



OS PROCESSOS DE ENGENHARIA E A QUÍMICA VERDE

Renan Billa - rbilla@mecanica.ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia - UFU

Av. Eng. Diniz, 1178

CEP – 3800-902 Uberlândia – MG.

Kellin Keitel - yoller@uol.com.br

União Educacional de Minas Gerais - UNIMINAS

Praça Dr. Duarte, 99

CEP – 38400-156 Uberlândia – MG.

Helen Frasson Billa - elfras@bol.com.br

Centro Universitário do Triângulo - UNIT

Av. Nicomedes Alves dos Santos, 4545

CEP – 38411-106 Uberlândia – MG.

Resumo: *A química tem hoje grande presença em nossas vidas, pois é responsável por inúmeros produtos para a humanidade, de medicamentos, tintas automotivas e até combustíveis, no entanto estas atividades trazem grandes prejuízos à natureza e ao próprio homem. Nos últimos anos surgiu uma nova filosofia para a química, que vem tomando grande força e é chamada de química verde. O objetivo da química verde é gerar produtos com a minimização da geração de rejeitos, utilizando processos mais seguros e menos poluidores ao meio ambiente. Nesta pesquisa será abordada o redesenho de processos de engenharia com a utilização desta filosofia, através da redução ou eliminação do uso de solventes reagentes ou a geração de produtos ou sub-produtos que são nocivos à saúde humana e ao meio ambiente. Como redesenho de processo podemos citar o caso do refino de petróleo, produtos farmacêuticos entre outros, em que a quantidade de rejeitos gerados, em função dos diferentes setores da indústria está diretamente relacionado à escolha de componentes, solventes e reagentes de diferentes graus de toxicidade. Como resultado esta pesquisa apresenta proposta de solução para a obtenção de processos de concepção de produtos ecologicamente sustentáveis.*

Palavras Chaves: *Tecnologia Limpa, Atuação Responsável, Redução na Fonte, Química Ambientalmente Benigna e Química Verde.*



1. INTRODUÇÃO

Os cursos de engenharia necessitam adaptar-se as demanda do setor produtivo, pois o modelo atualmente utilizado é praticamente o mesmo da década de 60. Portanto, para adequar-se ao cenário atual onde a necessidade por novas habilitações e habilidades devem estar em consonância com as diversidades dos perfis requeridos.

É importante em todos os cursos de engenharia a aquisição de habilidades intelectuais e competências para resolver problemas ambientais, podendo desta forma trabalhar com profissionais interdisciplinares, como por exemplo, biólogos ou químicos.

As atividades que envolvam química estão hoje concentradas para serem desenvolvidas por profissionais oriundos da Engenharia Química ou Civil, mas são de extrema importância para profissionais de Engenharia de Produção ou Mecânica.

A engenharia de processos, além de trabalhar com o desenvolvimento de produto deve levar em consideração a prevenção da poluição da água, do solo e do ar, assim como fazer a gestão de processos de melhoria, para proporcionar um aumento da performance de produtos poluidores.

O impacto da química sobre o meio ambiente é enorme, em função dos rejeitos produzidos por processos industriais. Estes trazem sérios e irreversíveis prejuízos ao homem e o meio ambiente.

A questão ambiental, que abrange os problemas gerados pelo setor produtivo, deve ser apresentada, analisada e que sejam apresentadas propostas de soluções nos cursos de engenharia.

Nesta publicação é apresentada uma proposta de metodologia que integre universidade – empresa – meio ambiente, num conjunto de disciplinas abordando a questão ambiental, como parte da grade curricular dos cursos de engenharia.

A empresa que pretende elevar sua competitividade deve adotar medidas de desenvolvimento tecnológico, incorporando novas características ecológicas a seus produtos, processos e serviços, que pode ser proporcionado pelos egressos das universidades que tenham uma postura ambiental e ecologicamente sustentável.

2. PERFIL PROFISSIONAL PARA TODAS AS ENGENHARIAS

Com vistas a atender ao perfil desejado o currículo deverá permitir que o aluno desenvolva, durante sua formação competências e habilidades indispensáveis ao exercício das suas atividades profissionais. Para tanto este aluno deve receber, além dos assuntos pertinentes as diferentes engenharias, disciplinas complementares de tecnologias limpas, prevenção primária, química ambientalmente benigna, redução na fonte, ou ainda química verde.

O perfil profissional do engenheiro do século XXI deve aperfeiçoar sistemas, produtos e processos, levando em consideração as questões ambientais e as características das comunidades envolvidas. Os egressos dos cursos de engenharia devem prever a evolução dos cenários produtivos percebendo a integração entre as empresas e o meio ambiente, pelo acompanhamento dos avanços tecnológicos, que proporcione um desenvolvimento auto-sustentável.



A química verde tem várias definições, todas visando um só objetivo que é proteção do homem e do meio ambiente.

A primeira definição feita por Paul T. Anastas que foi o criador do termo no ano de 1992, e de seu co-autor John C. Waner “Química Verde consiste na utilização de um conjunto de princípios que reduzem ou eliminam o uso ou a geração de substâncias perigosas durante o planejamento, manufatura e aplicação de produtos químicos” (apud Rodrigues, 2002).

Uma outra definição, essa da EPA (Environmental Protection Agency – Agência de Proteção Ambiental), é mais objetiva “Química Verde é o uso da química para prevenir a poluição. Mais especificamente, é o planejamento de produtos e processos químicos que sejam saudáveis ao ambiente”.

Assim, enquanto Anasta e Waner colocam a nova Ciência como aquela que evita a fabricação de produtos poluentes, a EPA é mais enfática e preconiza a fabricação de produtos benéficos ao ambiente (apud Rodrigues, 2002).

A Química Verde pode ser definida também como a utilização de técnicas químicas e metodológicas que reduzem ou eliminam o uso de solventes e reagentes ou gerações de produtos e sub-produtos tóxicos, que são nocivos à saúde humana e ao ambiente.

Este conceito, não é novidade em aplicações industriais, principalmente em países com controle rigoroso na emissão de poluentes. Ao longo dos anos os princípios da química verde têm sido inseridos no meio acadêmico, em atividades de ensino e pesquisa, e pode também ser atribuída à tecnologia limpa.

Contudo, deve-se levar o universitário a participar do processo desta nova disciplina e conduzi-lo a assumir, compromissadamente, a responsabilidade de adesão aos conceitos de tecnologia limpa para que, estes alunos de engenharia contribuam com as empresas aumentando a eficiência de seus produtos e reduzindo a geração de poluentes para o meio ambiente.

O objetivo principal de uma nova disciplina para os cursos de engenharia é mostrar para a empresa, um profissional qualificado e ecologicamente correto, que demonstre para a empresa seus conhecimentos sobre questões ambientais, diminuindo assim os danos ambientais (rejeitos gerados), e favorecendo a sociedade um ambiente prazeroso.

Como sugestão de disciplinas, pode-se citar Engenharia na Sociedade ou Engenharia Ambiental, que já constam do currículo de algumas Instituições de Ensino Superior. O diferencial será a abordagem pela Química Limpa ou Química Verde.

3. A PROBLEMÁTICA DA INTERAÇÃO EMPRESA – UNIVERSIDADE – MEIO AMBIENTE

Na figura 1: empresa é o produtor de bens ou prestadores de serviços; universidade é compreendida como um percurso de ensino e aprendizagem construído no processo de formação de profissionais; e meio ambiente é a circunvizinhança do empreendimento.

Na interação empresa – universidade (figura 1), a empresa visa o lucro colocando no mercado produtos à sociedade, que não cumprindo com a qualidade pode sofrer perdas de mercado. Esta falta de qualidade cria também perda da confiança do mercado em relação ao seu produto, reclamações do mercado, desperdício de recursos humanos e financeiros além de produzir muitos rejeitos que serão liberados no meio ambiente.

Na interação universidade – empresa (figura 1), numa oportunidade de trabalho o egresso desconhecendo a política ambiental, não saberá o que fazer com os resíduos que são produzidos pela empresa. Na interação universidade – meio ambiente (figura 1), a



universidade também vem utilizando o ambiente como depósito para resíduos gerados, onde dispõe o que considera sem valor. O descarte de produtos após vida útil e outros materiais afetam o equilíbrio do planeta terra, pelo desconhecimento das tecnologias limpas.

Na (figura 1), empresa – meio ambiente, o crescimento da empresa interfere no meio ambiente devido, à exploração e extração de matérias-primas, os processos de produção, o consumo de energia e a geração de lixo. Há também gerações de resíduos industriais, perdas de matérias-primas e insumos, descarte de rejeitos tóxicos e de substâncias altamente prejudiciais à fauna, a flora e a saúde humana, através do ar, do solo, e da água contaminada. Esta contaminação causa grandes impactos ambientais, com perigo sobre o meio ambiente, a integridade física ou saúde da sociedade, ou o patrimônio da empresa.

O meio ambiente retorna à universidade e a empresa a poluição (figura1). Esta pode ser definida como toda ação ou omissão da empresa ou da universidade que, através da descarga de material cause um desequilíbrio nocivo, de curto ou longo prazo, sobre o meio ambiente. Seus efeitos mais sensíveis são a degradação da qualidade ambiental e os prejuízos a saúde, segurança e qualidade de vida.

4. A SOLUÇÃO DA PROBLEMÁTICA DA INTERAÇÃO EMPRESA – UNIVERSIDADE – MEIO AMBIENTE

Para a interação empresa – universidade (figura 2), a empresa tem benefícios se cumprir com a qualidade, pois aumenta a lucratividade e melhora sua participação no mercado. Melhora também, a fabricação de produtos garantidos pelo selo verde, pelas normas ISO 9000 ou ISO 14000 e a contratação de profissionais (egressos) mais qualificados.

Na interação universidade – empresa (figura 2), para a universidade o reconhecimento de seus alunos que aplicam tecnologias limpas terá resultados relevantes. Essa nova atitude é a diminuição nas emissões de certos produtos tóxicos, com isto haverá um desenvolvimento de produtos apropriados, uma redução dos custos, melhor adequação ao uso e aumento da satisfação pelos produtos recebidos. O estabelecimento de uma relação de parceria gera um aumento na confiança dos produtos.

Na interação universidade – meio ambiente (figura 2), para a universidade haverá um conhecimento a mais sobre questões ambientais, na qual irá gerenciar os resíduos e criar uma conscientização crítica para o equilíbrio do meio ambiente. A educação ambiental é o único processo capaz de modificar atitudes, reformulando conceitos e formando uma consciência ecológica. Com a educação ambiental estabelecida em toda sociedade, estas contribuirão para a formação de cidadãos conscientes do seu papel na prevenção do meio ambiente e apto para tornar decisões sobre questões ambientais, que são necessárias para o desenvolvimento de uma sociedade sustentável. O meio ambiente retornará a universidade (figura 2) ambientes mais prazerosos, e o reconhecimento ambiental.

Para a interação empresa – meio ambiente (figura 2), utiliza-se à teoria proposta por Lenardão (2003). Esta teoria é desenvolvida pelos 12 princípios da química verde, a saber:

1 – Prevenção: é mais barato evitar a formação de resíduos tóxicos do que tratá-los depois que eles são produzidos;

2 – Eficiência Atômica: as metodologias sintéticas devem ser desenvolvidas de modo a incorporar o maior número possível de átomos dos reagentes no produto final;

3 – Síntese Segura: deve-se desenvolver metodologias sintéticas que utilizam e geram substâncias com pouca ou nenhuma toxicidade à saúde humana e ao meio ambiente;

4 – Desenvolvimento de Produtos Seguros: deve-se buscar o desenvolvimento de produtos que após realizarem a função desejada, não causem danos ao ambiente;



5 – Uso de Solvente e Auxiliares Seguros: a utilização de substâncias auxiliares como solventes, agentes de purificação e secantes precisa ser evitada ao máximo, quando inevitável sua utilização, estas substâncias devem ser inócuas ou facilmente reutilizadas;

6 – Busca pela Eficiência de Energia: os impactos ambientais e econômicos causados pela geração da energia utilizada em um processo químico precisam ser considerados. É necessário o desenvolvimento de processos que ocorram à temperatura e pressão ambientes;

7 – Uso de Fontes de Matéria-Prima Renováveis: o uso de biomassa como matéria-prima deve ser priorizado no desenvolvimento de novas tecnologias e processos;

8 – Evitar a Formação de Derivados: processos que envolvem intermediários com grupos bloqueadores, proteção/desproteção, ou qualquer modificação temporária da molécula por processos físicos e/ou químicos devem ser evitados;

9 – Catálise: o uso de catalisadores (tão seletivos quanto possível) deve ser escolhido em substituição aos reagentes estequiométricos;

10 – Produtos Degradáveis: os produtos químicos precisam ser projetados para a biocompatibilidade. Após sua utilização não deve permanecer no ambiente, degradando-se em produtos inócuos;

11 – Análise em Tempo Real para Prevenção da Poluição: o monitoramento e controle em tempo real, dentro do processo, deverão ser viabilizados. A possibilidade de formação de substâncias tóxicas deverá ser detectada antes de sua geração;

12 – Química Intrinsecamente Segura para a Prevenção de Acidentes: a escolha das substâncias, bem como sua utilização em um processo químico, devem procurar a minimização do risco de acidentes, como vazamentos, incêndios e explosões.

Já na interação meio ambiente – empresa (figura 2), o ambiente retorna com recursos naturais renováveis e não renováveis. As relações ambientais entre o meio ambiente e as empresas tornam-se estáveis no momento em que os requisitos da natureza física, química, biológica, social, econômica e tecnológica são atendidos através da qualidade ambiental.

Os doze princípios abordados acima solucionam a problemática da integração e estão num Sistema de Gestão Ambiental (SGA).

Ferreira (2003) define o Sistema de Gestão Ambiental como um conjunto de medidas e procedimentos bem definidos e adequadamente aplicados. O SGA visa reduzir e controlar os impactos induzidos pelos empreendimentos sobre o meio ambiente, assegurando a melhoria contínua das condições de segurança, higiene e saúde ocupacional de todos os seus empregados. O relacionamento é sadio com todos os segmentos da sociedade que interagem com esse empreendimento. A preocupação com o meio ambiente não é moda nem oportunismo, é uma questão de sobrevivência para as empresas. Para tanto, é fundamental o comprometimento da alta direção da empresa e de seus acionistas, com o estabelecimento de uma Política Ambiental clara e definida. Esta política irá nortear as atividades de Gestão Ambiental de uma empresa.

A Política Ambiental da empresa deve expressar a formalização de seu compromisso ambiental assumido perante a sociedade, definindo suas intenções e princípios com relação a seu desempenho ambiental. O meio ambiente deve fazer parte do negócio da empresa e ter a mesma importância que os demais objetivos comerciais. A Política Ambiental não deve ser encarada como ônus, mas sim como uma ferramenta importante para o sucesso da empresa que, além de cumprir a lei, deseja firmar sua boa imagem.

Os dirigentes da empresa têm papel fundamental neste processo de conscientização ambiental podendo provocar alterações profundas em suas prioridades estratégicas e mudanças que vão modificar as atitudes e o comportamento de todos funcionários. A empresa

deve estabelecer seu planejamento ambiental, tomando como base os princípios já estruturados pelo Sistema de Gestão Ambiental (SGA).

É também destacado ainda que um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) pode ser um bom diferencial entre as empresas, gerando uma vantagem competitiva no mercado mundial que visa alcançar novos clientes.

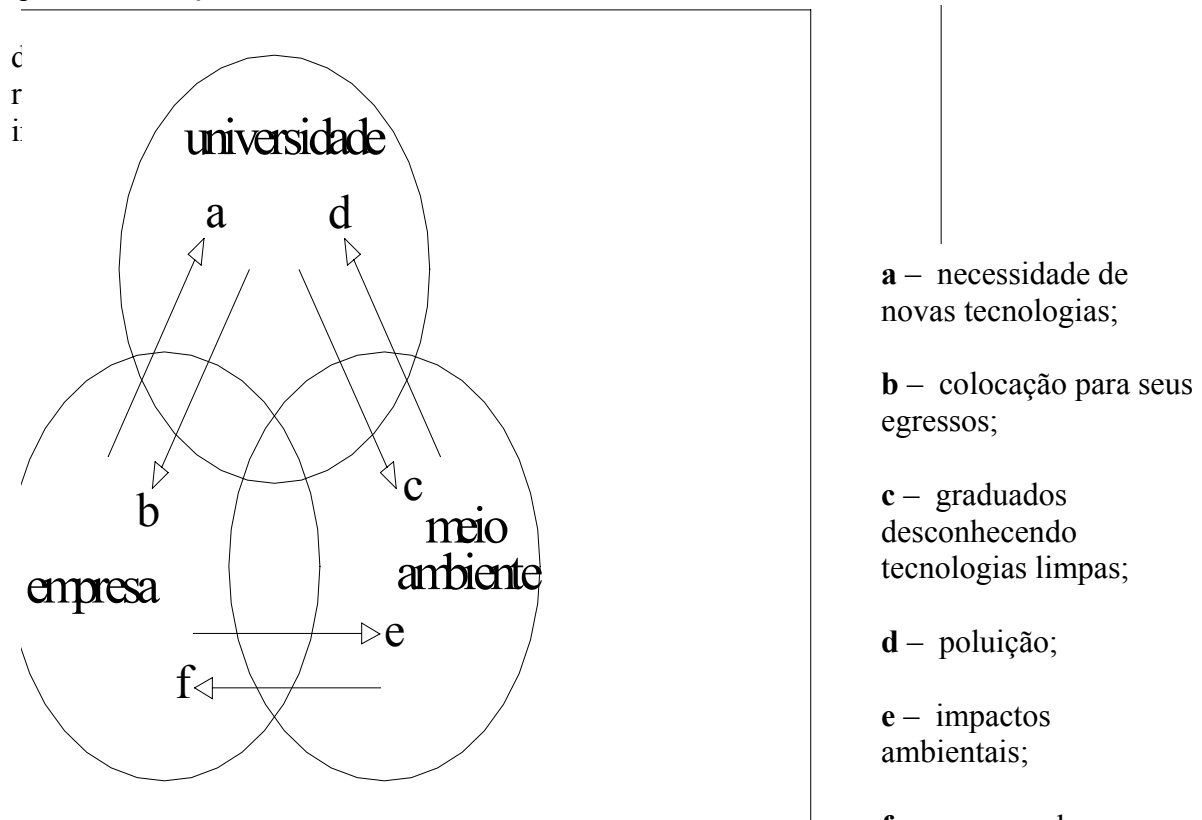
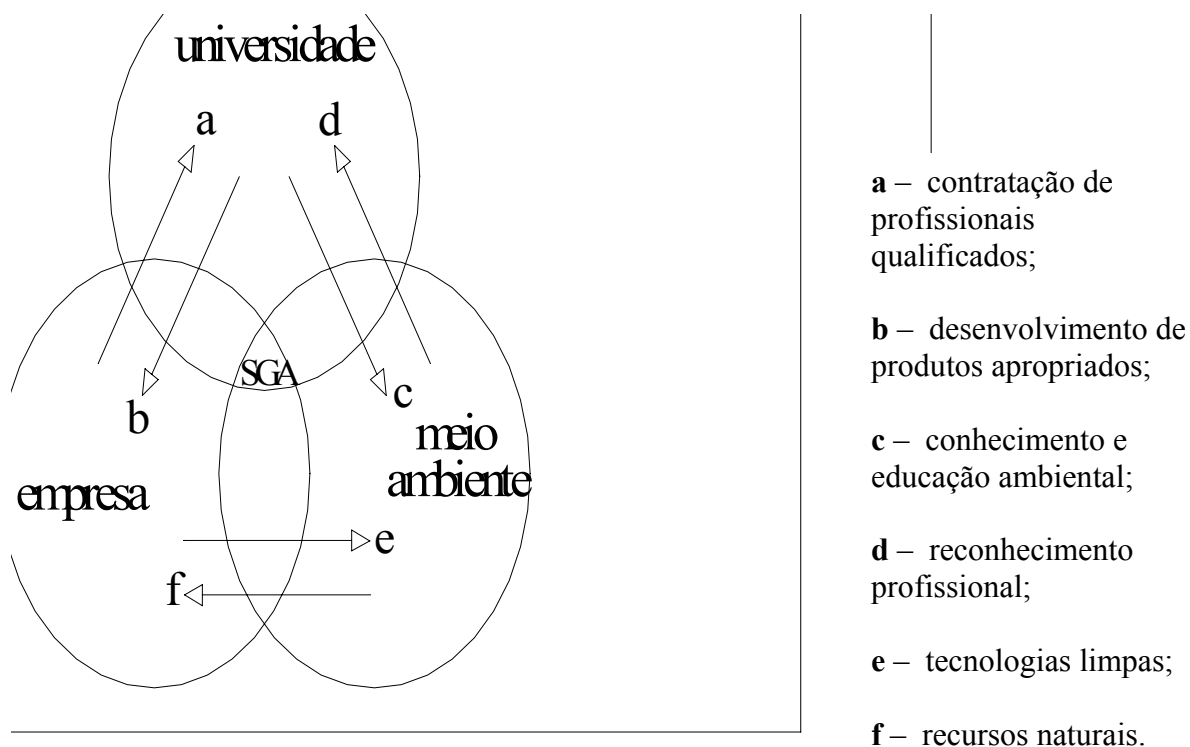


Figura 1 – Problemática da integração.





5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante para os cursos de engenharias uma disciplina complementar que ensine técnicas ambientais, para o aluno reduzir os custos das empresas com matérias-primas e agir no sentido de reduzir a liberação de substâncias poluentes ao meio ambiente. Para essa busca de qualidade é preciso que os objetivos do curso sejam também voltados ao ambiente, ao perfil do profissional que se quer, como uma missão da instituição. Com estas informações pode-se oferecer um curso que atenda as expectativas discentes enfatizando também as exigências teóricas e práticas da formação de um profissional adequado.

Desta forma o curso se tornará atraente, respondendo as questões cruciais de um mercado cada vez mais competitivo, que necessita de um profissional preparado com capacidade de aprendizado constante sem se esquecer da formação integral de um cidadão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTANHEIRA, A. M.P. (2001) – *A avaliação de disciplina como caminho para a melhoria da qualidade do ensino*, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo.

FERREIRA, R.A.R. (2003) – *Gestão de resíduos*, Curso de pós-graduação em Gestão Ambiental, UNIMINAS, Uberlândia.

RODRIGUES, M. *Química Moderna*. Disponível em: [HTTP://www.moderna.com.br/quimicaam/qmoderna/qverde.htm](http://www.moderna.com.br/quimicaam/qmoderna/qverde.htm), acesso em 26/11/2002.

LENARDÃO, E.J. et al (2003) – *Green chemistry – Os 12 princípios da química verde e suas inserções nas atividades de ensino e pesquisa*, Química Nova, vol.26, nº 1, pg. 123-129.

SANSEVERINO, A.M. (2002) – *Química verde nova filosofia*, Ciência Hoje, agosto, Rio de Janeiro.

THE ENGINEERING PROCESSES AND GREEN CHEMISTRY

Abstract: *Chemistry has a great presence in our lives nowadays. It is responsible for innumerable products for mankind, from medicines, automotive paints to fuels. However, these activities cause much damage to nature and men. In the last years a new philosophy for chemistry appeared, called green chemistry, with a great impulse. The objective of green chemistry is to generate products with a minimum generation of waste, by using safer and less polluting processes to the environment. This paper deals with the redesign of engineering processes using this new philosophy, through the reduction or elimination of the use of solvents, reagents or the generation of products or sub-products that are harmful to human health and to environment. As a redesign of a process we can cite, as examples, oil refining and pharmaceutical products, where the amount of waste produced is directly related to the choice of solvents and reagents of different degrees of toxicity used by the different industry sectors. As a result this research presents a proposal for producing ecologically sustainable products.*

Key-words: *Clean technology, Responsible Performance, Reduction in the Source, Ambiently*



Benign Chemistry and Chemical Green.