

### **Localização**

Universidade Federal do Rio de Janeiro,  
Cidade Universitária, Centro de Tecnologia,  
bloco G, sala 115.  
Tels.: (21) 562.8304, 562.8349, 560.8832 ramal 411  
Fax: (21) 562.8300  
Correio eletrônico: [secexpeq@peq.coppe.ufrj.br](mailto:secexpeq@peq.coppe.ufrj.br)  
Web site: <http://www.coppe.ufrj.br/programas/peq>

### **Endereço Postal**

COPPE/UFRJ, Programa de Engenharia Química,  
Caixa Postal 68502, CEP 21945-970, Rio de Janeiro, RJ.

### **Coordenador**

*Alberto Claudio Habert*

### **Corpo Docente**

*Alberto Claudio Habert*, Ph.D. (Waterloo, 1977)  
[habert@peq.coppe.ufrj.br](mailto:habert@peq.coppe.ufrj.br)

*Angela Maria Cohen Uller\**, Dr.Ing. (Paris, 1980) [angela@adc.coppe.ufrj.br](mailto:angela@adc.coppe.ufrj.br)

*Cristiano Piacsek Borges*, D.Sc. (COPPE/UFRJ, 1993)  
[cristiano@peq.coppe.ufrj.br](mailto:cristiano@peq.coppe.ufrj.br)

*Enrique Luis Lima*, D.Sc. (COPPE/UFRJ, 1981) [enrique@peq.coppe.ufrj.br](mailto:enrique@peq.coppe.ufrj.br)

*Evaristo Chalbaud Biscaia Jr.*, D.Sc. (COPPE/UFRJ, 1980)  
[evaristo@peq.coppe.ufrj.br](mailto:evaristo@peq.coppe.ufrj.br)

*Geraldo Lippel Sant'Anna Jr.*, Dr.Ing. (Toulouse, 1980)  
[lippel@peq.coppe.ufrj.br](mailto:lippel@peq.coppe.ufrj.br)

*Giulio Massarani*, D.Sc. (Toulouse, 1971) [gmassa@peq.coppe.ufrj.br](mailto:gmassa@peq.coppe.ufrj.br)

*José Carlos Costa da Silva Pinto*, D.Sc. (COPPE/UFRJ, 1991)  
[pinto@peq.coppe.ufrj.br](mailto:pinto@peq.coppe.ufrj.br)

\* Subdiretora de Projetos e Convênios da COPPE

*José Luiz Fontes Monteiro*, D.Sc. (COPPE/UFRJ, 1980)  
monteiro@peq.coppe.ufrj.br

*Lídia Chaloub Dieguez*, D.Sc. (COPPE/UFRJ, 1989)  
lidia@peq.coppe.ufrj.br

*Marcia Walquiria C. Dezotti*, D.Sc. (Universidade Estadual Campinas, 1992)  
dezotti@peq.coppe.ufrj.br

*Martin Schmal*, Dr. Ing. (Berlin, 1970)  
schmal@peq.coppe.ufrj.br

*Paulo Laranjeira da Cunha Lage*, D.Sc. (COPPE/UFRJ, 1992)  
paulo@peq.coppe.ufrj.br

*Ronaldo Nobrega*, D.Sc. (COPPE/UFRJ, 1979)  
nobrega@peq.coppe.ufrj.br

*Tito Lívio Moitinho Alves*, D.Sc. (COPPE/UFRJ, 1993)  
tito@peq.coppe.ufrj.br

*Vera Maria Martins Salim*, D.Sc. (Universidade de São Paulo, 1986)  
vera@peq.coppe.ufrj.br

### **Professor Emérito**

*Alberto Luiz Galvão Coimbra*, D.Sc. (UFRJ, 1953), D.Hon.Causa  
(UFPe, 1969-UFSC, 1979), Prof. Emerito (UFRJ, 1993)

### **Professores Colaboradores**

*Cristiane Assumpção Henriques*, D.Sc. (COPPE/UFRJ, 1994)  
cristi@peq.coppe.ufrj.br

*Denise Maria Guimarães Freire*, D.Sc. (IQ/UFRJ, 1996)  
freire@peq.coppe.ufrj.br

*José Vladimir de Oliveira*, D.Sc. (COPPE/UFRJ, 1991)  
vladimir@peq.coppe.ufrj.br

### **Pesquisadores**

*Maria Elizabeth Ferreira Garcia*, D.Sc. (IMA/UFRJ, 1996)  
megarcia@peq.coppe.ufrj.br

*Neuman Solange de Resende*, D.Sc. (COPPE/UFRJ, 1995)  
neuman@peq.coppe.ufrj.br

### **Professor Visitante**

*Maria Laura Azevedo Passos*, D.Sc. (Mc Gill, 1991)  
Prof. Titular do DEQ/UFMG

## Informações Gerais

Fundado em 1963, o Programa de Engenharia Química (PEQ) pelo Prof. Alberto Luiz Coimbra, foi o primeiro departamento da COPPE e serviu como embrião da Instituição. Pioneiro em programas de pós-graduação em Engenharia no Brasil, o PEQ tem sido modelo institucional para muitos outros programas de mestrado e doutorado.

A sua missão básica é de formar recursos humanos altamente capacitados, capazes de atuar nos vários segmentos da sociedade para colaborar no ensino, na pesquisa, na identificação de problemas e na proposta de soluções para os inúmeros desafios com que se defronta o País. O PEQ tem mantido como permanente desafio o incremento de sua qualidade e excelência. Os mestres e doutores graduados possuem sólida formação em Ciências da Engenharia Química, com enfoque em soluções de problemas relacionados com muitas áreas de impacto sócio-econômico permitindo o exercício de atividades nos setores industrial, acadêmico e governamental.

O PEQ oferece dois níveis de pós-graduação, com oportunidades de desenvolvimento de pesquisas em diversas áreas. O Mestrado é oferecido a todos os estudantes que possuam diploma de graduação em Engenharia Química ou em áreas correlatas das Ciências Básicas e da Engenharia e que estejam interessados em desenvolver pesquisas no campo da Engenharia Química. O Doutorado é direcionado a estudantes em um nível mais avançado e a profissionais experientes, com temas de pesquisa envolvendo questões teóricas ou aplicadas de caráter inovador. Em ambos os casos são requeridos um programa de disciplinas e uma tese (experimental ou teórica) com prazos totais

que não podem exceder 24 meses para o Mestrado, e 48 meses para o Doutorado. Alunos de Mestrado com excelente desempenho na fase de cursos podem vir a ser convidados para o "Doutorado direto", opção que dispensa a apresentação da tese de Mestrado. Mais informações podem ser obtidas junto a Secretaria do PEQ.

Até dezembro de 2000, o PEQ já formou mais de 640 alunos (sendo 500 aproximadamente de Mestrado e 120 de Doutorado) e manteve na avaliação CAPES o seu mais alto conceito das áreas das Engenharias ("A", entre 1975-1998, e conceito "6" a partir de 1998). Atualmente há cerca de 130 alunos de pós-graduação regularmente matriculados nos cursos de Mestrado e Doutorado. As atividades de pesquisa do PEQ são coordenadas por um corpo docente de 16 professores. O PEQ conta ainda com 2 pesquisadores associados, 26 técnicos e 9 funcionários com funções administrativas. Mais detalhes sobre as atividades do PEQ e estatísticas (listas de teses, publicações, premiações, eventos) são divulgados em catálogos anuais e em parte disponíveis na sua "homepage" no endereço <http://www.peq.coppe.ufrj.br>.

## Pesquisas Conjuntas e Intercâmbios

A busca de uma maior competitividade por parte da indústria brasileira tem se refletido também no aumento do número de empresas interessadas nos trabalhos desenvolvidos no PEQ, o que tem levado a iniciativas de pesquisas conjuntas. Estas iniciativas, além de gerarem recursos complementares, fornecem oportunidades para aplicação prática dos conhecimentos gerados no PEQ. Empresas como

a Petrobras, CPC, Polialden, PPH, Polisol, Polibrasil, Cia. Vale do Rio Doce, Coperbo, Nitrofértil, Oxiteno, Monsanto e Liquid Carbonic, entre outras, têm interagido com o PEQ, através de contratos de pesquisa ou de prestação de serviços firmados com a Fundação COPPETEC. Em um esforço conjunto com a FINEP, o CNPq, a CAPES e grupos industriais como Petrobras/Petroquímica, Oxiteno, Grupo Ultra e outros, o PEQ implementou e mantém desde 1991, o Núcleo Interdisciplinar de Catalise (NUCAT), envolvendo a participação dos Institutos de Química e Física da UFRJ, e de outras instituições de pesquisa e ensino do Rio.

Os intercâmbios institucionais são uma característica do PEQ desde sua fundação e tem sido incentivados permanentemente, tanto com parceiros nacionais quanto internacionais. Alguns tem caráter mais permanente, na medida que se transformaram em "redes" temáticas. As formas de intercâmbio mais praticadas nos últimos anos tem sido através de projetos de pesquisas conjuntos que envolvem também treinamento avançado (cursos e seminários) doutoramento-sanduíche e estágios de pesquisadores.

Em termos de intercâmbios nacionais, devem ser ressaltados os que envolvem docentes do PEQ em projetos conjuntos como o PRONEX (atualmente com a UFSCar, na área de sistemas particulados), o RECOPE ( com varias IES do Rio de Janeiro e o INT, na área de Catalise) , e o próprio NUCAT .

Em termos internacionais, docentes do PEQ tem utilizado mecanismos oficiais do CNPq e da CAPES para promover intercâmbios acadêmicos com universidades estrangeiras. Em alguns casos projetos de pesquisa patrocinados por agências

internacionais tem sido efetivados (como os projetos Alfa ou de Pesquisa da Comunidade Econômica Européia). Nos últimos três anos, as instituições abaixo tem interagido com pelo menos uma das áreas de pesquisa do PEQ:

- Universidades de British Columbia e de Waterloo(Canadá)
- Institut des Recherches sur la Catalyse, Univ. de Lyon, Univ. de Caen (França)
- Universidad Politécnica de Valencia e Univ. del Pais Basco (Espanha)
- Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, Univ. Nacional de Tucumán e de Santa Fe (Argentina)
- Universidad Nacional de Chile e Universidad de Concepcion (Chile)
- South Carolina University, Penn State University, U. of Texas, U. of Wisconsin, University Notre Dame (EUA)
- Universidade de Twente (Holanda)
- GKSS, Homburg (Alemanha)

## Graduação, Educação Continuada e a Distância

Além de suas atividades na pós-graduação, todos os docentes do PEQ colaboram no ensino de graduação em varias unidades acadêmicas da UFRJ, como a Escola de Química, o Instituto de Química, o Inst. de Matemática e a Faculdade de Farmácia. Atenção particular é dada ao treinamento de alunos de graduação exemplificado nos mais de 40 alunos com bolsas de iniciação científica que estagiam em laboratórios do PEQ, e que recebem também alunos do Exterior, oriundos de intercâmbios internacionais.

Iniciativas permanentes no sentido de divulgar novos conhecimentos em cursos oferecidos a comunidade técnica externa,

em geral, através de cursos de atualização ou de especialização. Exemplos recentes são Curso de Modelagem de Processos Químicos e Aplicações de Processos com Membranas.

*A Escola Piloto em Engenharia Química (EP)* merece destaque especial na medida que foi montada em 1993 com o objetivo de oferecer um conjunto de disciplinas avulsas, de curta duração, duas vezes por ano, em nível introdutório, sobre temas atuais ainda não incorporados ao currículo universitário de graduação, tendo como público alvo os alunos de cursos de graduação das universidades situadas no Rio de Janeiro.

Ampliando o seu público, e numa iniciativa pioneira, a sua versão via Internet - ***Escola Piloto Online de Engenharia Química*** - foi lançada em 1997, oferecendo cursos a toda comunidade técnica e científica do Brasil. Inscreveram-se mais 700 alunos nos últimos 3 anos, oriundos de universidades de todas as regiões do país, de empresas, e inclusive do Exterior, participando de cursos oferecidos em português, e de curta duração. Exemplos recentes de cursos oferecidos são: Fluidodinâmica de Sistemas Particulados, Fenômenos Interfaciais, Introdução à Combustão, Processos com Membranas, Técnicas de Controle Ambiental em Efluentes Líquidos, Catalise Ambiental.

## Áreas de Pesquisa

As atividades de pesquisa de interesse do Programa de Engenharia Química são distribuídas em 7 áreas, listadas abaixo. Em muitos casos, há forte interação com outros departamentos da Universidade, e que permite desenvolver trabalhos de caráter interdisciplinar bem como

o compartilhar dos laboratórios e de instrumentação científica de pesquisa, como é o caso do Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da COPPE, do Instituto de Macromoléculas - IMA, os Departamentos de Engenharia Química e Engenharia Bioquímica da Escola de Química e outros departamentos do Instituto de Química. A grande maioria dos trabalhos de pesquisa do PEO são atualmente voltados a aplicações de indústrias-chave do País e ao desenvolvimento de alguns de seus insumos de base. Mais que uma enumeração exaustiva, as linhas abaixo listadas exemplificam o potencial do PEO nas ***indústrias do petróleo e gás, na petroquímica, nas indústrias agro-alimentícias,*** bem como na busca de soluções e preservação ambientais.

## Cinética e Catálise

### *Preparação, Caracterização e Avaliação de Catalisadores*

- Síntese e modificações de catalisadores: metais, zeólitas, carbetos, argilas pilarizadas e apatitas.
- Caracterizações estruturais e morfológicas: BET, XPS, FITR, TPR-TPO-TPD, DRX, RMO, TEM
- Reações-modelo para correlações propriedades catalíticas/propriedades físicas superficiais.
- Fenômenos superficiais em catálise heterogênea.

### *Estudos de Cinética*

- Modelos cinéticos, planejamentos experimentais e estimativa de parâmetros cinéticos.

### *Processos Catalíticos Industriais*

- Determinação de propriedades catalíticas e avaliação de catalisadores industriais

- Avaliações de processos catalíticos industriais: petroquímica, alcoolquímica, química do C<sub>1</sub>, química fina e catálise ambiental.
- Estudos de variáveis de processo
- Desativação, regeneração e recuperação de catalisadores
- Otimização de processos catalíticos em escala de bancada.

## Modelagem, Simulação e Controle de Processos

### *Modelagem Matemática, Simulação e Análise de Processos Químicos*

- Modelagem e simulação computacional de processos químicos, bioquímicos e de polimerização.
- Análise do comportamento dinâmico complexo de processos químicos; análise de bifurcações; análise do caos determinístico em processos químicos reais.

### *Métodos Numéricos para Simulação Computacional*

- Técnicas numéricas para solução de sistemas de equações algébrico-diferenciais e equações diferenciais parciais.
- Técnicas numéricas para computação de alto desempenho.
- Computação algébrica em modelagem matemática.
- Procedimentos de estimação de parâmetros e técnicas de projeto de experimentos para estimação precisa de parâmetros e discriminação de modelos.

## Controle de Processos Avançado

- Técnicas de identificação de processos multivariáveis, lineares e não lineares; redes neurais para identificação de processos químicos.
- Controle de processos multivariáveis não lineares; controle preditivo; controle geométrico; controladores baseados em redes neurais.

## Processos Biotecnológicos e Tecnologia Ambiental

### *Processos Biotecnológicos*

- Produção de enzimas microbianas
- Biotransformação de substâncias orgânicas por enzimas, células e células permeabilizadas
- Modelagem, simulação e controle ótimo de bioprocessos
- Bioreatores, reatores enzima-membrana, reatores com biofilmes, bioreatores com membranas

### *Tecnologia Ambiental*

- Tratamento biológico de efluentes industriais com alta salinidade
- Tratamento de efluentes industriais por processos combinados (biológico, membrana, oxidação química)
- Tratamento de efluentes complexos com processos oxidativos avançados (fotocatálise, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e técnicas combinadas)

## Processos de Separação com Membranas e Polímeros

### *Membranas*

- Síntese e caracterização de membranas poliméricas planas e do tipo fibra oca. Modificações via plasma;
- Estudos sobre a influência das variáveis de síntese na morfologia das membranas poliméricas e nas suas propriedades de transporte;
- Desenvolvimento de módulos de membrana;
- Desenvolvimento de membranas catalíticas inorgânicas (em colaboração com o grupo de catálise).

### *Processos*

- Desidratação de solventes orgânicos, recuperação de aromas e remoção de contaminantes orgânicos voláteis de soluções aquosas, pelo processo de pervaporação;

- Fracionamento de misturas gasosas (recuperação de  $H_2$ ,  $O_2/N_2$ ,  $CO_2/CH_4$  e  $CO_2$ / gás natural.) por permeação seletiva através de membranas poliméricas.
- Dessalinização de águas e tratamento de efluentes por ultrafiltração e osmose inversa;
- Fracionamento e recuperação de proteínas e purificação e concentração de enzimas por ultrafiltração e nanofiltração;
- Reações enzimáticas em biorreatores operados com membrana sólida e líquidas (em colaboração com grupo de processos biotecnológicos)

### **Polímeros**

- Separação de fase em sistemas poliméricos;
- Caracterização de polímeros e determinação de propriedades termodinâmicas de soluções poliméricas concentradas por cromatografia gasosa inversa;
- Cinética de polimerização e dinâmica de reatores de polimerização (em colaboração com o grupo de simulação, controle e dinâmica de processos e do Instituto de Macromoléculas da UFRJ).

### **Sistemas Particulados**

- Caracterização de partículas sólidas.
- Sedimentação, filtração, ciclones e hidrociclones.
- Flotação.
- Transporte de partículas.
- Escoamento em meios porosos.
- Secagem.
- Fluidização em leito-de-jorro.

### **Termodinâmica Aplicada**

- Modelagem e determinação experimental do equilíbrio de fases de misturas a baixas e altas pressões.

- Termodinâmica estatística aplicada a predição de propriedades de transporte de substâncias puras e misturas a baixas e altas densidades.
- Aplicação de fluidos supercríticos no desenvolvimento de processos químicos: extração, fracionamento e reações químicas.

### **Termofluidodinâmica**

- Processos Multifásicos: modelagem e simulação de escoamentos multifásicos, transferência simultânea de calor e massa, reatores em colunas de borbulhamento, evaporação por contato direto, projeto de equipamentos.
- Fluidodinâmica Computacional: simulação de escoamentos, acompanhamento de frentes de enchimento, simulação de escoamentos reativos – reatores químicos e sistemas de combustão.
- Combustão: vaporização e combustão de “sprays”, câmaras de combustão.
- Radiação Térmica: simulação de transferência de calor radiante em meios participantes e sistemas de combustão.

### **Laboratórios, Equipamentos e Infraestrutura**

#### **Salas, Laboratórios e Equipamentos:**

O PEO conta com várias salas e laboratórios de pesquisa, distribuídos pelo Centro de Tecnologia, que ocupam uma área de 2.000 m<sup>2</sup> com uma excelente infraestrutura instrumental e analítica. Está em fase adiantada a mudança definitiva de vários laboratórios para instalações em prédio próprio anexo ao chamado Bloco I-2000. Os alunos são acomodados em salas de estudo apropriadas e, na fase de tese, em laboratórios específicos. Todos tem acesso

a recursos computacionais e a Internet. Dentre os principais equipamentos e instrumentos analíticos existentes ressaltam-se: microscópio eletrônico de varredura, espectrofotômetro de raio X para análise de superfície/XPS, espectrofotômetro no infravermelho (FTIR), operando em linha; equipamentos para análise térmica de materiais (DSC, TGA, TMA); para análises texturais (adsorção de N<sub>2</sub> a 77K), para análises de reatividade de superfície (quimissorção), espectrofotômetro de massa, espectrofotômetro de absorção atômica; porosímetro Coulter; cromatógrafos de fase líquida e gasosa e reômetros. Entre os equipamentos disponíveis para testar sistemas reacionais e de separação, pode-se destacar vários reatores de bancada e piloto, fermentadores, células de difusão, osmose inversa, permeação gasosa, extratores de alta pressão, sistemas de leito fluidizado, a maioria acopláveis a sistemas de aquisição de dados e de controle.

**Laboratórios de Computação:** Além de microcomputadores, os alunos têm à sua disposição terminais ligados ao Núcleo de Computação Eletrônica da UFRJ, com acesso aos computadores de grande porte (IBM e UNISYS) bem como ao supercomputador da linha CRAY, da COPPE. Duas salas de estudo, uma delas com terminais e microcomputadores contando ainda com estações de trabalho AlphaStations Digital e Sun Sparcstation, bem como equipamentos periféricos e um servidor de rede que atende a todos os usuários do PEQ.

**Bibliotecas:** Além do acesso às bases de dados eletrônicas, os professores e alunos do PEQ têm à sua disposição a Biblioteca Central do Centro de Tecnologia, referência para o Rio de Janeiro, que possui

serviços de documentação e informação, assina centenas de periódicos internacionais e conta com um apreciável acervo de livros e teses. Os estudantes podem também contar com as bibliotecas setoriais da Escola de Química, do Instituto de Química, do Instituto de Macromoléculas e no *Campus* da UFRJ, as do Centro de Pesquisa da Petrobras (CENPES) e do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/CNPq).

## Disciplinas

Os estudantes devem cumprir um programa de estudos que inclui aprovação em disciplinas cuja carga horária total depende dos requisitos mínimos. No regulamento de cursos de pós-graduação alterado a partir de 2000, a unidade crédito foi substituída pela carga horária. Tipicamente uma disciplina de 3 créditos foi substituída por uma de carga horária de 40h-aula. Alunos de Mestrado devem cursar 8 disciplinas de 40h-aula (total de 24 créditos antigos) e os de Doutorado uma carga adicional de 4 disciplinas (mais 12 créditos antigos).

Os códigos das disciplinas abaixo listadas (selecionadas dentre as mais comumente oferecidas) tem 7 como primeiro algarismo quando de Mestrado, enquanto as de Doutorado tem código que se inicia pelo algarismo 8. Quando não indicado, todas tem carga horária de 40h. É também assinalado quando o conceito na disciplina é excluído do cálculo do coeficiente de rendimento escolar (CRE), situação antigamente referida como "zero crédito".

Além das disciplinas regulares, há duas outras categorias que são ocasionalmente oferecidas pelo PEQ. O conteúdo e a carga



horária dependem da área e do docente. Uma categoria é do tipo "**Problemas Especiais**" que lida com aspectos específicos de um determinado problema de pesquisa, individualmente atribuído a cada aluno, podendo envolver trabalho teórico ou experimental, incluindo revisão de literatura e um relatório final. O outro é do tipo "**Tópicos Especiais**" no qual aspectos particulares de uma determinada área de pesquisa são abordados em função da experiência de docentes ou visitantes especialistas.

**COQ700 Seminário de Mestrado** – Exposição pelos alunos candidatos ao Mestrado de progressos recentes no campo da Engenharia Química, revendo a literatura e pesquisa próprias. Conceito excluído do CRE.

**COQ707 Inscrição ao Mestrado** – Conceito excluído do CRE.

**COQ708 Pesquisa para Tese de Mestrado** – Trabalho individual de pesquisa, com o objetivo de elaborar a tese de Mestrado, supervisionado pelo orientador da tese. Conceito excluído do CRE.

**COQ710 Termodinâmica** – Introdução. Princípios da termodinâmica. Potenciais termo-dinâmicos e variáveis naturais, relações básicas e critérios de equilíbrio, variáveis experimentais. Propriedades volumétricas e calorimétricas. Equilíbrio de fases: propriedades parciais molares. Potencial químico. Fugacidade e coeficiente de fugacidade. Funções de excesso: atividade e coeficiente de atividade. Fugacidade de misturas gasosas: equações de estado. Fugacidade de misturas líquidas: funções de excesso. Equilíbrio químico: critério de equilíbrio. A constante de equilíbrio, equilíbrio em sistemas homogêneos. Equilíbrio em sistemas heterogêneos.

**COQ712 Termodinâmica de Soluções** – Estabilidade de Fases: critérios local e global. Cálculo de Equilíbrio: Equilíbrio químico e/ou de fases - algoritmos modernos de "flash". Pontos de Saturação. Diagramas de Fase: traçado e características de diferentes tipos de diagramas. Ponto Crítico: caracterização

e algoritmos de cálculo. Equações de estado: Virial e suas extensões. Van der Waals e suas extensões. Teorias de soluções: Van Laar, Solução Regular, Flory-Huggins. Teorias químicas de soluções. Modelos de composição local - Wilson, NRTL, UNIQUAC, UNIFAC. Aplicação de modelos de composição local para a obtenção de regras de misturas de equações de estado. Solubilidade de sólidos e gases em líquidos. Formalismo Termodinâmico para misturas semi-contínuas. Equilíbrio Líquido-Vapor na presença de Eletrólitos.

**COQ718 Problemas Especiais em Termodinâmica**

**COQ720 Ciência e Engenharia de Polímeros** – Polímeros como materiais. Classificação e caracterização molecular e morfológica de polímeros. Propriedades básicas nos estados sólido e líquido: transições térmicas, interações moleculares, soluções e misturas, distribuição de massas moleculares, reologia. Sorção, difusão e permeabilidade em polímeros. Relações estrutura-propriedades. Mecanismos e cinéticas clássicas de polimerização por etapa e em cadeia. Copolimerização. Sistemas reacionais homogêneos e heterogêneos em processos de produção de polímeros. Operações de transformação de polímeros.

**COQ721 Cinética e Reatores de Polimerização** – Sistemas reacionais de polimerização, homogêneos e heterogêneos. Mecanismos e cinética de polimerização. Distribuição de pesos moleculares e de tamanhos de partículas em processos de polimerização por condensação, e em cadeia (via radicais livres, iônica, coordenação). Efeitos difusivos. Polimerização em suspensão e em emulsão. Ratores de polimerização. Métodos de caracterização experimental.

**COQ725 Processos de Separação com Membranas** – Classificação dos processos com membranas e suas aplicações. Técnicas de preparo dos diferentes tipos de membranas poliméricas. Mecanismos de transporte e modelos. Tipos de módulos e suas principais características. Osmose inversa e ultrafiltração: fundamentos teóricos, síntese de membranas pela inversão de fases; influência das variáveis de síntese nas

características de transporte das membranas. Polarização de concentração. Influência das variáveis operacionais; aplicações. Projeto para uma aplicação específica. Pervaporação e separação de gases: fundamentos teóricos; síntese de membranas densas e compostas. Influência das variáveis de operação. Projeto para uma aplicação específica.

### **COQ728 Problemas Especiais em Ciências e Engenharia de Polímeros**

#### **COQ731 Transferência de Calor –**

Cinemática de meios contínuos. Equação da Continuidade. Equações do movimento de fluidos. Tensor tensão e fluidos Newtonianos. Equações de Navier-Stokes. Escoamentos uni e bidimensionais. Teria da camada limite. Introdução ao escoamento turbulento. Transferência de calor em sólidos e fluidos. Equação da energia. Soluções clássicas. Conservação de massa em misturas multicomponentes. Analogias entre transportes. Transferência simultânea de calor e massa.

#### **COQ732 Transferência de Massa –**

Introdução. Fluxos e forças motrizes. Fluxo difusivo e convectivo. Equações de balanço baseadas no coeficiente de difusão e no coeficiente de transferência de massa. Relações de processo. Fontes de coeficientes de transferência de massa. Difusão em misturas de gases e em soluções diluídas. Lei de Fick. Modelo da película unidirecional. Relação entre coeficientes de transferência de massa e difusividade. Estimativa de difusividade em gases, líquido e sólidos. Métodos de medidas e exemplos. Equações de fluxo para multi-componentes. Equação de Stefan-Maxwell. Modelo da película, incluindo dupla película. Modelo da penetração. Solução exata das equações linearizadas. Solução aproximada no caso de regime estacionário. Forças motrizes, soluções concentradas. Aplicações. Equações generalizadas de balanço de massa e energia. Balanço de entropia. Relações entre fluxos e forças: termodinâmica dos processos reversíveis. Exemplos: soluções analíticas e numéricas. Analogias com transferência de calor. Modelos da difusividade turbulenta. Dispersão. Modelo da camada limite; adsorção de gases com reação química. Transferência simultânea de calor e massa.

#### **COQ733 Fenômenos Interfaciais I –**

Descrição de superfície e interface, Termodinâmica das Superfícies. Superfícies e Forças. Sólidos iônicos e covalentes. Forças físicas e químicas de adsorção. Interface gás-sólido: Adsorção física de gases e vapores, isotermas, calor de adsorção, condensação capilar. Quimissorção: mecanismo, distinção entre adsorção química e física. Interface líquido-sólido: Isoterma, soluções diluídas, adsorções preferenciais, aspectos da química de superfície na cromatografia. Aspectos elétricos de superfícies. A teoria de camada elétrica dupla. Fenômenos eletrocinéticos. Estabilidade e Coagulação de Sistemas Coloidais. Formação de uma nova fase: nucleação homogênea e heterogênea.

#### **COQ735 Fenômenos Interfaciais II –**

Segregação superficial. Definição e características de interfaces. Orientação e excesso interfacial. Predição teórica de segregação interfacial. Caracterização de superfícies por quimissorção. Exemplos de segregação: Ligas metálicas. Misturas poliméricas. Quantificação experimental da composição superficial (Quimissorção e XPS). Adsorção sólido/líquido. Forças envolvidas na adsorção. Isotermas de adsorção. Exemplos de aplicações. Desenvolvimento experimental para determinação da cinética e construção de isotermas de adsorção.

#### **COQ739 Tópicos Especiais em Fenômenos de Transporte**

#### **COQ740 Mecânica dos Fluidos –**

Análise tensorial. Conceito de contínuo. Teorema do transporte. Princípios de conservação. Equações da continuidade. Equações do movimento de Cauchy. Tensor tensão. Equações constitutivas. Fluidos Stokesianos e Newtonianos. Escoamento rotacional. Vorticidade. Distribuição da velocidade em regime laminar. Escoamentos planos e axialmente simétricos. Função fluxo. Escoamentos em dutos e sobre objetos. Força de arrasto. Camada limite.

#### **COQ744 Fluidodinâmica Computacional**

– Introdução aos métodos numéricos de discretização: Diferenças Finitas, Volumes Finitos, Elementos Finitos, Métodos Espectrais, Método da Transformada Integral Generalizada. Propriedades das equações

discretizadas. Volumes finitos: simulação de processos difusivos. Métodos iterativos para a solução de sistemas de equações algébricas. Integração temporal: métodos implícitos e explícitos. Método das Linhas. Equações do movimento de fluidos. Simulação de processos convectivos. Funções de interpolação. Simulação de escoamentos: solução segregada e acoplamento pressão-velocidade. Malhas desencontradas e co-localizadas. Simulação de escoamentos com transferência de calor e/ou massa. Introdução à solução de sistemas hiperbólicos: métodos TVD e ENO. Solução da equação de advecção.

**COQ745 Radiação Térmica** – Conceitos fundamentais. Equações de Maxwell e propriedades ópticas. Propriedades radiantes de superfícies. Transferência de calor por radiação entre superfícies: teoria de câmaras. Equação de transporte de energia radiante em meios participantes. Propriedades radiantes de gases moleculares e de sistemas particulados. Soluções unidimensionais aproximadas e métodos aproximados de engenharia. Introdução aos métodos Zonal, de Monte Carlo, das harmônicas esféricas e das ordenadas discretas.

**COQ747 Transferência de Calor em Sistemas Bifásicos** – Equações de conservação para sistemas multicomponentes e multifásicos. Simulação de escoamentos multifásicos: abordagens Euleriana, Lagrangeana e probabilística. Sistemas polidispersos: teoria da conservação das funções de distribuição. Métodos numéricos para a solução de balanços populacionais. Fluidodinâmica de partícula. Introdução aos métodos numéricos para a solução de escoamentos e de sistemas de equações de conservação. Problemas de frente livre: soluções analítica (em bolhas ou gotas) e numérica (acompanhamento de frentes de enchimento). Sistemas gás-líquido: colunas de borbulhamento, evaporadores por contato direto e "sprays". Outras aplicações.

**COQ748 Problemas Especiais em Termofluidodinâmica**

**COQ750 Sistemas Particulados** – Escoamento sólido - fluido. Equações de conservação para o sistema particulado. Dinâmica de partícula. Separação

de partículas sólidas: câmara de poeira, separador eletroestático, centrífuga, ciclone. Escoamento em meios porosos e colunas recheadas. Fluidização e transporte de partículas. Sedimentação. Teoria da filtração.

**COQ751 Separação Sólido-fluido** – Caracterização de um conjunto de partículas. Dinâmica da partícula. Separação sólido-fluido, câmara de poeira, centrífuga e ciclone. Sedimentação contínua: o Sedimentador Dorr-Oliver e sedimentador lamelado. Teoria e prática da filtração.

**COQ758 Problemas Especiais em Sistemas Particulados**

**COQ760 Métodos Matemáticos em Engenharia Química I** – Equações diferenciais ordinárias: problemas de condição inicial e de valores no contorno. Soluções analíticas em série e numéricas. Problema de Sturm-Liouville, ortogonalidade de funções. Expansão de funções ortogonais. Equações diferenciais parciais de segunda ordem: equações parabólicas, elípticas e hiperbólicas. Método de separação de variáveis. Funções de Green e método de variação de parâmetros – Métodos numéricos de resolução de EDP. Introdução a funções de variáveis complexas. Teoria dos resíduos. Transformadas integrais. Equações diferenciais de diferenças.

**COQ761 Métodos Matemáticos em Engenharia Química II** – Espaços vetoriais: álgebra de vetores e tensores. Cálculo tensorial. Funções vetoriais e mapeamentos. Cálculo matricial. Funções matriciais. Sistemas de equações lineares. Sistemas Cartesianos.

**COQ762 Métodos Matemáticos em Engenharia Química III** – Resolução de equações algébricas e transcendentais. Matrizes e sistemas lineares de equações. Interpolação. Quadratura numérica. Resolução de equações diferenciais ordinárias e parciais. Aproximação e regressão. Introdução à otimização numérica.

**COQ763 Métodos Matemáticos em Engenharia Química IV** – Equações integrais: introdução, exemplos e soluções particulares. Relação com as equações diferenciais e com as funções de Green. Teoria de Hilbert. Teoria de Schmidt. Séries de

Neumann. Problemas de contorno móvel. Elementos finitos.

**COQ769 Tópicos Especiais em Matemática Aplicada**

**COQ771 Reações em Sistemas**

**Heterogêneos** – Taxas de reações heterogêneas. Efeitos difusivos e térmicos. Efetividade e seletividade. Determinação de parâmetros cinéticos em sistemas heterogêneos. Modelos de reatores heterogêneos. Reatores não ideais.

**COQ772 Cinética de Processos** – Taxas de reação simples e complexas em sistema homogêneo. Etapas determinantes. Cinética de processos enzimáticos; noções de cinética enzimática, modelos de Michaelis-Menten e suas variantes, modelos de inibição por produto. Cinética de processos de polimerização; mecanismos básicos de crescimento em reações de polimerização, cinética de reações de poli-condensação, cinética de reações de adição (reações em cadeia). Cinética de reações em sistemas heterogêneos; modelos e equação de taxa considerando adsorção, reação e dessorção em partícula isolada, etapa determinante, taxas globais de reação em sistema gás-sólido: transferência de massa e calor inter e intra partícula, etapa determinante, taxas de reação em sistemas bi e trifásicos.

**COQ774 Catálise sobre zeolitas** –

A partícula isolada: transferência de massa e calor. Adsorção e reação química. Modelagem para sólidos não porosos. Etapas controladoras. Sistemas não isotérmicos. Modelagem para sólidos porosos. Etapas controladoras. Taxas tipo Langmuir-Hinshelwood. Técnicas experimentais.

**COQ777 Catálise Heterogênea** –

Conceitos básicos e definições. Adsorção. Isotermas de adsorção. Preparação de catalisadores: precipitação, impregnação, secagem, calcinação, redução. Forma de catalisadores. Caracterização físico-química: natureza da estrutura, textura, superfície ativa, propriedades eletrônicas. Reações sensíveis e insensíveis. Avaliações. Seletividade e atividade. Aplicações em processos de hidrogenação seletiva, química do C1 e reforma.

**COQ778 Problemas Especiais em Cinética e Reatores**

**COQ780 Controle de Poluição de Águas**

– As formas de poluição. Padrões de qualidade. Caracterização de efluentes domésticos e industriais. Formas de tratamento primário (gradeamento, decantação, neutralização/ equalização). Tratamento biológico de efluentes. Modelagem do crescimento bacteriano, consumo de substrato e consumo de oxigênio. Processos aeróbios: lodos ativados e suas variantes. Lagoas aeradas, filtros e discos biológicos. Tratamento de efluentes: fundamentos; tipos de digestores (UASBR, AF, FFAR). Remoção de nitrogênio por via biológica. Remoção de fósforo.

**COQ785 Tecnologia de Bioprocessos** –

Fundamentos de bioquímica e microbiologia: Aspectos gerais e vias metabólicas para obtenção de produtos de interesse industrial. Cinéticas de crescimento microbiano e produção de metabólitos. Bioreatores: tipos e modos de operação. Monitoramento de processos biotecnológicos: medição e controle de variáveis de interesse. Fundamentos de modelagem de bioprocessos. Estimativa de parâmetros e sensibilidade paramétrica.

**COQ788 Problemas Especiais em Controle de Poluição de Águas**

**COQ790 Análise de Sistemas**

**de Engenharia Química** – Introdução à modelagem matemática de processos. Obtenção de modelos lineares invariantes no tempo e de parâmetros concentrados. A representação entrada/saída no domínio do tempo (contínuo e discreto) e das transformadas de Laplace e Z. A representação no espaço de estados. Introdução ao Controle de Processos. Comportamento não linear. Caos.

**COQ791 Modelagem e Simulação de Processos** –

Modelos matemáticos de processos e parâmetros concentrados e distribuídos. Simulação numérica dos comportamentos estacionários e dinâmico de processos. Sistemas de escoamento, de reação e de equilíbrio. Modelos de balanço de população. Métodos dos resíduos ponderados.

**COQ792 Controle de Processos** – Controle de sistemas de dados amostrados: tipo de representação, análise e projeto clássico. Controle preditivo com horizonte de longo alcance: AMC, DMC, IMC, outros. Controle estocástico: variância mínima. Identificação de sistemas: modelos paramétricos e não paramétricos, algoritmos recursivos. Controle adaptativo: controlador auto-ajustável. Modelo de referência, localização de polos, GPC.

**COQ798 Problemas Especiais em Projeto e Controle de Processos**

**COQ800 Seminário de Doutorado** – Exposição pelos alunos candidatos ao doutorado de progressos recentes no campo da Engenharia Química, revendo literatura e pesquisa próprias. Conceito excluído do CRE.

**COQ804 Tópicos Especiais em Engenharia Química**

**COQ807 Inscrição ao Doutorado** – Conceito excluído do CRE.

**COQ808 Pesquisa ao Doutorado** – Trabalho individual de pesquisa com o objetivo de elaborar a tese de doutorado, supervisionado pelo orientador da tese. Conceito excluído do CRE.

**COQ813 Problemas Especiais em Separações pelo Equilíbrio**

**COQ818 Problemas Especiais em Termodinâmica**

**COQ822 Sorção e Difusão em Polímeros** – Interações entre pequenas moléculas e polímeros em soluções diluídas e concentradas. Teorias de soluções poliméricas. Extensão para polímeros pouco inchados e reticulados. Sorção de gases, vapores e líquidos em elastômeros e polímeros vítreos. Cinética de sorção. Difusão em polímeros elastoméricos: modelos moleculares e do volume livre. Difusão em polímeros vítreos. Métodos experimentais de determinação de coeficientes de solubilidade, difusão e permeabilidade. Aplicações industriais e em instrumentação analítica.

**COQ824 Termodinâmica de Soluções Poliméricas** – Revisão sobre propriedades termodinâmicas de moléculas simples. Teoria de Flory-Huggins. Teoria de Prigogine-Flory (estados correspondentes). Teoria de Flory -

Krigbaum para soluções diluídas. Volume excluído, solvente  $q$ , temperatura  $q$ , coeficiente de expansão molecular. Pressão osmótica de soluções macromoleculares diluídas. Determinação de peso molecular e de parâmetro de interação. Separação de fase em soluções poliméricas: sistemas binários, sistemas ternários com um polímero e dois solventes, e dois polímeros com um solvente. Sistemas poliméricos polidispersos. Técnicas experimentais de fracionamento de polímeros.

**COQ825 Transferência de Massa em Membranas** – Permeação de gases e líquidos em membranas poliméricas. Modelos básicos de transporte: solução-difusão ativada, escoamento em poros, abordagens da termodinâmica de processos irreversíveis.

Efeitos da geometria e da dinâmica do escoamento na interface fluido/membrana: polarização de concentração, camada gel. Métodos experimentais de determinação de coeficientes de transporte.

Sistemas não isotérmicos. Projeto de permeadores. Aplicações.

**COQ828 Problemas Especiais em Ciências e Engenharia de Polímeros**

**COQ843 Tópicos Especiais em Radiação Térmica**

**COQ844 Simulação de Escoamentos Reativos** – Método dos volumes finitos. Problemas difusivos e difusivo-convectivos. Funções de interpolação. Interpolação de alta ordem. Equações de conservação de misturas multicomponentes. Simulação de escoamentos reativos. Solução numérica de sistemas hiperbólicos: limitadores de fluxo, métodos TVD e ENO. Extensão a problemas multidimensionais. Malhas coincidentes com a fronteira. Geração de malhas. Transformação e discretização das equações de conservação. Aplicações: escoamento em reatores, em meios porosos, enchimento de moldes, reatores multifásicos e sistemas de combustão.

**COQ845 Radiação Térmica II** – Conceitos fundamentais. Equações de Maxwell e propriedades ópticas. Propriedades radiantes de superfícies. Transferência de calor por radiação entre superfícies: teoria de câmaras. Equação de transporte de energia radiante

em meios participantes. Propriedades radiantes de gases moleculares e de sistemas particulados. Métodos numéricos para a solução da transferência de calor por radiação em meios participantes: métodos Zonal, de Monte Carlo, das harmônicas esféricas e das ordenadas discretas. Radiação térmica combinada à condução e à convecção.

#### **COQ848 Problemas Especiais em Termofluidodinâmica**

##### **COQ850 Sistemas Particulados II –**

Fluidodinâmica em sistemas particulados segundo a Teoria de Misturas. Transferência de calor e massa em sistemas particulados.

##### **COQ858 Problemas Especiais em Sistemas Particulados**

**COQ860 Análise Tensorial** – Álgebra tensorial. Cálculo tensorial. Isotropia. Sistemas Cartesianos e Euclidianos. Campos tensoriais. Componentes covariantes e contravariantes. Tensores Simétricos. Campos tensoriais absolutos e relativos. Símbolos de Christoffel. Componentes em sistemas ortogonais e não ortogonais. Operadores diferenciais em espaços Euclidianos. Sistemas superficiais.

##### **COQ862 Métodos Numéricos em Modelagem e Simulação de Processos –**

Resolução numérica de equação diferencial ordinária. Problemas de valor inicial. Métodos tipo Runge-Kutta e Preditor-Corretor. Problemas “Stiff”. Problemas de condições de contorno. Resolução numérica de equações de derivadas parciais. Técnicas de redução de ordem aplicadas a equações diferenciais de diferenças. Exemplos aplicativos em modelos de processos.

##### **COQ863 Modelagem e Simulação de Reatores de Polimerização –**

Introdução: mecanismos de polimerização, propriedades importantes de soluções e materiais poliméricos. Sistemas homogêneos: polimerização em solução em CSTRs, efeito gel, efeitos térmicos, dinâmica complexa em sistemas homogêneos, reações em reatores tubulares, reatores-extrusores, reatores azeotrópicos de separação. Sistemas Heterogêneos: polimerização em emulsão; polimerização em suspensão; polimerização catalítica (Ziegler-Natta): reatores em leito de lama, reatores em leito fluidizado. Cinética

de coalescência e quebraimento. Dinâmica complexa em sistemas heterogêneos. Simulações de Monte Carlo.

**COQ865 Modelagem e Simulação de Reatores** – Desenvolvimento de modelos matemáticos de reatores catalíticos em leito fixo - Modelos pseudo-homogêneo e heterogêneo. Reatores com difusão radial e axial. Reatores com escoamento radial. Reatores em leito gotejante. Reatores multi-tubulares: métodos numéricos de resolução dos modelos. Simulação do comportamento estacionário. Análise da sensibilidade a parâmetros e variáveis de operação.

##### **COQ866 Estimação de Parâmetros, Projeto de Experimentos e Controle de Qualidade –**

Métodos diretos de estimativa de parâmetros, regressão não linear, interpretação e análise dos resultados: matriz de covariância, intervalos de confiança e testes estatísticos. Projeto sequencial de experimentos: critérios de discriminação entre modelos. Critérios de estimação de parâmetros de um modelo de critérios mistos. Exemplos aplicados à discriminação de modelos cinéticos.

##### **COQ870 Problemas Especiais em Catálise**

##### **COQ873 Caracterização Química**

**de Catalisadores** – Adsorção em superfícies sólidas. Quimissorção em superfícies metálica e óxido: teoria, métodos de caracterização e aspectos quantitativos. Superfície ácida. Superfície básica. Métodos térmicos de análise: dessorção/redução/oxidação à temperatura programada. Testes de atividade catalítica. Reações modelo.

##### **COQ874 Cinética de Reações Gás-sólido**

– A partícula isolada: transferência de massa e calor. Adsorção e reação química. Modelagem para sólidos não porosos. Etapas controladoras. Sistemas não isotérmicos. Modelagem para sólidos porosos. Etapas controladoras. Taxas tipo Langmuir-Hinshelwood. Técnicas experimentais.

##### **COQ876 Fundamentos da Catálise**

**em metais e óxidos** – Fundamentos: taxas e mecanismos de reações superficiais. Catálise por metais, óxidos e sulfetos. Fatores geométricos; adsorção-desorção química em metais, óxidos e sulfetos. Padrões de atividade

reações modelos. Teoria microscópica da catálise heterogênea. Adsorção dissociativa. Papel dos elétrons d. Estados de transição das reações superficiais. Modelos cinéticos em superfícies não uniformes.

#### **COQ877 Projeto de Reatores Catalíticos**

– Análise de reatores não-ideais. Modelos de leitos fixos (bi/tridimensional). Modelos de reatores de leito fluidizado e “trickle bed”. Escolha de reatores com base na seletividade de reações complexas. Influência de catalisadores e escolha de variáveis. Reatores em fase líquida. Modelo das duas fases. Aplicações.

#### **COQ878 Problemas Especiais em Cinética e Reatores**

**COQ881 Tecnologia de Processos Enzimáticos** – Enzimas, conceituação e classificação. Produção de enzimas. Utilização de enzimas como catalisadores. Introdução à cinética enzimática. Técnicas de imobilização de enzimas. Cinética e difusão em enzimas imobilizadas. Reatores enzimáticos, características e equações de projeto.

**COQ882 Processos Oxidativos Avançados para Tratamento de Efluentes** – Parâmetros de controle de efluentes. Ozonização. Tratamento por radiação ultra-violeta. Tratamento por peróxidos. Princípios e aplicações da fotocatalise. Princípios e aplicações do reativo de Fenton e foto-Fenton. Combinação de processos e avaliações comparativas de processos.

#### **COQ885 Problemas Especiais em Processos Biotecnológicos**

**COQ887 Modelagem de Processos Biotecnológicos** – Formulação de modelos matemáticos para sistemas de reação e separação. Sistemas homogêneos e heterogêneos. Cinéticas de crescimento microbiano, consumo de substratos e formação de produtos. Cinética enzimática. Sistemas com células e/ou enzimas imobilizadas.

#### **COQ888 Problemas Especiais em Controle de Poluição de Águas**

**COQ891 Identificação de Processos** – Introdução. Conceitos de probabilidade

e estatística. Diferentes tipos de modelos. Métodos de identificação não paramétrica nos domínios do tempo e a frequência. Estimação de parâmetros. Métodos recursivos de estimação de parâmetros. Projeto de experimentos. Seleção da estrutura e validação de modelos.

**COQ892 Controle de Processos Avançado** – Análise de processos multivariáveis: arranjo de ganhos relativos (RGA). Análise via decomposição em valores singulares: uso de métodos da geometria diferencial (ordem relativa). Controle descentralizado: métodos de ajuste de controladores. Desacoplamento: diferentes tratamentos. Controle multivariável: controle ótimo linear quadrático. Controle preditivo baseado em modelo linear. Controle não linear: controle preditivo baseado em modelo não linear. Métodos baseados em conceitos da geometria diferencial.

**COQ893 Dinâmica de Sistemas Não-Lineares** – Equações diferenciais ordinárias e mapeamentos: existência e unicidade de soluções. Escoamentos e caracterização de trajetórias. Sistemas lineares e não-lineares. Solução permanente. Sistemas dissipativos e conservativos. Estudo de estabilidade: funções de Liapunov. Bifurcações estáticas. Teorema do ponto fixo. Teorema de Hopf. Degenerações de ordem superior. Estabilidade de soluções periódicas. Bifurcações dinâmicas secundárias. Caos: caracterização e universalidade. Crises e bifurcações. Rotas para o caos. Bifurcações globais: órbitas homo-clínicas e heteroclinicas. Ciclos de Silnikov.

**COQ897 Otimização de Processos** – A diversidade de problemas de otimização na Engenharia Química. Fundamentos teóricos. Busca univariável e multivariável sem restrições. Programação linear simples e com objetivos múltiplos. Programação não-linear. Programação dinâmica e heurística. Programação linear e não-linear com inteiros. Aspectos computacionais. Aplicações a equipamentos e a processos. Análise da literatura recente.

**COQ898 Problemas Especiais em Projeto e Controle de Processos**