



METODOLOGIA DE ENGENHARIA PARA LECIONAR MINERALOGIA INDUSTRIAL, ENERGÉTICA E AMBIENTAL

Abraham Zakon – zakon@eq.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Centro de Tecnologia, Escola de Química,
Departamento de Processos Inorgânicos
Av. Athos da Silveira Ramos, 149- Bloco E, 2º Andar – E-206
Cidade Universitária - Ilha do Fundão
21941-909 – Rio de Janeiro – RJ

Resumo: *Mineralogia Industrial, Energética e Ambiental é a disciplina tecnológica resultante da conjunção da Mineralogia, Química e Engenharia que fundamenta a concepção de tecnologias minerais sustentáveis. A disciplina incorpora as linhas de raciocínio da Metalurgia Extrativa, Cerâmica, Fabricação de Vidros, Aglomerantes Minerais, Agregados, Fileres, e produção dos Combustíveis Fósseis e Nucleares, e a mitigação de problemas ambientais resultantes da mineração, visando converter descartes em subprodutos e minimizar danos ao ambiente. Os minerais explícitos (inorgânicos) e os implícitos (orgânicos e sintéticos) são extraídos, beneficiados e inúmeros concentrados sofrem conversões químicas e acabamento final. A metodologia inclui um exercício de tradução de fluxograma de beneficiamento de minérios e outro aborda equipamentos de operações unitárias e reatores químicos citados no “Manual de Engenharia Química, Perry 5ª”. Duas provas sequenciais adotam o mesmo tema extraído das publicações do CETEM – Centro de Tecnologia Mineral. A primeira prova enfoca a memória de anteprojeto básico das etapas de lavra, beneficiamento do minério extraído e industrialização do concentrado e a segunda envolve a caracterização tecnológica das substâncias. Para especificar substâncias e selecionar equipamentos, os alunos utilizam livros, “handbooks”, enciclopédias tecnológicas químicas e outras referências antigas e recentes, e recebem acompanhamento direto do docente na biblioteca e por correio eletrônico. A disciplina é estratégica e válida para cursos de Química e Engenharias Ambiental, de Minas, Civil, Agronomia, de Petróleo e Geologia.*

Palavras-chave: *Mineralogia Industrial, Tecnologia Mineral, Caracterização tecnológica de minerais, Metodologia de Ensino.*

1. A MUDANÇA DO FOCO DE ENSINO NA GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA

O ensino das Engenharias Químicas concentrou-se progressivamente (desde o início dos anos 90) nas disciplinas de fundamentação científica, destacando a Matemática,



Computação, Modelagem e Simulação Computacional, tanto no “ciclo básico” como no “profissional”. Vários fatores catalisaram essa conversão de mentalidade:

- 1º - o desenvolvimento dos microcomputadores;
- 2º - a aposentadoria dos antigos catedráticos e docentes de tempo parcial (alguns dos quais atuavam em escritórios de Engenharia);
- 3º - a criação de cursos de mestrado e doutorado;
- 4º - a valorização curricular da iniciação científica;
- 5º - a nova carreira docente integral (40 h DE), que agregou uma maioria de doutores em ciência e sem vivência industrial ou externa, que lecionam o que recém aprenderam;
- 6º - a obrigatoriedade de estágios (originalmente externos) para os graduandos;
- 7º - a criação da disciplina Projeto Final de Curso (desvirtuada pela aceitação de monografias ou trabalhos de iniciação científica);
- 8º - a exclusão de várias disciplinas experimentais de Química e Física no ciclo básico;
- 9º - professores substitutos que podem mudar de departamento em novos concursos;
- 10º - a criação de cursos noturnos com novos docentes, que pouco convivem com os antigos do período diurno, e assumem turmas teóricas e experimentais sozinhos.

Os currículos de graduação passaram de 30 disciplinas no sistema seriado anual para 60 no regime de créditos e requisitos e há semestres em que os alunos cursam 08 (oito) por período, além de estagiar dentro ou fora do campus. O aprendizado científico foi pulverizado e a liberdade de cada docente lecionar do jeito pessoal desconectou o aprendizado entre as disciplinas (os professores não mais dialogam e muito menos se conhecem, principalmente se forem de departamentos diferentes).

O foco científico é o fenômeno físico, químico ou bioquímico, e a Engenharia enfoca o engenho ou equipamento. Hoje, um equipamento é abordado como componente de um diagrama de blocos que serve de inspiração para o desenvolvimento de modelos matemáticos, desde o primeiro período semestral. As disciplinas operações unitárias abordam balanços materiais e de energia, porém, quase não se ouve mais falar de “especificações para projetos básicos e de detalhamento” e do uso do emblemático “handbook do Perry”, porque os docentes adotam livros didáticos específicos com enfoque científico.

Um equipamento é mais do que um ambiente onde ocorre uma transformação física ou química perfeita ou eficiente, porque depende de materiais de construção adequados, pois pode liberar ou acumular produtos e subprodutos impuros.

2. A MINERALOGIA INDUSTRIAL ADOTA O FOCO “ENGENHARIA”

Ao invés de oferecer um enfoque meramente científico e descritivo da clássica disciplina “Mineralogia” para os alunos de graduação em Química Industrial (precursor da Engenharia Química), reativado em 1996, adotou-se o enfoque “Industrial” e o nome “Mineralogia Industrial”, para incluir as tecnologias minerais das áreas de Metalurgia Extrativa, Cerâmica, Vidros, Aglomerantes Minerais, Agregados, Fíleres e outros segmentos.

Para abordar os combustíveis fósseis sólidos (carvão mineral e xisto) extraídos do solo, agregou-se, posteriormente, o termo “Energética” ao título, inspirado na abordagem da extração e consumo de turfa, betumes, petróleo e gás natural.

Diante do aproveitamento das cavas das minas gaúchas de carvão para servir de aterros sanitários, da mitigação de problemas de lixívias ácidas de rejeitos carboníferos com lamas vermelhas da mineração de bauxito e produção de alumina, e da extração da fração



areia desses resíduos lamacentos, e da área de Geologia Médica (ou ambiental) implementada pela CPRM no Brasil, decidiu-se adotar para a disciplina o nome “Mineralogia Industrial, Energética e Ambiental”.

A nova disciplina congrega os conhecimentos das Químicas, Geociências e Engenharias através da visão tecnológica dos processos extrativos, dos beneficiamentos dos minérios e da industrialização dos concentrados minerais, a partir de dados científicos essenciais e das possibilidades de converter descartes em subprodutos e minimizar ou eliminar as agressões ao ambiente. Adota memórias de anteprojeto ao invés de algoritmos.

3. A METODOLOGIA DIDÁTICA ENVOLVENDO OS EQUIPAMENTOS

Adotou-se um sistema de aulas com exposição de material didático, através de projetor multimídia (direcionado para uma parede, ao invés de uma tela) acoplado a um “notebook”, abordando conceitos, figuras e fotografias descritivas e fluxogramas de processo industrial. As aulas incluem a abordagem das operações unitárias e dos ambientes de conversão química em reatores, fornos, retortas, pilhas de lixiviação de minérios a céu aberto, células eletroquímicas industriais, cujos desafios das engenharias de projeto básico, de detalhamento e de processo (operacional) são diferentes. Destacam-se as propriedades de densidade, dureza e dureza dos minerais que servem para inspirar a criação e fabricação de materiais de construção, sem perder de vista a durabilidade química destes.

Inicialmente, aplica-se um exercício individual de tradução de fluxogramas de tecnologias minerais em inglês na Biblioteca, com a participação interativa do docente, obrigando-os a enfrentar as dificuldades de entender os equipamentos citados e a encontrar expressões adequadas em português. A aula seguinte destina-se a todos apresentarem seus resultados para a turma, revelando diferentes interpretações, em nível de dinâmica de grupo, desinibindo os tímidos.

Para lecionar a noção essencial e obrigatória de “equipamentos e instalações industriais de processo”, adotou-se um exercício de consulta livre (Figura 1) para uso e conhecimento do conteúdo do Manual de Engenharia Química – 5ª Edição. Cada aluno aborda individualmente uma operação unitária típica das tecnologias minerais e um reator químico (incluindo-se os cristalizadores e flotadores nessa concepção). A liberdade de conversar e trocar ideias com seus colegas, sem impedimentos e reprimendas, além de poder ampliar seu conhecimento através das enciclopédias tecnológicas químicas e outros “handbooks” e livros, incentiva o aprendizado. Eles têm prazo de quinze dias para entregar as folhas de respostas, para receber meio ponto adicional na primeira prova.

As provas de consulta livre sobre processos de extração, beneficiamento e conversão fabril no estilo “aprenda fazendo” envolvem os alunos com diagramas de blocos representativos de processos industriais, inspirados na coleção de livros e estudos editada pelo CETEM – Centro de Tecnologia Mineral e publicações do Departamento Nacional da Produção Mineral, além de livros sobre Minerais Industriais e Argilas de autores brasileiros e complementados pelas publicações já conhecidas do primeiro exercício.

EQI-071 – MINERALOGIA INDUSTRIAL, ENERGÉTICA E AMBIENTAL – Turma Diurna
 Prof. Abraham Zakon
 Departamento de Processos Inorgânicos - Escola de Química da UFRJ

**SEGUNDO EXERCÍCIO COM CONSULTA LIVRE DAS
 ESPECIFICAÇÕES DOS EQUIPAMENTOS DE ENGENHARIA QUÍMICA E DESPOLUIÇÃO
 INICIALMENTE NA BIBLIOTECA DA EQ-UFRJ**
 Data de recebimento do texto: 21/maio/2014. Entrega em 04/junho/2014

NOME DO ALUNO(A)
ASSINATURA _____

INSTRUÇÕES INICIAIS:

- 1ª - **Apresente respostas manuscritas suscintas** 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 DE UM PROCESSO DESPOLUIDOR EM ESCALA INDUSTRIAL

- 1ª - (a) Para que serve, e (b) como atua um (a) ?
 2ª - Faça um desenho esquemático simples do equipamento indicando (a) os materiais de construção, e (b) as condições operacionais típicas.
 3ª - Apresente: (a) a equação escalar de balanço material da sua operação e, (b) características tecnológicas essenciais das substâncias processadas no equipamento.
 4ª - Descreva um procedimento de limpeza para o equipamento acima.

B - QUESTÕES PARA UM REATOR QUÍMICO DESPOLUIDOR EM ESCALA INDUSTRIAL

- 5ª - (a) Para que serve, e, (b) como atua um(a) ...?
 (b) Esquematize-o, e, (d) indique suas condições operacionais típicas.
 6ª - Quais são (a) as possíveis matérias-primas (resíduos), e, (b) os 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 - (a) Quais são os tipos de materiais de construção dos componentes imprescindíveis ao equipamento e (b) como seriam processadas as matérias-primas ou substâncias ou artefatos em seu interior ?
 9ª - Quais são (a) os principais parâmetros operacionais, e (b) os parâmetros de projeto do reator?
 10ª - Apresente todas as referências completas (autores, títulos, volume, página, editoras, cidade, ano).

AS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE SUBSTÂNCIAS, OBJETOS E MINÉRIOS SÃO:

- 1º - propriedades físicas e do estado físico de substâncias,
 2º - análises das composições químicas e mineralógicas*,
 3º - ensaios de desempenho,
 4º - instruções de manuseio e estocagem.

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 (vários autores).
 KIRK, R.E. e OTHMER, D.F. (editors) - **Encyclopedia of Chemical Technology** - três edições impressas (vários autores dos títulos dos assuntos de interesse).
 SAX, N.I - **Handbook of Dangerous Materials** - Reinhold Publishing Corporation, New York, 1951.
Merck Index

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.

Figura 1 – Exercício de consulta livre para descrever equipamentos de indústrias químicas

4. QUESITOS PARA ELABORAR FLUXOGRAMAS DE PROCESSO FABRIL

A primeira dificuldade ao manusear o “Perry 5^a” ocorre na tentativa de localizar os equipamentos indicados, porque poucos sabem o que era um índice remissivo ou alfabético. Outra dificuldade dos alunos ocorre quanto à compreensão do significado e amplitude do termo “especificações”, que se revelou quando deveriam abordar os reagentes, matérias-primas, materiais de construção, e resíduos sólidos poluentes. Os alunos recebem o material contendo as Figuras 2, 3 e 4. A representação gráfica da Figura 2 continha uma seta de entrada e duas na saída, e foi reformulada para que entendessem com maior clareza os tipos de substâncias que podem entrar e sair de um equipamento.



Figura 2 – Folha de orientação para indicar as especificações das substâncias processadas

5. SOBRE OS PARÂMETROS DE PROJETO E OPERAÇÃO

As dificuldades de vários alunos do 6º ao 10º período em compreender as diferenças entre parâmetros operacionais e de projeto, resultaram na distribuição do texto da Figura 3.



Figura 3 – Descrição sucinta de parâmetros de projeto e operacionais para um equipamento

6. A IMPORTÂNCIA DA EQUAÇÃO ESCALAR DE BALANÇO MATERIAL

Acostumados com uma variedade enorme de abordagens e expressões matemáticas pertinentes a sistemas de unidades dimensionais métricas “inglês prático”, “inglês absoluto”, “inglês gravitacional”, “cgs” e “internacional”, os alunos recebem incrédulos o desafio de escrever uma equação escalar (sem “derrondes”, sem derivada simples ou parcial, integral simples ou múltipla, ou (quem sabe?) alguma série numérica, ou uma transformada de Laplace ou Fourier) representativa da operação do equipamento de operação unitária (sem reações químicas) ou de um reator, conversor ou forno. E os alunos revelam nunca ter ouvido falar disso, e são esclarecidos que o intuito é o de apenas saber o que entra, o que sai, o que pode acumular-se, ser consumido ou produzido dentro do equipamento.

7. EXTRAÇÃO, BENEFICIAMENTO E CONSUMO FABRIL DOS MINERAIS

Por ser impossível lecionar numa disciplina de 45 horas e 3 créditos uma grande variedade de tecnologias envolvendo cerca de 3.000 minerais conhecidos dos geólogos, optou-se por apresentar, até o presente, em aulas expositivas, os tratamentos integrados de sólidos, líquidos e gases, destacando-se os aspectos de beneficiamentos físico e químico, exemplificando para os combustíveis sólidos, alguns processos metalúrgicos e cerâmicos.

A caracterização tecnológica de minerais é abordada, porque serve para indicar as possibilidades de desenvolvimento ou criação de uma tecnologia mineral, enquanto engloba as composições mineralógicas e químicas das fases sólidas envolvidas. Considera-se que as propriedades de uma substância podem estar relacionadas com a massa predominante da fase mineral ou da sua superfície. Além disso, considera-se que os dados essenciais das características tecnológicas de substâncias, objetos, minérios e poluentes incluem: 1º - propriedades físicas e do estado físico de substâncias, 2º - análises das composições químicas e mineralógicas*, 3º - ensaios de desempenho, 4º - instruções de manuseio e estocagem.

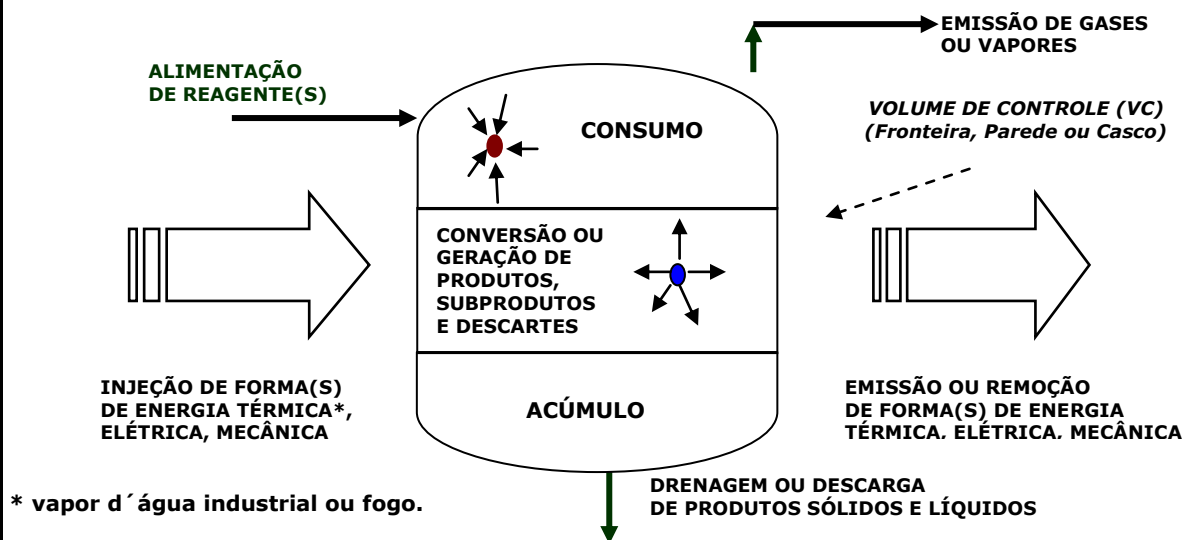
Considerou-se que a melhor maneira de aprender e consolidar os conhecimentos sobre procedimentos de extração, beneficiamento e conversão de concentrados minerais em produtos industriais químicos, siderúrgicos, cerâmicos, vítreos, refratários e metalúrgicos seria através de provas de consulta livre equivalentes a anteprojetos básicos, envolvendo os equipamentos apontados nas diversas publicações do CETEM – Centro de Tecnologia Mineral e do DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral associado à CPRM – Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais, hoje denominada CPRM – Serviço Geológico do Brasil

Até 2013, aplicava-se uma primeira prova equivalente ao dobro do exercício descrito de uso do Manual de Engenharia Química, abordando as escalas industrial e de bancada. Uma segunda prova era aplicada, envolvendo os equipamentos de operações unitárias e reatores químicos, com a distribuição de um tema tecnológico por aluno extraído das publicações do CETEM - Centro de Tecnologia Mineral, que mesmo sendo de consulta livre, se revelava trabalhosa, obrigando os alunos a buscarem dados bibliográficos complementares impressos ou na Internet, ao final do período letivo, congestionado com outros trabalhos escolares. Percebeu-se que era necessário dividir essa segunda prova em duas partes e reduzir a primeira à metade para um elenco de dois exercícios e duas provas.

A primeira prova trata da lavra, beneficiamento e industrialização e a segunda usa o mesmo processo do tema individual abordando a caracterização tecnológica (Figuras 5, 6 e 7).



- **Conservação da Energia***: em qualquer processo físico ou químico, a energia não pode ser criada nem destruída.
- Um reator pode receber e processar internamente diferentes substâncias e formas de energia.
- Reagentes são alimentados através de bocais específicos, oriundos de dutos ou moegas com balanças dosadoras.
- Calor (energia térmica) pode afluir ao interior do reator através de:
 - ♦ mecanismos físicos combinados (radiação, convecção e condução) pelas paredes (fronteira) do reator;
 - ♦ injeção de um fluido aquecedor por meio de um duto que atravessa a fronteira.
- Energia elétrica pode afluir ao interior do reator através de condutores para conversão interna em calor ou para promover reações eletroquímicas.



EXPRESSÕES DA PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA:

$$\begin{array}{c}
 \text{ACUMULAÇÃO DE MASSA no interior do volume de controle (VC)} \\
 = \\
 \text{ALIMENTAÇÃO DE REAGENTE(S) e/ou injeção de energia pela fronteira} \\
 - \\
 \text{DRENAGEM DE PRODUTOS e/ou remoção de energia pela fronteira} \\
 + \\
 \text{GERAÇÃO DE PRODUTO(S) e/ou energia dentro do VC} \\
 - \\
 \text{CONSUMO DE REAGENTE(S) e/ou energia dentro do VC}
 \end{array}$$

Conversões Químicas

BALANÇO MATERIAL: é a primeira Lei aplicada a massas ou volumes

BALANÇO DE ENERGIA: é a primeira Lei aplicada a uma forma de energia

BALANÇO ENERGÉTICO: é a primeira lei aplicada a várias formas de fontes de energia

Figura 4 - A Primeira Lei Da Termodinâmica* aplicada a um reator químico (Zakon, 2000)

EQI-071 - MINERALOGIA INDUSTRIAL, ENERGÉTICA E AMBIENTAL
 Prof. Abraham Zakon

Departamento de Processos Inorgânicos - Escola de Química da UFRJ

1ª PROVA COM CONSULTA LIVRE - NA BIBLIOTECA PAULO GEYER DA EQ-UFRJ

**ETAPAS DE LAVRA, BENEFICIAMENTO DO MINÉRIO EXTRAÍDO
 E INDUSTRIALIZAÇÃO DO CONCENTRADO**

TEMA INDIVIDUAL:

Data da entrega do texto em /abril/2014. Entrega prevista em /maio/2014

ALUNO(A)

ASSINATURA _____

APRESENTAÇÃO E INSTRUÇÕES

A - Objetivo: apresentar as etapas produtivas das indústrias de extração, beneficiamento e conversão em produtos químicos industriais sob a forma de diagramas de blocos retangulares (**anteprojetos básicos**).

B - Apresente em cada questão apenas **respostas sucintas manuscritas** e suas **referências resumidas** (autor, página, ano) em folha de papel A-4 branco ou similar, numerando-as, datando-as e rubricando-as.

C - Não reproduza figuras em copiadores eletrostáticos, nem copie desenhos pictóricos ou detalhados.

D - Indique os equipamentos em cada bloco do diagrama e as especificações dos minérios, sub-produtos e gangas/descartes/efluentes/emissões ao lado das setas de entrada/saída.

E - Escreva em cada bloco o nome e tipo do equipamento; traduza o termo citado em língua estrangeira.

C - Pode ser necessário consultar os endereços eletrônicos www.dnpm.gov.br, www.cetem.gov.br, www.infomet.com.br e www.geofisicabrasil.com e outras bibliotecas da UFRJ e CETEM.

QUESTÕES DA 1ª PROVA

1ª Questão (0,5 pontos): Apresente o nome do minério a extrair, as etapas principais da sua extração, do seu beneficiamento e da fabricação do produto final do tema a partir do concentrado mineral.

2ª Questão: Apresente o **diagrama de blocos das etapas de mineração (lavra ou extração mineral) usual** do minério ROM no Brasil, incluindo os itens abaixo em cada bloco/seta e as referências bibliográficas resumidas.

2.1 - Nomes e tipos dos equipamentos, manuais ou mecanizados*, dentro de cada bloco (1,0 ponto);

2.2 - Condições operacionais dos equipamentos – a céu aberto ou em lavra subterrânea (1,0 ponto);

2.3 - Produtos intermediários e finais e descartes (se houver) e seus tamanhos nominais (1,0 ponto).

3ª Questão: Apresente um **diagrama de blocos do beneficiamento do minério nas instalações da mina** (ou na indústria compradora/consumidora) e suas referências resumidas. **Incluir na figura os itens abaixo:**

3.1 - Nomes e tipos dos equipamentos* dentro de cada bloco (1,0 ponto);

3.2 - Condições operacionais dos equipamentos e tamanhos nominais das fases minerais (1,0 ponto);

3.3 - Matérias-primas, reagentes, insumos, produtos intermediários e finais e descartes (1,0 ponto).

4ª Questão: Apresentar o **diagrama de blocos do processo de transformação do minério beneficiado (concentrado ou matéria-prima) em produto industrial final**, incluindo suas operações unitárias e as conversões químicas fundamentais, **indicando na figura** os itens abaixo e apresente suas referências bibliográficas resumidas:

4.1 - Nomes e tipos dos equipamentos* dentro de cada bloco (1,0 ponto);

4.2 - Condições operacionais dos equipamentos e especificações resumidas das substâncias (1,0 ponto);

4.3 - Matérias-primas e reagentes, insumos, produtos intermediários e finais, e descartes (1,0 ponto).

5ª Questão (0,5 ponto) – Apresente as **referências bibliográficas resumidas** em cada questão (0,2 ponto) e as **referências bibliográficas completas** efetivamente utilizadas (0,3 ponto).

***Nomes, tipos, marcas e modelos de equipamentos de tecnologia mineral são citados em textos do CETEM.**

**** Em caso de dúvidas sobre consultas às referências, pergunte ao docente e/ou aos bibliotecários.**

***** Referências bibliográficas completas de textos extraídos de enciclopédias e livros contendo várias monografias devem incluir o(s) autor(es) e título do tema, seguido do(s) nome(s) do(s) editor(es) ou coordenador(es) e do título da coleção, conforme descrito na folha seguinte.**



do minério extraído e industrialização do concentrado.

- 1 - LUZ, A.B. e LINS, F.A.F. (Editores.) – **Rochas & Minerais Industriais, Usos e Especificações** – CETEM-MCT, RJ, 2005.
- 2 - SAMPAIO, J.A.; LUZ, A.B.; LINS, F.F. (Editores) – **Usinas de Beneficiamento de Minérios do Brasil**, CETEM-MCT, RJ, 2001.
- 3 - LUZ, A.B. e ALMEIDA, S.L.M. (Editores) – **Manual de Usinas de Beneficiamento** – CETEM/CNPq/DNPM/FINEP, RJ, 1989.
- 4 - SANTOS, P. S. - **Ciência e Tecnologia de Argilas (3 vol.)** - 2ª Ed., Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo, 1992
- 5 - LEPREVOST, A - **Minerais para a Indústria** – Univ. Fed. Paraná e Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, 1978.
- 6 - SHREVE, R.N. e BRINK, Jr., J.A. - **Indústrias de Processos Químicos** - Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1980.
- 7 - SCHOBENHAUS, C. e COELHO, C.E.S. (Coordenadores) – **Principais Depósitos Minerais do Brasil, Volumes I (Recursos Minerais Energéticos), II (Ferro e Metais da Indústria do Aço), III (Metais Básicos Não-Ferrosos, Ouro e Alumínio)**, Departamento Nacional da Produção Mineral e Companhia Vale do Rio Doce, Brasília, 1985, 1986, 1988. **Volumes IV - Parte A (Gemas e Rochas Ornamentais), Parte B (Rochas e Minerais Industriais) e Parte C (Rochas e Minerais Industriais)**, DNPM -Departamento Nacional da Produção Mineral, CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Brasília, 1991, 1997 e 1997.
- 8 - DNPM - MME (vários autores por boletim) - **Perfis Analíticos de Minerais – Boletins** – Departamento Nacional da Produção Mineral, Ministério das Minas e Energia, Governo Federal do Brasil.
- 9 - LAPIDO-LOUREIRO, F.E.; MELAMED, R. e FIGUEIREDO NETO, J. (Editores) – **Fertilizantes: Agroindústria e Sustentabilidade** - CETEM-MCT, Rio de Janeiro, 2009.
- 10 - FERNANDES, F.R.C.; Luz, A.B.; CASTILHOS, Z.C. (Editores) – **Agrominerais para o Brasil** – CETEM-MCT, 2010.
- 11 - ESPÍNOLA, A. – **Ouro Negro – Petróleo no Brasil** – Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2013.
- 12 - GUIMARÃES, A. P. – **Betumes** – Publicação N° 479 da Imprensa da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1968.
- 13 - FERNANDES, F. R. C. e SCHNEIDER, C. (Editores) - **Anais do Seminário Resíduos: Tecnologia e Sustentabilidade** – CETEM/MCT, Rio de Janeiro, 2011; acessível em http://www.cetem.gov.br/publicacao/livros/residuos_tecnologias_sustentabilidade.pdf
- 14 - LUZ, A.B. SAMPAIO, J.A.; FRANÇA, S.C.A. (Editores) – **Tratamento de Minérios – 5ª Ed.** – CETEM-MCT, RJ, 2010.
- 15 - SAMPAIO, J.A.; FRANÇA, S.C.A.; BRAGA, P.F.A. (Editores) – **Tratamento de Minérios: Práticas Laboratoriais** - CETEM-MCT, Rio de Janeiro, 2007.
- 16 - TAGGART, A.F. – **Handbook of Mineral Dressing, Ores and Industrial Minerals** – John Wiley & Sons, Inc., New York.
- 17 - TAGGART, A.F. – **Elements of Ore Dressing** – John Wiley & Sons, Inc., New York,
- 18 - LIDDEL, D.M. (Editor-in-chief) – **Handbook of Nonferrous Metallurgy, Principles and Processes, 2nd Edition** (2 vol. – McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1945.
- 19 - DANA, J.D. e HURBULT, Jr., C.S. - **Manual de Mineralogia** - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., RJ, 1969.
- 20 - PETRUCCI, E.G.R. - **Materiais de Construção** - Editora Globo, Porto Alegre, 1979.
- 21 - MAIA, S.B. - **O Vidro e sua Fabricação** - Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2003.
- 22 - PERRY, R.H. e CHILTON, C.H. - **Manual de Engenharia Química, 5ª** - Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1980.
- 23 - MACINTYRE, A.J. - **Equipamentos Industriais e de Processo** - LTC – Livros Téc. Científicos Editora, RJ, 2008.
- 24 - TELLES, P.C.S. - **Materiais para Equipamentos e Processo** - 3ª Edição – Editoria Interciência, RJ, 1986.
- 25 - COUPER, J.R.; PENNEY, W.R.; FAIR, J.R.; WALAS, S.M. - **Chemical Process Equipment, Selection and Design** - Revised Second Edition, Butterworth, Heinemann, Elsevier, Amsterdam, 2010.
- 26 - KIRK, R.E. e OTHMER, D.F. (editors) - **Encyclopedia of Chemical Technology** – três edições impressas (vários autores).
- 27 - ELVERS, B. (Editor) - **Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 7th ed.**, Wiley-VCH, Weinheim, 2010 (vários autores).
- 28 - ESPÍNOLA, A. - **Introdução à Mineralogia Química** – Departamento Editorial do Diretório Acadêmico, Escola Nacional de Química, Universidade do Brasil, Rio de Janeiro, 1965 – cópia disponível em www.ambientesquimicos.eq.ufrj.br
- 29 - LEPREVOST, A - **Química Analítica dos Minerais** – Univ. Fed. Paraná e Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Curitiba, 1975.
- 30 - VAITSMAN, D.S. e BITTENCOURT, O.A. - **Ensaio Químico Qualitativos** – Editora Interciência Ltda., RJ, 1985.
- 31- JONES, M.P. - **Applied Mineralogy, A Quantitative Approach** - Graham & Trotman Ltd., Oxford, UK, 1987.
- 32 - KOLTHOFF, I.M. e SANDELL, E.B. - **Textbook of Quantitative Inorganic Analysis** - The Macmillan Company, Collier-Macmillan e Maruzen Company, Tokyo, 1952.
- 33 - YOUNG, R.S. - **Chemical Analysis in Extractive Metallurgy** – Charles Griffin & Company Ltd., London, 1971.
- 34 - MELLOR, J.W. - **Química Inorgânica Moderna** – Tradutor: Alcides Caldas, Editora Globo, Porto Alegre, 1952.
- 35 - ALVES, N.P. - **Guia dos Elementos Químicos** – QUIMLAB Produtos de Química Fina Ltda., SP, 2008.
- 36 - CETEM-MCT (vários autores) – Várias Séries de Publicações – www.cetem.gov.br
- 37 - QUÍMICA E DERIVADOS – **Guia Geral de Produtos Químicos 2013** e Revistas – www.quimica.com.br
- 38 - ZAKON, A. - **Ambientes Químicos** – www.ambientesquimicos.eq.ufrj.br – 2012-2013

Figura 6 - Referências bibliográficas impressas e eletrônicas da EQ-UFRJ e CETEM/MCT:



EQI-071 - MINERALOGIA INDUSTRIAL, ENERGÉTICA E AMBIENTAL- 2014 PL1
Prof. Abraham Zakon

Departamento de Processos Inorgânicos - Escola de Química - UFRJ

2ª PROVA COM CONSULTA LIVRE
NA BIBLIOTECA PAULO GEYER DA EQ-UFRJ

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE UM MINÉRIO NA MINA E
NO BENEFICIAMENTO MINERAL E NA INDÚSTRIA QUÍMICA CONSUMIDORA**
TEMA:

Data de recebimento do tema: /maio/2014

Data de entrega: /junho/2014.

NOME DO ALUNO(A)
ASSINATURA _____

APRESENTAÇÃO E INSTRUÇÕES

A - Objetivo: apresentar o sistema de controle da qualidade mineral e química para os processos de extração na mina (lavra), beneficiamento do minério e consumo do concentrado mineral numa indústria química - expostos nos fluxogramas da 1ª prova da disciplina EQI-071.

B - Os itens desta prova podem ser descritos em parágrafos sucintos, tabelas e quadros de valores típicos, sem incluir a descrição dos detalhes operacionais dos métodos e técnicas experimentais, porém, indicando suas referências resumidas em cada item (autor, pág., ano).

C - Pode ser necessário consultar os endereços eletrônicos www.dnpm.gov.br, www.cetem.gov.br, www.infomet.com.br e www.geofisicabrasil.com e outras bibliotecas da UFRJ e CETEM.

QUESTÕES DA 2ª PROVA

1 - EXTRAÇÃO/LAVRA (3,0 pontos)- apresentar para o minério "ROM", descartes ou subprodutos:

- 1.1 - um diagrama de blocos sucinto das etapas de extração* e pontos de controle físico e químico;
- 1.2 - a composição mineralógica e listar seus exames visuais e/ou instrumentais - sem descrevê-los;
- 1.3 - a composição química e indicar um método de análise correspondente - sem descrevê-lo;
- 1.4 - a lista das determinações físicas e os respectivos métodos simples e usuais sem descrevê-los;
- 1.5 - a lista de ensaios de desempenho válidos para seu uso em equipamentos industriais;
- 1.6 - as instruções de manuseio e estocagem seguros - de modo sucinto.

2 - BENEFICIAMENTO (3,0 pontos) - apresentar para o concentrado, descartes e/ou subprodutos:

- 2.1 - um diagrama de blocos sucinto das etapas de beneficiamento e pontos de controle físico e químico;
- 2.2 - a composição mineralógica e listar seus exames visuais e/ou instrumentais - sem descrevê-los;
- 2.3 - a composição química e indicar um método de análise correspondente - sem descrevê-lo;
- 2.4 - a lista das determinações físicas e os respectivos métodos simples e usuais sem descrevê-los;
- 2.5 - a lista de ensaios de desempenho válidos para seu uso em equipamentos industriais;
- 2.6 - as instruções de manuseio e estocagem seguros - de modo sucinto.

3 - CONSUMO INDUSTRIAL QUÍMICO DO CONCENTRADO (3,0 p.) - apresentar para produtos e descartes:

- 3.1 - um diagrama de blocos sucinto das etapas na indústria química e pontos de controle físico e químico;
- 3.2 - a composição mineralógica e listar seus exames visuais e/ou instrumentais - sem descrevê-los;
- 3.3 - a composição química e indicar um método de análise correspondente - sem descrevê-lo;
- 3.4 - a lista das determinações físicas e os respectivos métodos simples e usuais sem descrevê-los;
- 3.5 - a lista de ensaios de desempenho válidos para seu uso em equipamentos industriais;
- 3.6 - as instruções de manuseio e estocagem seguros - de modo sucinto.

4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS - apresentar a referência resumida em cada questão (0,5 ponto) e a relação completa aqui neste item (0,5ponto).

**Nomes, tipos, marcas e modelos de equipamentos de tecnologia mineral são citados em textos do CETEM.*

*** Em caso de dúvidas sobre consultas às referências, pergunte ao docente e/ou aos bibliotecários.*

**** Referências bibliográficas completas de textos extraídos de enciclopédias e livros contendo várias monografias devem incluir o(s) autor(es) e título do tema, seguido do(s) nome(s) do(s) editor(es) ou coordenador(es) e do título da coleção, conforme descrito na folha de referências distribuída na 1ª prova.*

Figura 7 – Segunda prova de consulta livre destacando a caracterização tecnológica das etapas desenvolvidas na primeira prova (lavra, beneficiamento e industrialização do concentrado).



8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

1ª – São apresentados os sólidos naturais, em termos macroscópicos e microscópicos, incluindo-se os minerais inorgânicos e os macerais orgânicos (característicos dos carvões), suas origens, formas de ocorrência, extração e beneficiamento físico e químico industrial.

2ª – Os exercícios e as provas de consulta livre obrigam os alunos a conhecer livros e enciclopédias tecnológicas químicas e outras referências antigas e recentes, disponíveis na Biblioteca da EQ-UFRJ, que englobam fenômenos, equipamentos e controles dos processos e recebem acompanhamento direto do docente na Biblioteca e, mesmo, por correio eletrônico.

3ª - Entende-se (nesse contexto) que se os alunos não aprenderam algo da metodologia, então, devemos ensinar. Se os alunos não conseguem raciocinar em termos profissionalizantes, devemos criar condições para que aprendam a consultar, ler, distinguir e aplicar os conhecimentos disponíveis nos seus trabalhos de anteprojetos.

5ª – A disciplina é estratégica e válida para cursos de Química (Bacharelado e Licenciatura), Engenharias Químicas (convencional, industrial ou computacional), de Alimentos, Bioprocessos, Ambiental (Gestão), Minas, Civil (Saneamento), Agronomia, (extração e refino) de Petróleo e Geociências.

Agradecimentos

Aos bibliotecários da Biblioteca Paulo Geyer da Escola de Química – EQ-UFRJ e do CETEM/CNPq - Centro de Tecnologia Mineral, ao Departamento de Processos Inorgânicos-DPI e à Congregação da EQ-UFRJ que aprovaram a adoção dos enfoques inovadores na disciplina outrora analítica e descritiva.

ENGINEERING APPROACH TO TEACH INDUSTRIAL, ENERGY AND ENVIRONMENTAL MINERALOGY

Abstract: Two exercises and two proofs based on individual free search are the decisive tools to involve the students with the engineering approach applied to Industrial, Energy and Environmental Mineralogy in order to enhance sustainable mineral technologies creation. The translation of a mineral processing flowsheet is the first exercise and the second is based in *Chemical Engineer Handbook, Fifth Edition* (translated into Portuguese). The free search proofs are also individual related to a chemical industry demand and the first concerns the mineral processing from mining and the second to technological characterization. The themes are selected from CETEM-Center for Mineral Technology books. This subject is strategic and valid to courses of Chemistry, Engineering and Geology.

Key-words: *Applied Mineralogy, mineral technology, technological characterization of minerals, teaching method.*