INTRODUÇÃO

A biotecnologia é definida como um conjunto de conhecimentos, técnicas e métodos, de base científica ou prática, que permite a utilização de seres vivos como parte integrante e ativa do processo de produção industrial de bens e serviços. Ainda, segundo a União Internacional de Química Pura e Aplicada, consiste na aplicação da bioquímica, da biologia, da microbiologia e da engenharia química aos processos e produtos industriais (incluindo os produtos relativos à saúde, energia e agricultura) e ao meio ambiente (BORZANI et al., 2001).

De uma forma mais restrita, a biotecnologia pode ser associada ao emprego das técnicas modernas de biologia molecular e celular, o que remete à divisão da biotecnologia em biotecnologia tradicional e biotecnologia moderna, de acordo com os avanços obtidos ao longo do tempo na área e aos produtos obtidos a partir dela. A biotecnologia tradicional refere-se à obtenção de produtos tais como: alimentos, álcool, enzimas e antibióticos,

desenvolvidos antes do advento da engenharia genética. Os conhecimentos advindos após a década de 50, amparados à descoberta da síntese química do DNA, da manipulação genética, DNA recombinante, fusão celular, fazem parte da definição da biotecnologia moderna (VILLEN, 2002).

O caráter multidisciplinar da biotecnologia refere-se à utilização de várias áreas da ciência (biologia, química e, portanto, a bioquímica, além da engenharia) a fim de “construir-se” um conhecimento amplo (a biotecnologia) que possa ser aplicado em algum setor industrial (alimentício, farmacêutico, médico, químico) ou ao meio ambiente. Assim, este conteúdo permeia os currículos acadêmicos de diversos cursos de graduação.

O ensino da biotecnologia nos cursos de graduação em Engenharia de Alimentos (disciplina de Engenharia Bioquímica), Engenharia Ambiental (disciplina de Biorremediação e Bioaumentação) e Farmácia (disciplina de Tecnologia Bioquímica) possuem aspectos em comum. Em cada um destes cursos, há variação na aplicação que os alunos deverão dar à biotecnologia; entretanto, as bases da ciência envolvida (a biotecnologia) são comuns. Todas as disciplinas são ministradas envolvendo conteúdos teóricos e práticos. A partir da observação da dificuldade na condução das aulas práticas dos conteúdos, propôs-se nestas disciplinas a realização de miniprojetos de pesquisa, nos quais os alunos foram orientados a desenvolver o conteúdo prático a partir de uma experiência diferenciada. Objetivou-se descrever a técnica, bem como as vantagens e desvantagens da utilização desta prática metodológica no ensino prático de conteúdos de biotecnologia aplicada aos cursos de Engenharia de Alimentos, Engenharia Ambiental e Farmácia da Universidade de Passo Fundo.

2 CARACTERIZAÇÃO DAS DISCIPLINAS

As ementas das disciplinas de Engenharia Bioquímica, Biorremediação e Bioaumentação e Tecnologia Bioquímica estão apresentadas no Quadro 1, no qual verifica-se que as disciplinas de Engenharia Bioquímica e Tecnologia Bioquímica apresentam uma equivalência de conteúdos quase completa, com exceção do conteúdo de cálculos de biorreatores, presentes somente na disciplina de Engenharia Bioquímica. Os alunos, para compreenderem estes processos, precisam conhecer e executar na parte prática as etapas de um processo fermentativo industrial genérico, apresentado na Figura 1 e explicado nos seus pormenores na seqüência do texto.

A realização de um processo fermentativo industrial genérico (conforme a Figura 1) inclui as seguintes etapas:

- a) Preparo do inóculo: consiste na multiplicação dos microrganismos (agentes de transformação) a fim de se obter células suficientes para a inoculação de um biorreator. Esta etapa pode levar desde algumas horas até dias;
- b) Preparo do meio de cultivo: inclui etapas de pesagem, mistura e esterilização de meios. Somente a etapa de esterilização leva em torno de 2 h;
- c) Inoculação e fermentação: consiste na adição do inóculo ao meio de cultivo o que dá início à transformação dos substratos em produtos e células de microrganismos. Esta etapa ocorre em condições específicas de temperatura em biorreatores, podendo levar desde horas até muitos dias;
- d) Amostragens e levantamento da cinética do processo: durante a incubação (bioprocesso) são realizadas amostragens para a determinação das concentrações de microrganismos, substratos e produtos ao longo do tempo.

Quadro 1 - Disciplinas e ementas que envolvem o conteúdo de biotecnologia nos cursos de Engenharia de Alimentos, Engenharia Ambiental e Farmácia da Universidade de Passo Fundo

Disciplina	Curso	Ementa
Engenharia Bioquímica	Engenharia de Alimentos	Processo fermentativo industrial. Microrganismos, substratos e produtos industriais. Necessidades nutricionais e de energia de microrganismos. Cinética de processos fermentativos. Cálculo de reatores biológicos. Fermentações descontínua, semicontínua e contínua. Esterilização de ar e de meios. Aeração e Agitação. Variação de Escala.
Tecnologia Bioquímica	Farmácia	Conhecimentos relativos aos processos de fermentação industriais evidenciando a bioquímica e bioengenharia destes processos. Reconhecer uma planta de fermentação, os equipamentos utilizados, os processos de esterilização, a cinética dos processos fermentativos, agitação e aeração e <i>scale up</i> .
Biorremediação e Bioaumentação	Engenharia Ambiental	Conceitos de biotecnologia. Microrganismos e nutrição microbiana. Metabolismo microbiano: formas de obtenção de energia. Co-metabolismo. Cinética microbiana. Bioprocessos submersos e semissólidos. Aplicação da bioengenharia na biorremediação de ambientes contaminados.

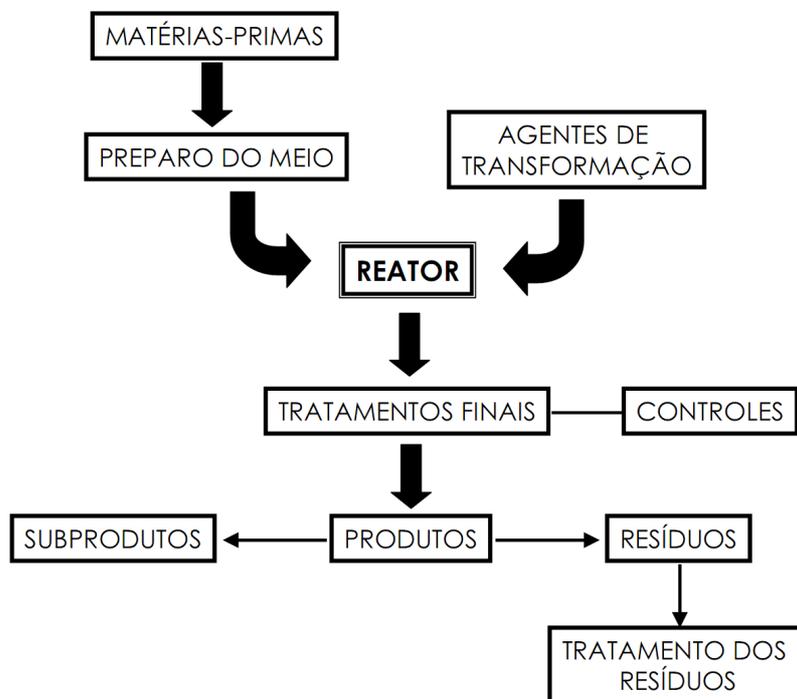


Figura 1 - Etapas de um processo fermentativo industrial genérico
Fonte: SCHMIDELL et al. (2001)

A disciplina de Biorremediação e Bioaumentação tem a necessidade, na parte prática, de demonstrar a utilização dos microrganismos na remoção de compostos tóxicos, o que pode levar dias a semanas. Pode-se realizar a descontaminação microbiana por bioaumentação ou bioestimulação, além da atenuação natural (ALVAREZ & ILLMAN, 2006). Se realizada a bioaumentação, o processo pode envolver o isolamento e multiplicação dos microrganismos capazes de degradar os componentes tóxicos antes da adição destes ao ambiente contaminado. Esta etapa envolve conhecimentos de preparo de inóculo, inoculação e condução de processos fermentativos, citados anteriormente. Quando utilizada a técnica de bioestimulação, nutrientes são adicionados aos locais contaminados para estimular o crescimento dos microrganismos naturalmente presentes, promovendo o processo de descontaminação (COOKSON, 1995). Tanto na bioestimulação quanto na bioaumentação, o acompanhamento do processo é requerido através das determinações das concentrações celulares e dos contaminantes ao longo do tempo, sendo necessário o acompanhamento do processo por semanas ou meses. Assim, a dificuldade comum destas disciplinas, no que diz respeito ao conteúdo prático, era a demonstração do processo como um todo.

A divisão do processo fermentativo ou de um processo de biorremediação nos horários disponíveis para a realização das aulas práticas (2 períodos de 50 min) impedia que os alunos se envolvessem com o conteúdo, resultando na observação de que ao final do semestre letivo os alunos ainda tinham a dificuldade de executar um processo fermentativo na sua totalidade, em virtude das etapas realizadas nas aulas práticas serem apenas demonstrativas. Além disso, o envolvimento dos mesmos era insuficiente, pois as práticas eram pensadas e projetadas pelo professor, cabendo ao aluno apenas a execução de um roteiro de aula prática.

A construção do conhecimento pelo aluno, que deveria ocorrer durante a prática e com a confecção dos relatórios também era insuficiente, pois a maior parte dos resultados era fracamente discutida e apresentada. A facilidade atual de obtenção de informações através da internet também consistia uma barreira a ser vencida. Neste sentido, durante 3 anos consecutivos, envolvendo cerca de nove turmas, os conteúdos práticos destas disciplinas foram conduzidos através da realização de miniprojetos de pesquisa, buscando a construção do conhecimento em biotecnologia pelo aluno.

3 CARACTERÍSTICAS DOS MINIPROJETOS DE PESQUISA COMO PRÁTICA PEDAGÓGICA

Os miniprojetos de pesquisa foram executados pelos acadêmicos através da metodologia apresentada no Quadro 2, no qual observa-se que a execução do miniprojeto de pesquisa compreende todas as etapas básicas da execução de um projeto de pesquisa como um todo. A complexidade da pesquisa, bem como o tempo despendido em cada etapa, foram adaptados para que este trabalho pudesse ser realizado dentro de uma disciplina.

Com relação ao tempo, de um total de 19 semanas letivas, em média três semanas eram utilizadas para a organização dos alunos em grupos práticos, definição do tema, problemática, justificativas e objetivos. A revisão de literatura e a apresentação do projeto de pesquisa eram realizadas em cerca de quatro semanas. Cerca de dez semanas eram disponibilizadas aos alunos para a realização da parte prática e para a redação do relatório final da pesquisa e as semanas restantes eram utilizadas na apresentação final dos relatórios.

Os alunos executavam a parte experimental dos miniprojetos de pesquisa durante os horários práticos e além destes, organizados para que não houvesse acúmulo de grupos realizando a parte experimental nos mesmos horários.

Terminada a segunda etapa, os horários práticos das disciplinas eram utilizados para o tratamento dos dados e elaboração dos relatórios de pesquisa. Para tanto, no horário das aulas

práticas, o professor fazia a reserva de um laboratório de informática, disponibilizado os softwares necessários para a execução do trabalho e atuando como um orientador.

Quadro 2 - Definição das etapas envolvidas para a realização dos miniprojetos de pesquisa e formas de avaliação

Etapas	Caracterização	Avaliação
I) Elaboração do miniprojeto de pesquisa	Escolha do tema, definição de problemáticas, justificativas, objetivos, revisão da literatura, materiais e métodos.	Projeto escrito e apresentação oral.
II) Execução da parte prática pelo grupo	Execução dos materiais e métodos propostos em atividades laboratoriais.	Participação dos componentes do grupo na execução da prática, organização e zelo na geração de dados e realização das análises laboratoriais.
III) Redação e apresentação do relatório final do miniprojeto de pesquisa	Tratamento dos dados obtidos, redação do relatório final, incluindo introdução, desenvolvimento (revisão da literatura, material e métodos, resultados e discussão), conclusão e referências bibliográficas.	Relatório escrito e apresentação oral.

4 RESULTADOS OBTIDOS

A partir da utilização dos miniprojetos de pesquisa como forma de apresentar o conteúdo prático da biotecnologia, foi possível avaliar a técnica e traçar as suas principais características, as quais são comentadas no decorrer deste texto.

A técnica permitiu aos alunos uma melhor compreensão das etapas do desenvolvimento de um projeto de pesquisa. Muitas disciplinas existentes nos currículos acadêmicos, com a função de abordar a metodologia científica, não cumprem com este papel por apresentarem as etapas e a importância destes conteúdos sem estimular os alunos na confecção e execução de um projeto de pesquisa.

Os acadêmicos, divididos em grupos práticos, foram estimulados a escolher o tema de seus miniprojetos, o que os motivava, por serem os responsáveis pela concepção da idéia.

A realização da atividade em grupos possibilitou que estes se relacionassem, desenvolvendo habilidades importantes do comportamento humano. Os conflitos eram comuns, especialmente partindo dos alunos que mais se envolviam, em detrimento daqueles que se envolviam menos. Entretanto, parte deste problema era ocasionado pela necessidade de execução da parte experimental dos miniprojetos fora dos horários práticos das disciplinas, o que pode ser uma das desvantagens da técnica. Como há alunos que dividem seu tempo entre o trabalho e o estudo, a parte experimental por vezes não era executada por todos os componentes do grupo. Ao grupo cabia, neste caso, definir claramente as responsabilidades de cada um, buscando a realização das atividades em horários comuns e acessíveis a todos. Ao professor responsável, por sua vez, cabia a responsabilidade de disponibilizar uma

estrutura de pesquisa adequada, estando disponível para sanar as dúvidas que ocorressem durante a execução da parte prática. Ainda, o professor deve contar com uma equipe de apoio experiente (estagiários do laboratório, bolsistas de iniciação científica, monitores) capaz e orientada para o auxílio aos alunos.

Os benefícios do aluno ser o responsável pelo preparo dos meios de cultivo, soluções ácidas e básicas e operação de equipamentos são muitos, já que conteúdos de disciplinas anteriores precisavam ser revisitados. Para a execução dos miniprojetos em biotecnologia os alunos utilizavam principalmente de conteúdos de química (cálculos de concentrações, diluições, soluções padrão, preparo de soluções, estequiometria, uso da espectrofotometria) e microbiologia (repicagens, preparo de meios, isolamento e manutenção de microrganismos).

Segundo Vernant (1973 apud PACHECO, 2008) a habilidade dos organismos de responder diferencialmente na presença de situações diferentes é o que permite uma aprendizagem mais efetiva. Neste sentido, os miniprojetos de pesquisa apresentam-se como uma prática que traz situações em que os alunos precisam a cada momento tomar decisões para resolução dos problemas advindos da execução da parte experimental, o que culmina no aprendizado das técnicas e métodos.

A escrita do projeto de pesquisa e posteriormente do relatório da pesquisa (etapas I e III) estimulavam a capacidade escrita dos alunos. Mais atenção deve ser dada à confecção dos resultados e discussão do que às revisões de literatura muito extensas. Por isso, a etapa de execução do projeto deve demandar menos tempo que as demais. Há a tendência dos alunos utilizarem a internet na revisão de literatura, devendo ser orientados ao uso de artigos científicos e fontes confiáveis.

As normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em especial a NBR 15287:2005 e a NBR 14724:2005, eram utilizadas para a escrita tanto do projeto como do relatório de pesquisa. Esta etapa é importante, pois consiste em um treinamento para as disciplinas de final de curso (trabalhos de conclusão, estágio, monografias). Uma das reclamações comuns dos alunos que participavam dos miniprojetos é que em alguns casos a disciplina de biotecnologia ocorria no mesmo semestre da disciplina de trabalho de conclusão de curso, o que os sobrecarregava. Ainda neste caso, muitos relatos positivos foram dados por alunos que relatavam que a realização dos miniprojetos sanava muitas das dúvidas da confecção da parte escrita dos trabalhos de conclusão, especialmente no que diz respeito a detalhes de formatação, citação de referências e confecção de referências bibliográficas.

A apresentação oral dos resultados da pesquisa é importante para que os alunos componentes da turma tenham conhecimento acerca do que foi realizado por todos os grupos práticos. É importante solicitar aos que assistem as apresentações um resumo do que foi apresentado para que a atividade não se torne informativa. Nesta etapa, é possibilitado ao aluno desenvolver o espírito crítico por ser o responsável pelo que está apresentando. O conhecimento do método pelo aluno desde o início da disciplina contribui para que este se envolva mais em todas as etapas, por saber que deverá realizar uma apresentação oral e pública para os demais componentes da turma e para o professor. O professor, ao realizar seus questionamentos, pode aprofundar os conteúdos apresentados, explicando aos demais componentes da turma os pontos que considere que tenham ficado em aberto na apresentação do grupo. O momento de discussão deve ser incentivado, sobre o tema e sobre a forma de apresentação oral de cada aluno.

Considera-se que a principal desvantagem do método está no fato da dificuldade de aplicação deste em cursos noturnos, em turmas que sejam compostas por muitos alunos com atividades além do curso universitário. Para estes, a participação nas etapas de execução da parte experimental é difícil, uma vez que iniciado o processo fermentativo, este deve ser executado até o fim. Apesar disto, estes alunos podem se organizar para a realização das

determinações analíticas de acompanhamento do bioprocessamento nos horários destinados às práticas da disciplina.

Segundo Pacheco (2006):

“Enquadrar e conectar o aluno é colocá-lo a favor de si mesmo, proporcionando uma planificação didática, formativa e cada vez mais sujeita à experimentação do conteúdo em favor da profissionalização adquirida na formação. O que a educação vem apontando é para a necessidade de se ter menos discursos e mais ações, que construam uma idéia de profissão, que ultrapassa o discurso existente na sala de aula. A utilização de modelos teóricos para a discussão de textos e pesquisas possibilita o crescimento e o desenvolvimento intelectual no âmbito acadêmico, porém a chave para o desenvolvimento do ensino-aprendizagem se dá por programas de aplicação do conteúdo.”

Neste sentido, considera-se que os miniprojetos de pesquisa permitem aos alunos o contato com situações práticas que envolvem a biotecnologia, muito além do contato que teriam se o conteúdo prático fosse ministrado na forma de aulas práticas tradicionais. Os problemas enfrentados durante a execução da parte experimental, seja de ordem técnica ou não (por exemplo, o fato de os alunos precisarem se organizar nas suas atividades para definirem o melhor horário para a realização da prática), contribuíram para uma formação mais integral dos acadêmicos.

A fim de avaliar a importância da realização dos miniprojetos de pesquisa para a formação de estudantes de engenharia, cabe lembrar as definições de curso de engenharia e do perfil destes profissionais, segundo o manual de orientações do Mercosul (MERCOSUL, 2009):

“Um curso de engenharia é um conjunto de conhecimentos científicos, humanísticos e tecnológicos de base físico-matemática, que com a técnica e a arte analisa, cria e desenvolve sistemas e produtos, processos e obras físicas, mediante o emprego da energia e materiais para proporcionar à humanidade com eficiência e sobre bases econômicas, bens e serviços que lhe dêem bem estar com segurança e crescente qualidade de vida, preservando o meio ambiente.”

“O perfil profissional do engenheiro deve compreender uma sólida formação científico-técnica e profissional que o capacite a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando uma atitude crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanista, levando em conta as necessidades da sociedade.”

A capacidade de criação e desenvolvimento de processos é uma habilidade a ser formada a partir da proposição de atividades que estimulem a construção do conhecimento e a criatividade. Ainda, o engenheiro deve ser capaz de resolver problemas com atitude crítica, considerando os aspectos globais dos processos envolvidos. Os miniprojetos de pesquisa, neste sentido, constituem uma ferramenta que vai ao encontro destes objetivos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência obtida na execução do conteúdo prático de disciplinas que envolvem o conteúdo de biotecnologia através de miniprojetos de pesquisa permitiu concluir que o método contribuiu para um melhor aprendizado do aluno. A inserção dos alunos no método científico, o estímulo às relações pessoais dadas pela realização da atividade em grupos, a maior motivação dos alunos por serem estes os responsáveis pelo planejamento de todas as etapas do projeto, a possibilidade de utilização de conteúdos de outras disciplinas do curso de graduação, o estímulo da capacidade oral e escrita, o desenvolvimento do espírito crítico, da

pró-atividade e da responsabilidade foram as principais vantagens obtidas com a realização dos miniprojetos de pesquisa, os quais constituem uma ferramenta importante para a formação do perfil de profissionais em engenharia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, P. J. J.; ILLMAN, W. A. **Bioremediation and natural attenuation: process fundamentals and mathematical models**. New Jersey: Wiley-Interscience, 2006. 609 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: Informação e documentação: Trabalhos acadêmicos: Apresentação. Rio de Janeiro, 2005. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15287**: Informação e documentação: Projeto de pesquisa: Apresentação. Rio de Janeiro, 2005. 6 p.

BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A.; AQUARONE, E. **Biotecnologia industrial: Fundamentos**. São Paulo: Edgard Blücher, v. 1, 2001.

COOKSON, J. T. **Bioremediation engineering: design and application**. New York: McGraw-Hill, 1995. 524 p.

MERCOSUL. Rede de Agências Nacionais de Acreditação. **Dimensões, componentes, critérios e indicadores para a acreditação ARCU-SUL**. Titulação: Engenharia. 2009. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=13454:acreditacao-de-cursos-no-sistema-arcu-sul&catid=323:orgaos-vinculados>. Acesso em: 10 jan. 2011.

PACHECO, F. T. **A importância das práticas pedagógicas nas disciplinas laboratoriais em cursos de graduação**. 2008. Disponível em <<http://www.psicologia.com.pt/artigos/textos/A0234.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2011.

SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. **Biotecnologia industrial: Engenharia Bioquímica**. São Paulo: Edgard Blücher, v. 2, 2001.

VILLEN, R. A. Biotecnologia: histórico e tendências. **Revista de Graduação da Engenharia Química**. 2002, ano 5, n. 10. Disponível em: <<http://www.hottopos.com/regeq10/rafael.htm>>. Acesso em: 26 jun. 2011.

RESEARCH ACTIVITIES AS METHODOLOGICAL PROPOSAL OF TEACHING PRACTICAL CLASSES INVOLVING BIOTECHNOLOGY

Abstract: From the observation of the difficulty of teaching practical classes involving biotechnology in graduation courses such as Food Engineering, Environmental Engineering and Pharmacy, it was proposed the development of research projects by students. The aim of this work was to describe the technique as well as the advantages and disadvantages of using

it in subjects which involve biotechnology. During three consecutive years, involving about nine groups, the practical content of these subjects were conducted by carrying out research projects, seeking the construction of knowledge by the student in biotechnology. The use of the scientific method by the students, the stimulus given to personal relationships by carrying out the activity in groups, the motivation given to the students due to their responsibility in planning all stages of the project, the possibility of the use of contents from other subjects of the graduation course, the stimulation of oral and written abilities, the development of critical thought, proactivity and responsibility were the main advantages which are obtained by conducting research projects as a pedagogical alternative of teaching practical classes involving biotechnology, improving the formation of engineers.

Key-words: *Biotechnology, Practical classes, Research projects.*