



## PROVAS DE CONSULTA LIVRE PARA TRATAMENTOS QUÍMICOS DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS NO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**Abraham Zakon** – [zakon@eq.ufrj.br](mailto:zakon@eq.ufrj.br) e [www.ambientesquimicos.eq.ufrj.br](http://www.ambientesquimicos.eq.ufrj.br).

Universidade Federal do Rio de Janeiro,

Escola de Química, Departamento de Processos Inorgânicos.

Centro de Tecnologia, Bloco E, sala E-206

21941-909 – Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ

**Resumo:** Os tratamentos químicos de resíduos industriais (e de possíveis efluentes e emissões gasosas produzidas) envolvem equipamentos de operações unitárias e de conversões químicas inorgânicas, orgânicas e biotecnológicas. A disciplina de 2 créditos (30 horas) é lecionada em 15 aulas. As provas de consulta livre na Biblioteca Paulo Geyer da Escola de Química da UFRJ apresentam aos iniciantes de Engenharia Ambiental os livros da Química Industrial e a Engenharia Química capazes de fundamentar e compor os projetos de rotas sustentáveis. Os alunos utilizam enciclopédias tecnológicas químicas, dicionários e coleções, de Química Aplicada, manuais e “handbooks” de Engenharia, publicações do DNPM e do IBP envolvendo Metalurgia Extrativa, Cerâmica, Materiais de Construção, Papel, Borracha, Polímeros, Agroindustriais e Utilidades (que incluem Tratamentos para Águas e Gases Industriais). Foi criado um domínio educativo na Rede de Informática da UFRJ para disponibilizar reproduções de apostilas, artigos e livros sobre conhecimentos fundamentais de Engenharia Química, Desenvolvimento da Engenharia de Processos Inorgânicos e Despoluidores, e Mineralogia Industrial e Energética. A destinação sustentável dos descartes industriais envolve o desafio de propor rotas tecnológicas em escala de bancada ou industrial a partir de estudos laboratoriais divulgados por pesquisadores brasileiros. São aplicadas duas provas baseadas (1º) no Manual de Engenharia Química 5ª edição de Perry e Chilton e (2º) nos artigos técnicos divulgados pelo grupo Infomet, sendo atribuído a cada aluno um problema específico. As provas surpreendem, mas são assimiladas com a orientação do professor, bibliotecários ou colegas.

**Palavras-chave:** Provas de consulta livre, Tratamentos químicos de resíduos, Engenharia ambiental, Uso de bibliotecas

### 1. REEDUCANDO PARA O CONHECIMENTO DE ENGENHOS

A disciplina EQI-075 *Tratamentos Químicos de Resíduos Industriais* da Escola de Química é obrigatória na graduação de Engenharia Ambiental e eletiva para outros cursos, sendo frequente a inscrição de alunos de Química Industrial e Engenharia Química.

Realização:



Organização:





É perceptível que aumentou o número de disciplinas para o ensino dos conhecimentos científicos de caráter matemático, estatístico e de modelagem e simulação computacional em vários cursos de Engenharia, o que resultou no desconhecimento generalizado dos equipamentos ou engenhos que deram origem às carreiras clássicas nesta área crescente.

É surpreendente e preocupante que alunos de último ano, ou últimos períodos semestrais, desconheçam os conceitos básicos que envolvem diversos tratamentos físicos, físico-químicos e químicos de resíduos sólidos industriais, envolvendo, inclusive, materiais de construção de uso cotidiano aplicados em edificações e equipamentos que constituem parte das paisagens urbanas e de áreas industriais próximas. Essa desinformação generalizada revelou-se em cursos de Química Industrial, Engenharia Química e Engenharia Ambiental. Nesses dois cursos de graduação um item aparentemente óbvio era desconhecido: o significado de “concreto armado”, embora sejam frequentes as obras de construção civil e o uso de caminhões betoneiras seja uma presença constante nas grandes cidades.

A opção por aulas envolvendo as concepções de materiais, equipamentos e suas condições operacionais típicas e o processamento de matérias-primas naturais, sintéticas e reciclagem de rejeitos ou descartes possibilitou reeducar alunos em direção aos conceitos resultantes ou ligados às questões práticas da Engenharia e suas consequências.

O contexto da disciplina deixou de ser teórico (por evitar o uso de abstrações e modelagens matemáticas sofisticadas) e vinculou-se à prática industrial ou urbana, tendo sido enfatizado com visitas técnico-didáticas dos alunos às instalações do Centro Tecnológico da Usinaverde, projetada em escala semi-industrial e localizada na Ilha da Cidade Universitária no Rio de Janeiro.

## **2. AS DUAS PROVAS DE CONSULTA LIVRE**

### **2.1 – A primeira prova induz os alunos a conhecer o Manual de Engenharia Química 5ª**

Tendo em vista as limitações de 2 (dois) créditos e do número 15 (quinze) de aulas para lecionar e avaliar o aproveitamento dos alunos, adotou-se um modelo simplificado da primeira prova desenvolvida para alunos da graduação de Engenharia Química, descartando-se a necessidade de abordar equipamentos em escala laboratorial para os casos de operações unitárias e conversões químicas. As provas de consulta livre mencionadas resultaram da redução do número das questões apresentadas por Zakon e Milfont no COBENGE2000 tendo em vista os desempenhos dos alunos de pós-graduação e, em especial, de graduação.

O modelo genérico da primeira prova é apresentado adiante, e houve a necessidade de especificar no título que as consultas deveriam utilizar o acervo da Biblioteca da Escola de Química, pois há alunos que obtêm cópias digitalizadas em inglês das edições mais recentes do Manual de Engenharia Química e não conseguem resolver as questões noutros locais.

As provas são aplicadas coletivamente nas mesas da Biblioteca Paulo Geyer da Escola de Química, ocupando-se com a média de 4 alunos. Os alunos tem ampla liberdade de trocar informações entre si e com o docente, o que lhes oferece a oportunidade de perceber, inclusive, o que desconhecem em termos dos conhecimentos básicos envolvendo a profissão.

Antes do início da resolução das provas, há uma breve explicação pelo docente responsável sobre a organização do acervo, das características editoriais das edições das enciclopédias tecnológicas químicas, coleções, dicionários de línguas e enciclopédicos, manuais, *handbooks*, livros editados em inglês, espanhol e português.

Constata-se que vários alunos desconhecem os índices remissivos e confiam de modo ilimitado no uso de computadores e da Internet, que é ilusório.



**EQI-075 – TRATAMENTOS QUÍMICOS DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS**

**Prof. Abraham Zakon**

**Departamento de Processos Inorgânicos - Escola de Química da UFRJ**

**PRIMEIRA PROVA COM CONSULTA LIVRE DAS  
ESPECIFICAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS DE ENGENHARIA QUÍMICA E DESPOLUIÇÃO  
NA BIBLIOTECA DA EQ-UFRJ E OUTRAS**

**Data de recebimento do texto: 30 de maio de 2012. Entrega em 13 de junho de 2012**

**NOME DO ALUNO(A)**

**ASSINATURA** \_\_\_\_\_

**OBSERVAÇÕES INICIAIS:**

1ª - Apresente respostas manuscritas sucintas para as questões seguintes, em folha de papel A-4 branco ou similar, numerando-as, datando-as e rubricando as páginas.

2ª - Indique em cada questão as referências bibliográficas resumidas: autor, página, ano.

3ª - Cada questão vale 1 (um) ponto.

**A - QUESTÕES PARA UMA OPERAÇÃO UNITÁRIA APLICADA EM ESCALA INDUSTRIAL**

1ª - Para que serve e como atua um (a) ?

2ª - Faça um desenho esquemático indicando os materiais de construção e condições operacionais típicas.

3ª - Apresente, inicialmente, a equação escalar de balanço material da sua operação e, também, as características tecnológicas essenciais das substâncias processadas no equipamento.

4ª - Descreva um procedimento de limpeza para o equipamento acima.

**B – QUESTÕES PARA UM REATOR QUÍMICO EM ESCALA INDUSTRIAL**

5ª - Para que serve e como atua um (a) ...?

Esquematize-o e indique suas condições operacionais típicas.

6ª - Quais são as possíveis matérias-primas e insumos imprescindíveis à sua operação industrial?

7ª - Qual é a equação escalar de balanço material representativa da sua operação, considerando a conversão química característica ou predominante do processo ?

8ª - Quais seriam os tipos de materiais de construção dos componentes imprescindíveis ao equipamento e como seriam processadas as matérias-primas ou substâncias ou corpo-de-prova em seu interior ?

9ª - Quais os principais parâmetros operacionais e de projeto do reator abordado?

10ª - Apresente todas as referências completas (autores, títulos, volume, página, editoras, cidade, ano) usadas.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS INICIAIS DISPONÍVEIS NA BIBLIOTECA DA EQ E DO CT-UFRJ:**

PERRY, R.H. e CHILTON, C.H. - **Manual de Engenharia Química**, 5ª, Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1980.

SHREVE, R.N. e BRINK, Jr., J.A. - **Indústrias de Processos Químicos**; Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1980.

TELLES, - P. C. S. - **Materiais para Equipamentos de Processo** - 6ª Edição, 2003, Editora Interciência.

MACINTYRE, A.J. - **Equipamentos Industriais e de Processo** – LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, RJ, 2008.

ELVERS, B. (Editor-in-Chief) - **Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry**, 7th ed., Wiley-VCH, Weinheim, 2010.

KIRK, R.E. e OTHMER, D.F. (editors) - **Encyclopedia of Chemical Technology** – três edições impressas.

**LEMBRETES:**

1º - *“Quem ouve, esquece. Quem vê, lembra alguma coisa. Quem faz, aprende” (Platão)*

2º - *Aprenda a usar os livros e demais publicações das bibliotecas da EQ-CT-UFRJ e outras.*

3º - *Os livros, “handbooks”, enciclopédias, revistas e dicionários do Século XX são muito úteis.*

4º - *Use a Internet em último caso, indicando o “site”, a data e hora de extração dos dados.*

5º - *Se tiver dúvidas sobre como consultar ou pesquisar, então, pergunte ou peça ajuda.*

6º - *Use dicionários para redigir ou traduzir textos, pois seu aprendizado depende deles.*



## 2.2 – A segunda prova converte pesquisas laboratoriais em processos de tratamentos

Um dos possíveis desafios profissionais que os alunos de Engenharia Ambiental terão de enfrentar residirá no tratamento químico de resíduos industriais possivelmente inexistentes na literatura consagrada de processos conhecidos. Essa perspectiva inspirou a confecção de um novo modelo de prova capaz de integrar os recursos da Engenharia Química com a elaboração de processos químicos inovadores para tratar ou reciclar e destinar resíduos sólidos industriais e os possíveis efluentes líquidos e emissões gasosas associadas, e passíveis de serem patenteados em casos concretos.

A conversão ou ampliação de tamanho dos recursos típicos da escala de bancada para a escala piloto ou para a escala industrial foi viabilizada pelo fornecimento da tabela impressa seguinte, elaborada por Zakon (1992), e que foi anexada à segunda prova cujo texto é apresentado em seguida.

A principal dificuldade a ser enfrentada consistiu na localização de um número significativo de artigos de pesquisa em escala de bancada envolvendo soluções para o tratamento e destinação de resíduos industriais de diversas origens. Porém, essa dificuldade foi rapidamente solucionada diante da existência do endereço [www.infomet.com.br](http://www.infomet.com.br), dedicado a “reunir dados e informações relevantes dos segmentos de siderurgia, mineração e metalurgia, transformá-los em conhecimento, contextualizá-los e disponibilizá-los no formato apropriado para a prática de Inteligência Competitiva”.

Foram obtidos e impressos artigos técnicos envolvendo experimentos de tratamento de resíduos industriais e cada aluno recebeu um dos artigos, diferente dos demais colegas, ou, no caso de diferentes destinações para um mesmo descarte, como pneus de automotores, um dos casos a tratar e destinar.

## 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há necessidade de apresentar as provas na primeira aula para dirimir dúvidas e receios diante dos objetivos da disciplina e dos meios de aprendizado e avaliações associadas.

Vários alunos tem dificuldade em ler com calma e atenção os textos das provas para responder a todos os itens, cuja pontuação é informada em cada questão.

Os alunos que revelam baixo desempenho recebem a missão de refazer a segunda prova, ou ambas as provas, sendo orientados pelo docente. Nos casos de alunos que faltam aulas e apresentam desempenho deplorável, o destino é a reprovação.

## 4. REFERÊNCIAS / CITAÇÕES

ZAKON, A. Quem pode desenvolver uma Tecnologia Química? **Informateq**, Escola Técnica Federal de Química - RJ, X (27):3 novembro/dezembro (1992)

ZAKON, A.; MILFONT, Jr; W.N. O Ensino de Anteprojetos de Tecnologias Inorgânicas na Graduação e Pós-Graduação de Engenharia Química Parte I – Processo em Escala Industrial e Parte II – Processo em Escala Laboratorial XXVIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, COBENGE 2000, Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, MG, 29 de out. a 01 novembro de 2000.

INFOMET Informações britadas, fundidas e laminadas - [www.infomet.com.br](http://www.infomet.com.br) em 02/12/2011



**EXEMPLOS DE CORRESPONDÊNCIA ENTRE APARATOS LABORATORIAIS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS**  
 Prof. Abraham Zakon – DPI-EQ-UFRJ

<i>ATIVIDADE</i>	<b>BANCADA QUÍMICA</b>	<b>PILOTO/INDUSTRIAL</b>
<b>ESTOCAGEM DE GASES, LÍQUIDOS E SÓLIDOS.</b>	Bujões e cilindros metálicos, garrafas e frascos, reservatórios, sacos, bandejas e caixotes.	Bujões, cilindros, sacos, tambores, cisternas, tanques, reservatórios, caixas d'água, represas, açudes, esferas de gás liquefeito, caminhões e vagões ferroviários, pátios e depósitos cobertos.
<b>TRANSPORTE DE SÓLIDOS</b>	Frascos, sacos, caixotes, bandejas, papel de pesagem, vidro de relógio, pratos, espátulas, colheres e funis.	Caminhões e vagões ferroviários, tratores, navios graneleiros, correias transportadoras, elevadores de caçamba, Transportadores parafuso, vibratórios, osciladores e pneumáticos.
<b>TRANSPORTE E BOMBEAMENTO DE GASES E LÍQUIDOS</b>	Frascos, sacos plásticos, pipetas, conta-gotas, peras de borracha, sucção e sopro humanos, trompa de vácuo, Funis, tubos e mangueiras de vidro, borracha e plástico.	Caminhões e vagões ferroviários, compressores, ventiladores, sopradores, bombas, ejetores, sistemas de vácuo, tubulações de plástico, metais e cerâmicas, mangueiras de borracha e polímeros, canais, adutoras
<b>REDUÇÃO DE TAMANHO DE SÓLIDOS</b>	Marreta (no chão) e martelo, britadores de mandíbula, giratórios, cônicos, rolos, moinhos de facas e martelos, pulverizadores a disco, graal e pistilo.	Britadores, moinhos e pulverizadores
<b>FILTRAÇÃO</b>	Em papel, areia, algodão. por gravidade ou a vácuo.	Tortas e meios filtrantes por gravidade, pressão e vácuo.
<b>QUEIMAS</b>	Bicos e queimadores de gás, fornos elétricos e de gás.	Fornos metalúrgicos, cerâmicos, de vidro, cimento Portland, gesso, cal. Incineradores, retortas e gasificadores.
<b>UTILIDADES</b>	Tomadas elétricas (110 e 220 V), pilhas e baterias elétricas fontes e conversores, estabilizadores e "no-breaks", água potável, filtrada, destilada e deionizada chapas de aquecimento, estufas banho-maria, mantas elétricas ar comprimido direto e vácuo gelo e refrigeradores	Subestações transformadoras de eletricidade, retificadores de corrente alternada, unidades geradoras de energia elétrica, estabilizadores e "no-breaks", sistema de tratamento de água, caldeiras a vapor d'água ou fluido térmico, carvão, óleo combustível, ar comprimido e vácuo via tubos, sistemas de refrigeração, gases industriais para inertização e queimas.
<b>CONTROLE DO PROCESSO</b>	Amostragem, medição e registro manual ou semi-automático em cadernos, folhas soltas, discos e "pen-drives", das composições químicas, propriedades determinadas, operações e imprevistos	Detecção, medição e registro contínuo via sistema de controle automático com uso de instrumentos e computadores.  Amostragem pelos inspetores* de qualidade e análises químicas laboratoriais (* amostradores e inspetores são opcionais).



**EQI-075 – TRATAMENTOS QUÍMICOS DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS**

**Prof. Abraham Zakon**

**Departamento de Processos Inorgânicos - Escola de Química da UFRJ**

**SEGUNDA PROVA COM CONSULTA LIVRE DAS**

**ETAPAS DE PROCESSO QUÍMICO INDUSTRIAL E ESPECIFICAÇÕES DE ENGENHARIA QUÍMICA  
NA BIBLIOTECA DA EQ-UFRJ E OUTRAS**

**Data de recebimento: /junho/2012. Entrega da resposta até /julho/2012**

**NOME DO ALUNO(A)**

**ASSINATURA**

**DRE**

**OBSERVAÇÕES INICIAIS:**

1ª - Apresente respostas manuscritas sucintas para as questões seguintes, em folha de papel A-4 branco ou similar, numerando-as, datando-as e rubricando as páginas.

2ª - Cada questão 3.1, 3.2 e mais 4.1 até 4.8 vale até 1 (um) ponto, se incluídas suas referências.

3ª - Indique as referências bibliográficas resumidas para cada item merecedor de especificação técnica: (a) autor, página, ano; ou (b) endereço na Internet; ou (c) ambos, se for o caso. Evite perder pontos.

Memo GC – 01/2011

Ao Eng.

1º - Cumpra-nos desenvolver um anteprojeto básico para tratar e destinar sustentavelmente o(s) descarte(s) industrial(is) denominado(s):

2º - Foram realizados estudos laboratoriais precursores em escala de bancada para coletar dados operacionais preliminares da viabilidade técnica do processo químico, cujas etapas encontram-se (explícitas ou implícitas) no texto da referência bibliográfica em anexo.

3º - A partir do documento disponível, solicitamos o desenvolvimento de uma rota tecnológica compatível com a escala piloto ou industrial, sob a forma de um diagrama de blocos, indicando:

3.1 - as etapas de operações unitárias e conversões químicas cabíveis no diagrama de blocos;  
3.2 - os nomes dos tipos de equipamentos adequados e suas condições operacionais pertinentes;

4º - Indicar, também, no diagrama de blocos, os dados resumidos extraídos da referência bibliográfica que lhe foi entregue em anexo, e complementado com os de outras publicações da Bibliotecas ou Internet:

- 4.1 - as matéria(s)-prima(s) e suas especificações mínimas;
- 4.2 - critérios de manipulação operacional e estocagem segura das matérias-primas;
- 4.3 - os produtos e novos rejeitos ou descartes possíveis em cada etapa (se houver sua formação);
- 4.4 - as utilidades necessárias para os respectivos equipamentos do fluxograma de processo proposto:  
energia elétrica, vapor d'água, combustível, água, ar comprimido, gases industriais, etc.
- 4.5 - critérios de manipulação operacional e estocagem segura dos produtos e novos descartes;
- 4.6 - tipo de local de instalação conveniente e seguro para o processo, rejeito e produto(s);
- 4.7 - pontos de controle físico e químico ao longo do fluxograma de processo resultante em 3.1 e 3.2;
- 4.8 - referências bibliográficas completas consultadas.

Ass.: Gerência de Projetos.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DISPONÍVEIS NA BIBLIOTECA DA EQ E DO CT-UFRJ:**

PERRY, R.H. e CHILTON, C.H. - **Manual de Engenharia Química**, 5ª, Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1980.  
MACINTYRE, A.J. - **Equipamentos Industriais e de Processo** – LTC – Livros Técnicos Editora, RJ, 2008.  
TELLES, P.C.S. - **Materiais para Equipamentos e Processo**, 3ª Edição – Editoria Interciência, Rio de Janeiro, 1986.  
SHREVE, R.N. e BRINK, Jr., J.A. - **Indústrias de Processos Químicos**; Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1980.  
KIRK, R.E. e OTHMER, D.F. (editors) - **Encyclopedia of Chemical Technology** – três edições impressas.  
Outras encyclopedias, "dictionaries" similares e "handbooks".  
Merck Index e SAX, N.I. - **Handbook of Dangerous Materials** - Reinhold Publishing Corporation, New York, 1951.  
Projeto **Perfis Analíticos (de Minerais)** da Divisão de Economia, Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM, Ministério das Minas e Energia – MME  
Publicações do CETEM/CNPq disponíveis em bibliotecas e em [www.cetem.gov.br](http://www.cetem.gov.br)  
Catálogos de fabricantes estrangeiros e brasileiros de material, aparelhos e equipamentos de laboratório existentes na Internet ou no acervo da Biblioteca Paulo Geyer da EQ-UFRJ.



## **FREE SEARCH PROOFS ABOUT CHEMICAL TREATMENTS OF INDUSTRIAL WASTES TO UNDERGRADUATE ENVIRONMENTAL ENGINEERING STUDENTS**

**Abstract:** The chemical treatment of industrial wastes (and occasional liquid effluents and gaseous emissions) includes unit operation and chemical reaction equipments related to inorganic, organic e biotechnological industries. The 2 credits subject (30 h) is taught in 15 classes. The free search proofs in the Paulo Geyer Library of the School of Chemistry of Federal University of Rio de Janeiro allow to the undergraduate Environmental Engineering students to know the books, chemical technology encyclopedias, handbooks and other publications about Extractive Metallurgy, Ceramics, Materials of Construction, Papers, Rubbers, Polymers, Fertilizers, and Utilities (that includes Water and Industrial Gases Treatment). An web site was developed to allow the free download of many texts about Chemical Engineering, Inorganic and Depollution Process Engineering, and also Industrial and Fuels Mineralogy. The sustainable destination of industrial wastes faces the challenge of a of technological route design as a pilot plant or industrial units from research papers published by brazilian authors. The proofs are individual and based (First) in Perry and Chilton Handbook of Chemical Engineering, 5th (portuguese edition) and (Second) on the papers published in [www.infomet.com.br](http://www.infomet.com.br) site. The technical language of industrial chemical process design and the needing of equipment specifications surprise the students but they overcome the initial difficulties with teacher, librarian and classmate support.

**Key-words:** *Free search proofs, Chemical treatments of wastes, Environmental Engineering, Libraries uses.*