

Ensino

Formação de Recursos Humanos

Pilhas de Combustível



Citação

- **Diz-se por vezes que os cientistas passam a vida a gastar o dinheiro dos contribuintes divertindo-se em conferências em locais exóticos. Oxalá fosse verdade. É verdade que a maior parte das conferências são uma pura perda de tempo, mas são também imensamente chatas.**

**– João Magueijo
Físico Teórico / Cosmologista
Imperial College -- Londres**

Homenagens aos Mestres (in memoriam)

- **Prof. Dr. António de Carvalho Sales Luis (IST-Lisboa e Unicamp)**
– **Engenheiro Químico e Físico Teórico – Relativista**
- **Prof. Dr. Luis de Albuquerque (Universidade de Coimbra)**
– **Matemático e Historiador**
- **Prof. Dr. Clemente Greco (USP - Politécnica)**
– **Engenheiro Mecânico e Professor de Termodinâmica**

“O Ensino é conservador e tradicional. Entretanto já não o é nem a Pesquisa Fundamental nem a Tecnológica”

**BREVE HISTÓRICO
EVOLUÇÃO DO
CONHECIMENTO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO**

Definições

Tecnologia e Inovação Tecnológica

- **Tecnologia:** conjunto de idéias, processos e meios através dos quais o ser humano procura dominar e/ou modificar o ambiente em que vive.
- **Tecnologia:** conjunto de atividades que contribuem para a transposição do patrimônio científico de um sistema, para um patrimônio de caráter utilitário
- **Inovação Tecnológica:** para um dado sistema, para um meio externo a ele, e para num certo instante (t), é a aplicação da ciência com a finalidade de se alcançar um objetivo utilitário ao ser humano.

Definições

Inovação Tecnológica

- Seja um sistema (empresa, centro de pesquisas, universidade), num dado instante t , num dado local, que recorre aos seus conhecimentos científicos e técnicos para obter um processo ou um produto novo, tal que:
 - O novo pode ser no sentido real da palavra.
 - O novo pode ser um processo e/ou produto já existentes que são modificados, obtendo-se **novas características**.
 - O novo pode ser um processo e/ou produto já existentes, que modificados adquire **novas aplicações**.

Tipos de Inovação Tecnológica

- **Inovação Propriamente Dita: Marmita de Denis Papin (1687)**
- **Inovação por Modificação: Máquina de Fogo (1705) Thomas Savery e Thomas Newcomen**
- **Inovação por Modificação com Adaptação: James Watt (1766)**

Definições

Pesquisa

- **Pesquisa:** estudo sistemático e intensivo, orientado no sentido de um conhecimento científico de determinado assunto.
- **Pesquisa Básica ou Fundamental:** incremento do conhecimento científico sem quaisquer objetivos comerciais.
- **Pesquisa Aplicada:** suscitada por objetivos comerciais em relação quer a processos quer a produtos.
- **Desenvolvimento:** realização de atividades tecnológicas, com relação a problemas não rotineiros, encontrados na transposição dos resultados de pesquisa em realizações de caráter industrial (novos processos e/ou produtos).

Inovação Tecnológica

Fatores que Contribuem para o Sucesso

- Fatores contribuintes para o sucesso ou fracasso quando o sistema (empresa ou centro de pesquisa) interage com o meio exterior:
 - Os “**climas**” no sistema e no exterior devem ser propícios.
 - As **interações** entre o sistema e seu exterior implicam na existência de elevado **risco** inerente às atividades de P&D que deve ser avaliado.
 - Deve-se passar da fase exploratório para a avançada (detalhada) [**bancada para piloto**]
 - A **análise de mercado** é indispensável
 - Deve haver **viabilidade da industrialização**

Transferência de Tecnologia

Critérios para Realização

- Não basta ter conhecimento científico.
- Não basta ter conhecimento tecnológico.
- Deve haver coerência lógica.
- Deve haver coerência científica e/ou física.
- Deve haver possibilidade técnica (materiais).
- Deve haver possibilidade tecnológica (processos).
- Deve haver possibilidade sócio-tecnológica (aprovação da sociedade).

**“Um amontoado de pedras não constituí uma casa”
Henri Poincaré (1912)**

- **Fases do conhecimento científico-tecnológico**
- **Não Amadurecido**
 - Existência de um grande número de dados
 - Existência de um quantidade elevada de leis empíricas
 - Conhecimento disperso e um todo sem coerência
 - Dados e leis incoerentes e inconsistentes
 - Métodos e instrumentos inadequados para a obtenção dos dados
 - A "natureza" acaba assim por não ser revelada

Um monte de pedras ordenadas constitui uma casa

- Fases do conhecimento científico-tecnológico
- **Alicerçado**
- Existência de base teórica sólida.
- Correlacionam-se os dados obtidos com as leis empíricas.
- Existência de síntese de proposições de validade geral.
- Definem-se os denominados **Princípios**.

Evolução do Conhecimento

Fases

- **AMONTOADO DE PEDRAS NÃO É CASA**
- Fase da existência de leis empíricas
- Fase da coleta dos dados
- Fase da tentativa de teorização
- Fase da teorização consistente
- Fase do conhecimento sedimentado (alicerçado)
- **CONJUNTO DE PEDRAS ORDENADAS É UMA CASA**

Primeiros Conhecimentos Empíricos Milhares de Anos

- **Fabrico de vinho e vinagre**
- **Fabrico de perfumes e sabões**
- **Fabrico de cerâmica e vidro**
- **Fabrico metalúrgico**

Período Pré-Revolução Industrial Características

- “Técnicas” dominadas pelo "**Engenho e Arte**"
- Desenvolvimento de práticas e obtenção dos produtos para suavizar as condições de trabalho da época
- As práticas tinham por objetivo melhorar a eficiência das operações
- Eram desenvolvidas por práticos (especialista da época) envolvidos diretamente nos problemas
- Passagem do conhecimento tipo "**família para família**"

Primeira Revolução Industrial

Segunda metade do século XVII até segunda metade do século XIX

- Início marcado pela saída da fase agrícola.
- Dispensam-se os animais como geradores de potência.
- Surgem as primeiras indústrias e o fabrico de máquinas.
- Desenvolve-se intensamente a área da **Mecânica**.
- Largo intervalo de tempo entre o conhecimento científico e sua aplicação industrial.
- Fatores marcantes: conjunto de operações que conduziram a mudanças:
 - Nos **métodos** da produção industrial.
 - Nos **processos** da produção industrial.
 - Nas **organizações** de produção, em geral.

Primeira Revolução Industrial

Vetores Impulsionadores

- **Trabalhos de Denis Papin (1647 - 1714)**
- Em 1687 estabelece a primeira teoria da máquina a vapor (**Marmita ou Panela de Papin**)
- Em 1707 define a “**fôrça elástica do vapor**”
- Constrói o primeiro barco a vapor (máquina do diabo) e cai em desgraça: seu barco é atacado pelo povo e Papin perde tudo que tinha.
- Thomas Savery (1660-1715) e Thomas Newcomen (1663-1729) modificando a máquina de Papin constroem a primeira máquina a vapor a ser realmente utilizada (**Máquina de Fogo**)
- A Máquina de Fogo é usada como bomba para tirar água das minas em 1705, e começa a revolucionar os trabalhos da época.
- James Watt (1736-1819) aperfeiçoa a Máquina de Savery/Newcomen e consagra a **Era do Vapor**.

Primeira Revolução Industrial O nascimento da Termodinâmica

- **A máquina a vapor e as mudanças da época:**
- Revolução nas "artes e ofícios".
- Revolução nas indústrias existentes.
- Modificação no modo de vida das pessoas.
- Surgem as inovações técnicas (processos), e novas máquinas.
- Modifica-se a estrutura de produção industrial.
- A geração de potência animal é substituída pela potência da máquina.
- Elimina-se grande parte do trabalho pesado.
- Surgem as classes operárias.
- Os bens se concentram e surgem as sociedades anônimas.
- Nasce um novo ramo da Física: a **Termodinâmica**.
- Sadi Carnot (1796 – 1832) define o Ciclo de Carnot.
- Agricultura e meios de transporte se beneficiam dessa Revolução.
- Inicia-se a fase de teorização das denominadas “ **Artes Químicas**”.

Inovação Técnica

De Papin a Watt: um século

- Em 1763 Watt é incumbido pela Universidade de Glasgow de fazer funcionar a máquina de Savery-Newcomen.
- Com apoio financeiro de John Roebuck (1775) introduz importantes melhorias. **Inovação Tecnológica por Modificação.**
- Associados a Matthew Boulton passa a fabricar as máquinas a vapor.
- **Da máquina de Papin à sua aplicação por Watt transcorre um século.**

Segunda Revolução Industrial

Características

Início na Segunda Metade do Século XIX

- **Diminui o intervalo de tempo** entre o conhecimento científico e a aplicação industrial.
- **Inicia-se o intenso uso da energia elétrica.**
- **Surgimento das máquinas de combustão interna.**
- **Nascimento e expansão rápida das indústrias químicas.**
- **Nasce as indústrias eletroquímicas: fabricação do Alumínio.**
- **Indústrias alicerçam-se nos conhecimentos científicos**
- **Nasce e intensifica-se o estudo e uso da Química Orgânica**
- **Intensifica-se as aplicações da Termodinâmica**
- **Surge novo ramo da Física**
 - **Eletromagnetismo**

Segunda Revolução Industrial

Características

- Forte relação entre a Ciência (Física e Química) e a Indústria.
- Indústria contrata cientistas como consultores.
- Cientistas montam suas próprias indústrias.
- Indústrias montam seus próprios laboratórios.
- Surgem as instituições para definir **normas e padrões**.
 - 1870 Kaiser Wilhelm Gesellschaft (Instituto Max Planck).
 - 1900 National Physical Laboratory.
- **Surgem modificações profundas no Ensino.**
- **Surgem as Escolas Técnicas e Profissionais:**
 - Instituto Superior de Karlsruhe (fundado por Fritz Haber)
 - Instituto Superior Técnico de Lisboa (1911)
- **Nasce a Engenharia Química (1915 - 1920)**
 - Consagram-se os conceitos das Operações Unitárias

Segunda Revolução - Inovações Técnicas **Decorrências da Mecânica e da Termodinâmica**

- 1859 - Primeiro motor a explosão (gás de iluminação) – Lenoir.
- **1859 - Primeiro poço de petróleo – Drake.**
- 1874 - Primeiro motor a explosão (4 tempos) – Otto.
- 1883 - Primeiro automóvel a explosão – Delamare e Deboutville.
- 1887 - Desenvolvido o carburador – Daimler.
- 1891 - Surgem os pneus - Michelin.
- 1892 – Primeiro motor à injeção – Diesel.
- 1899 - Surge a caixa de câmbio do automóvel - Renault.
- 1903 - Primeiro planador com motor a explosão - irmãos Weight.
- 1906 - Primeiro avião - Santos Dumont.

Segunda Revolução - Cientificação da Química **Início das Indústrias Químicas Cientificadas**

- 1869 - Alizarina
- 1870- Fabrico da celulose
- 1877 - Síntese da sacarina
- 1886 - Fibras têxteis
- 1886 - Produção do Alumínio por eletrólise (Hérault e Hall)
- 1889 - Fabrico do cloro e soda por eletrólise
- 1913 – Fabrico da Amônia (NH_3) (Haber-Bosch)
- **1913 - Craqueamento térmico do petróleo**
- 1925 - Síntese do metanol
- 1929 - Penicilina (Fleming)
- 1933 - Borracha sintética (Buna)
- 1937 - Nylon 66 (Carothers na empresa Du Pont)
- **1937 - Craqueamento catalítico do petróleo**

Terceira Revolução Industrial Características

- Evolui-se para as “**Grandes Indústrias Químicas**”;
 - Vetor Conhecimento Cientificado: **Processo Harber-Bosch (NH₃)**
 - Vetor Conhecimento Técnico: **Fibras Sintéticas (Nylon 66)**
- **Indústrias científicas** pela Termodinâmica, Química e Física.
- Rápida passagem da fase científica para a fase da inovação tecnológica.
- A pesquisa se caracteriza pela inter-relação de áreas tais como:
 - Física: Eletromagnetismo, Termodinâmica, Mecânica, Nuclear.
 - Química: Química Orgânica.
 - Engenharias: Mecânica, Química e Eletrônica.
 - Biologia
 - Economia
 - Informática

Quarta Revolução Industrial ?

Indícios Sociais

Início Segunda Metade do Século XX

- Surgimento de empresas transnacionais.
- Sociedades com grande dependência do petróleo.
- Surgimento do Moderno Fundamentalismo Islâmico.
- Petróleo como arma de domínio geopolítico e estratégico.
- Aumento do preço do petróleo: embargo em 1974.
- Revolução Iraniana (1979): deposição do Xá da Pérsia.
- Médio Oriente: região crítica Guerra Irã - Iraque (1980).
- Formação da União Européia
- Reconhecimento e preocupação com a agonia do “Rei Petróleo”.
- Guerras EUAN – Iraque (1990 e 2003).
- Guerras sob a forma de atentados e “exércitos” de difícil identificação.
- Globalização: molda-se uma nova sociedade.
- Mudanças do Mapa Mundi: União Soviética, Alemanhas, Países do Leste.
- Molda-se nova classe operária contestadora da Globalização

Quarta Revolução Industrial ?

Áreas de Conhecimento todas Inter-relacionadas

- **Matemática**
- **Física**
- **Química**
- **Medicina Clínica**
- **Biologia**
- **Biologia Médica: Molecular**
- **Ciências da Terra e Espaço**
- **Ciências da Vida**
- **Engenharias**

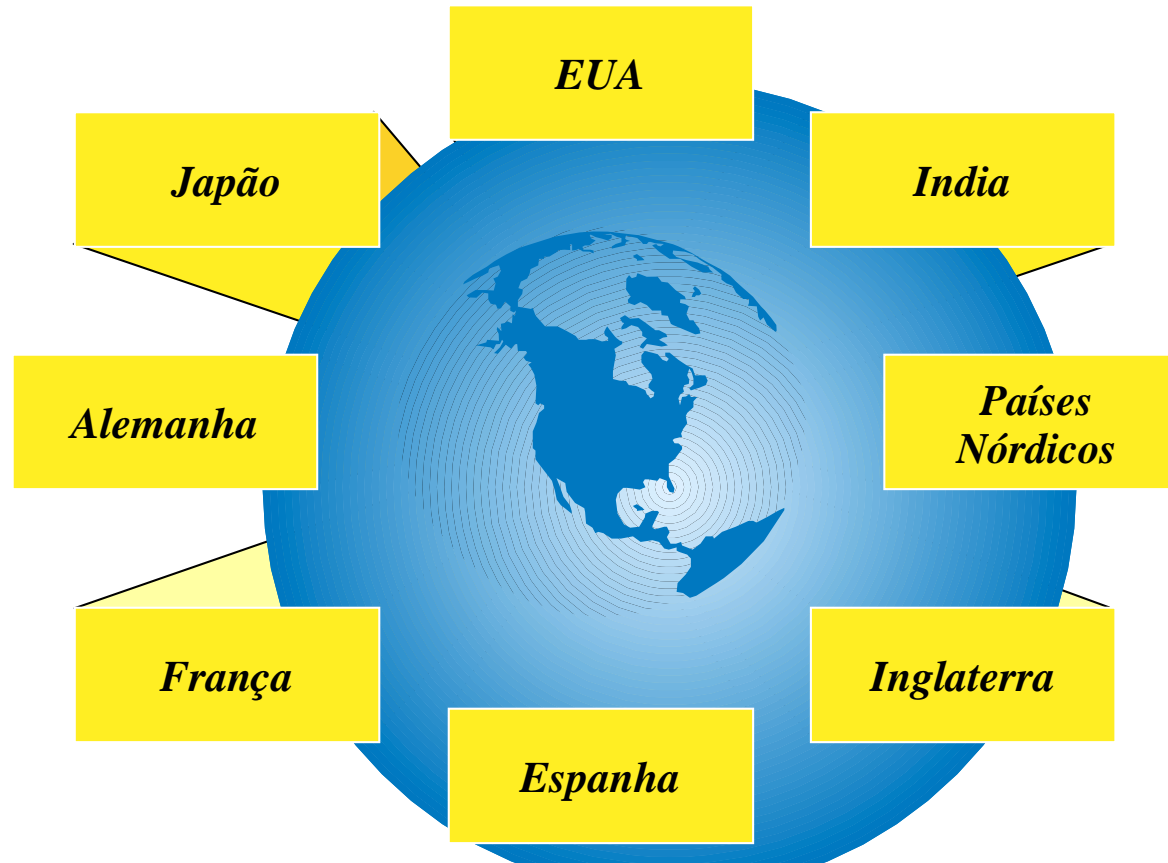
Quarta Revolução Industrial ? Vetores Impulsionadores

- Nasce a denominada “**Ciência da Vida**”.
- Química Bruta é delegada aos países sub-desenvolvidos.
- Surge e intensifica-se a prática da **Química Fina**.
- Surgem empresas e processos de grande mobilidade (eletrônica).
- Intensificam-se algumas áreas da Física:
 - **Eletromagnetismo,**
 - **Termodinâmica.**
- Cientificação das Áreas Médica, Farmacêutica, Biológica.
- Surge a Engenharia Genética e a Engenharia Eletroquímica.
- Cientificação da **Indústria da Guerra (Armamentos)**.
- Tecnologia Espacial é encarada área militar de ataque e defesa
- Inicia-se a **Era do hidrogênio**
- Forte interação entre a Ciência, a Tecnologia e a Multimídia.

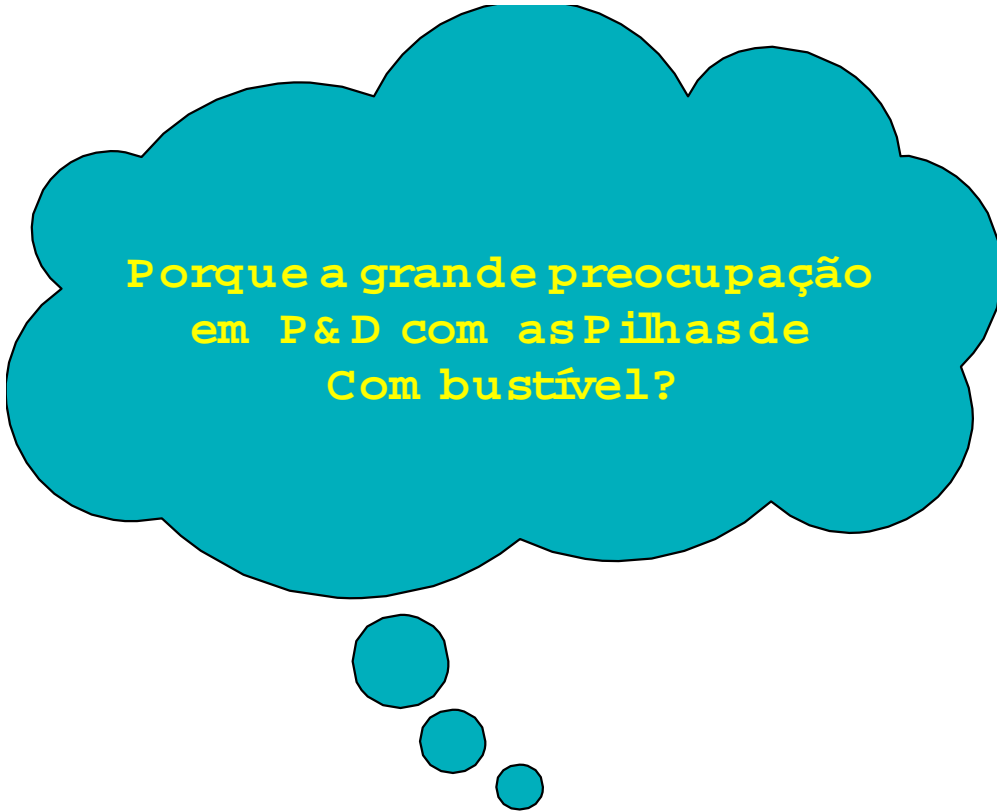
“A experiência é o alfa e o ômega de todo conhecimento, no entanto, a experiência, por sí só, nada vale ”. Prof. Dr. Sales Luis

PORQUE DO ESTUDO E USO DAS PILHAS DE COMBUSTÍVEL ?

Pilhas de Combustível no Contexto Global



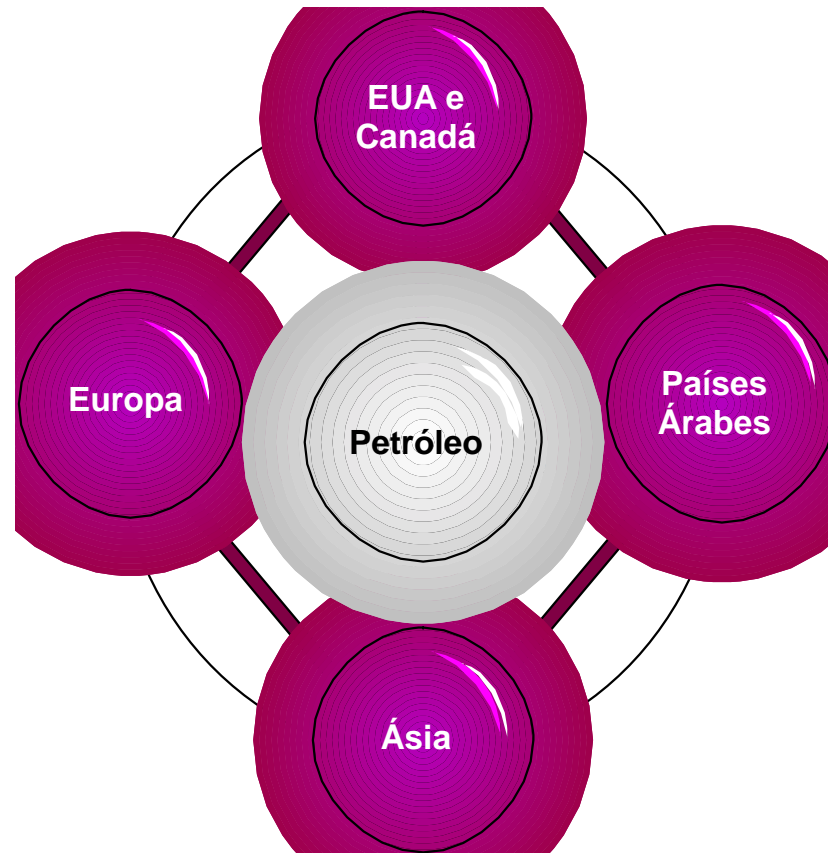
Tecnologia que Preocupa



Porque a grande preocupação
em P&D com as Pilhas de
Combustível?

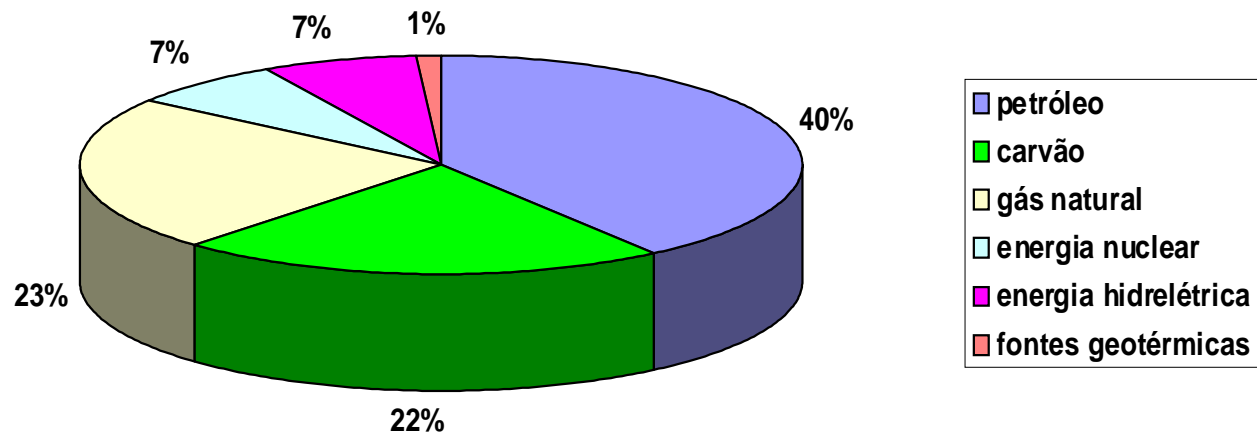
Pivô de uma crise e marco do fim de uma Era

“Meu pai andava a camelo, eu dirijo um carro, meu filho piloto um jato, e o filho dele andar­á a camelo” **Ditado popular da Arábia Saudita**



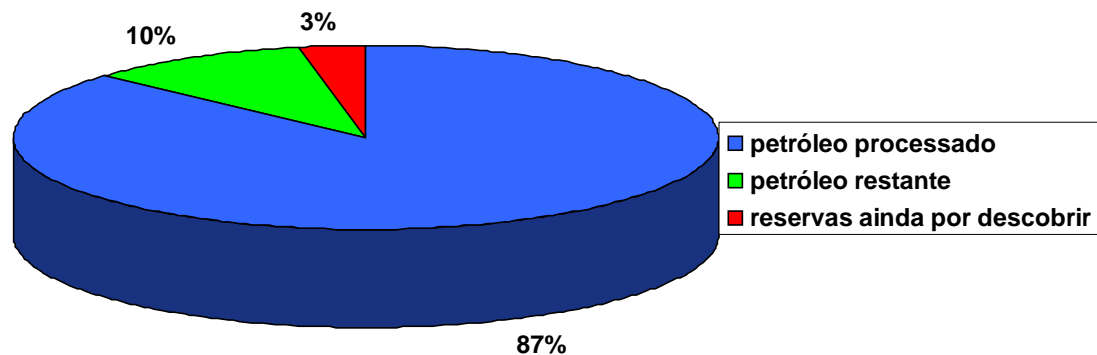
Energia no mundo

Fontes de energia no mundo



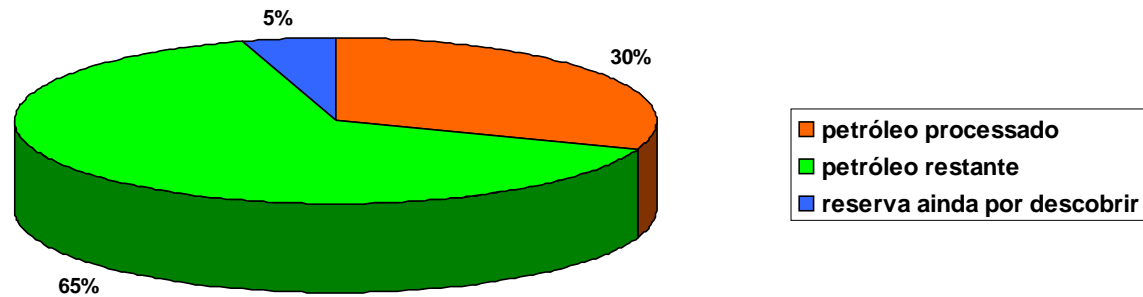
Petróleo nos EUA

Situação do petróleo nos EUA (48 estados do sul)
Estimativa de reservas recuperáveis = 195 bilhões de barris



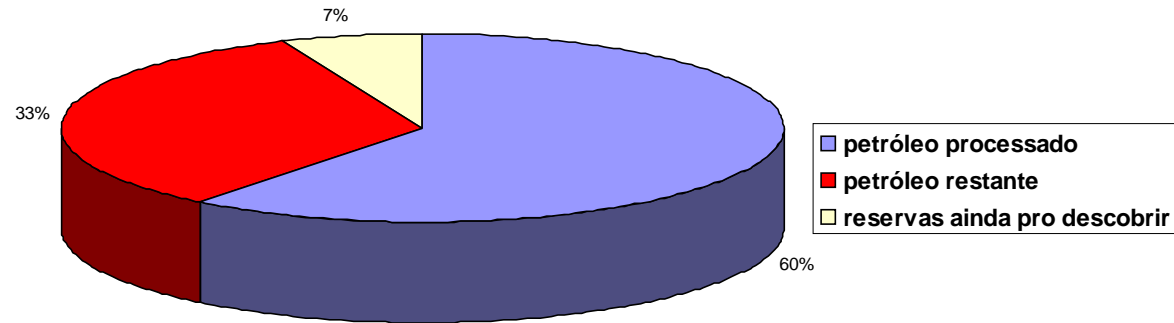
Petróleo na Arábia Saudita

Situação do petróleo na Arábia Saudita
Estimativa das reservas recuperáveis = 300 bilhões de barris



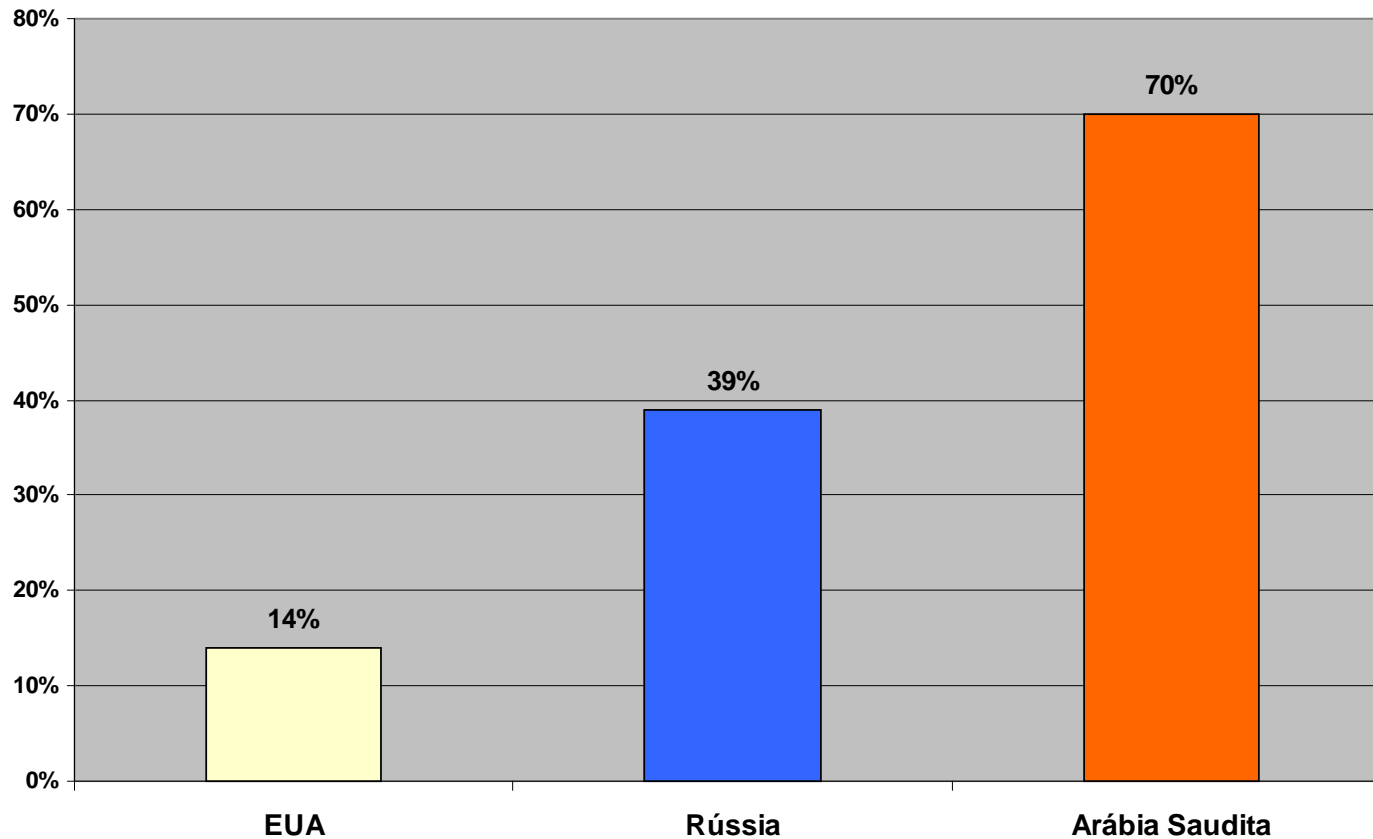
Petróleo da Rússia

Situação do petróleo na Rússia
Estimativa das reservas recuperáveis = 200 bilhões de barris

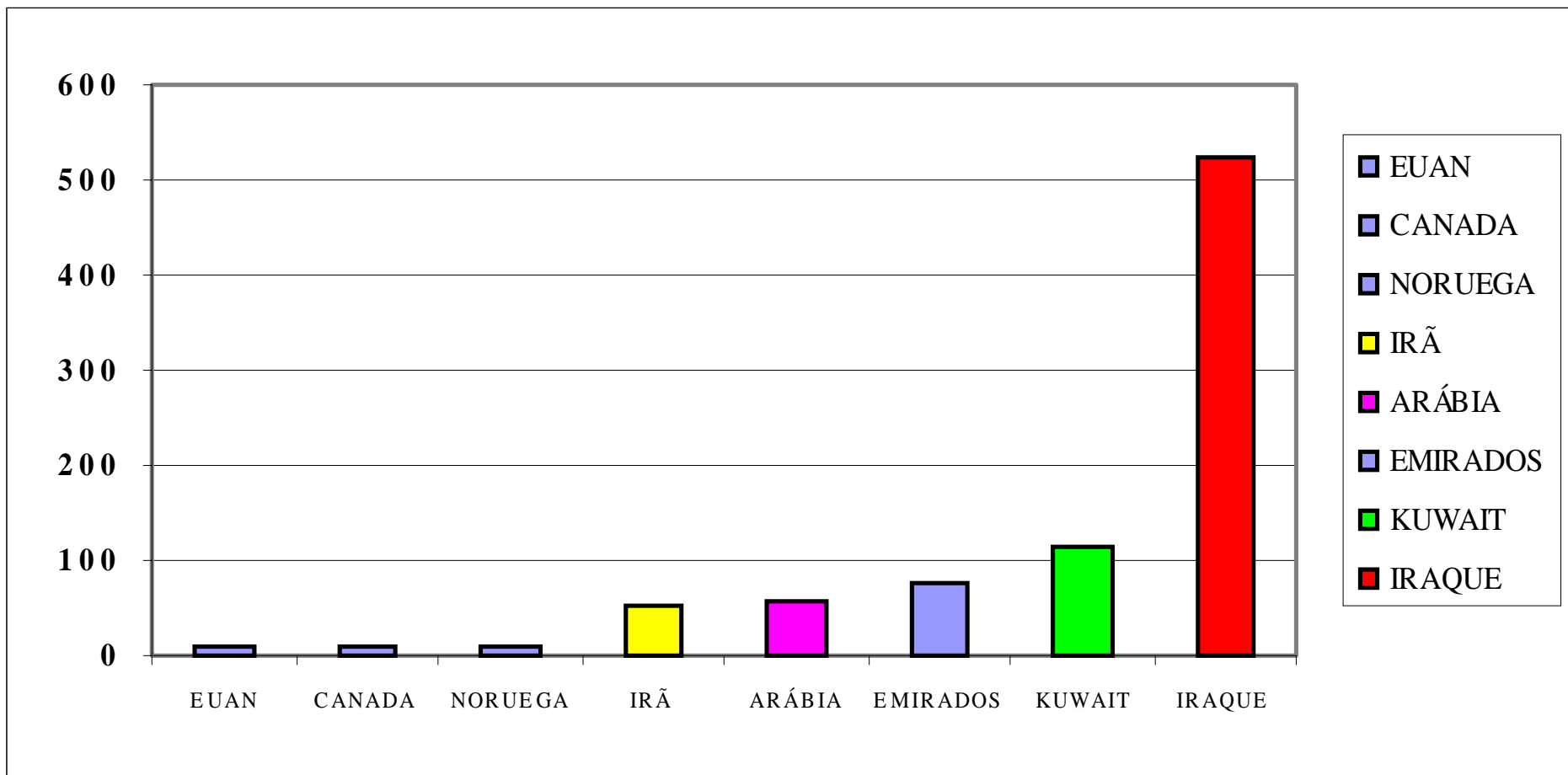


Petróleo não processado

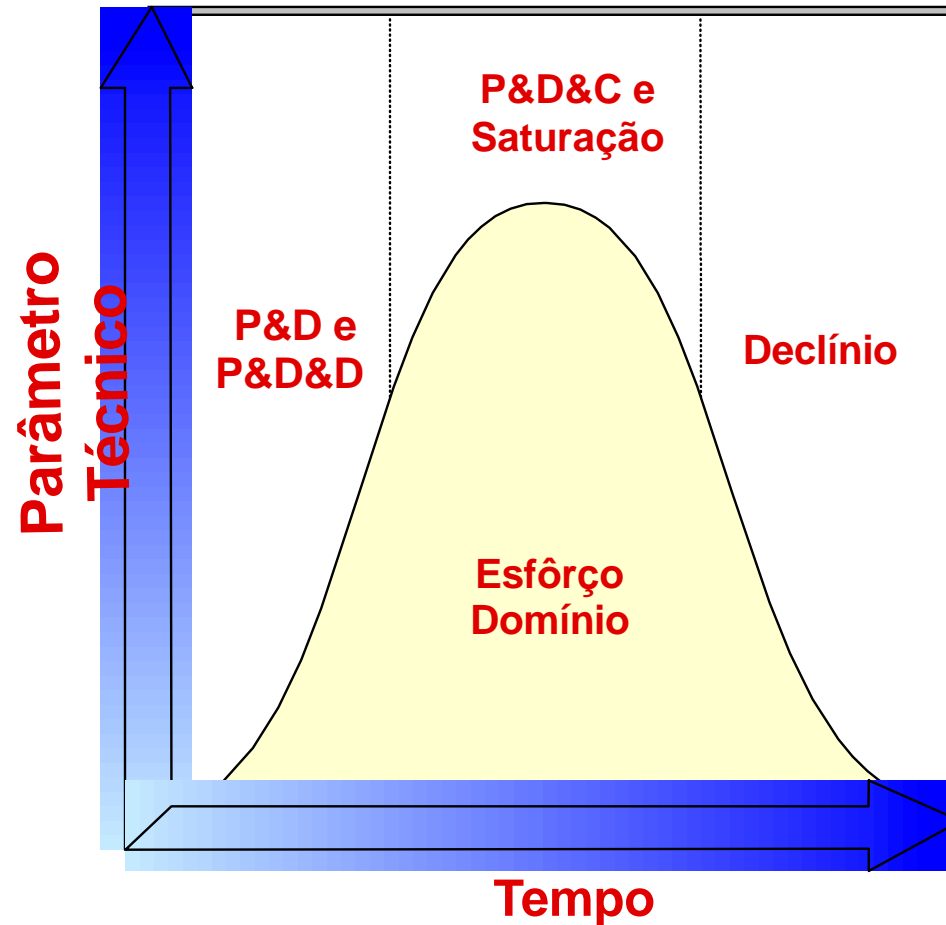
Petróleo original não processado



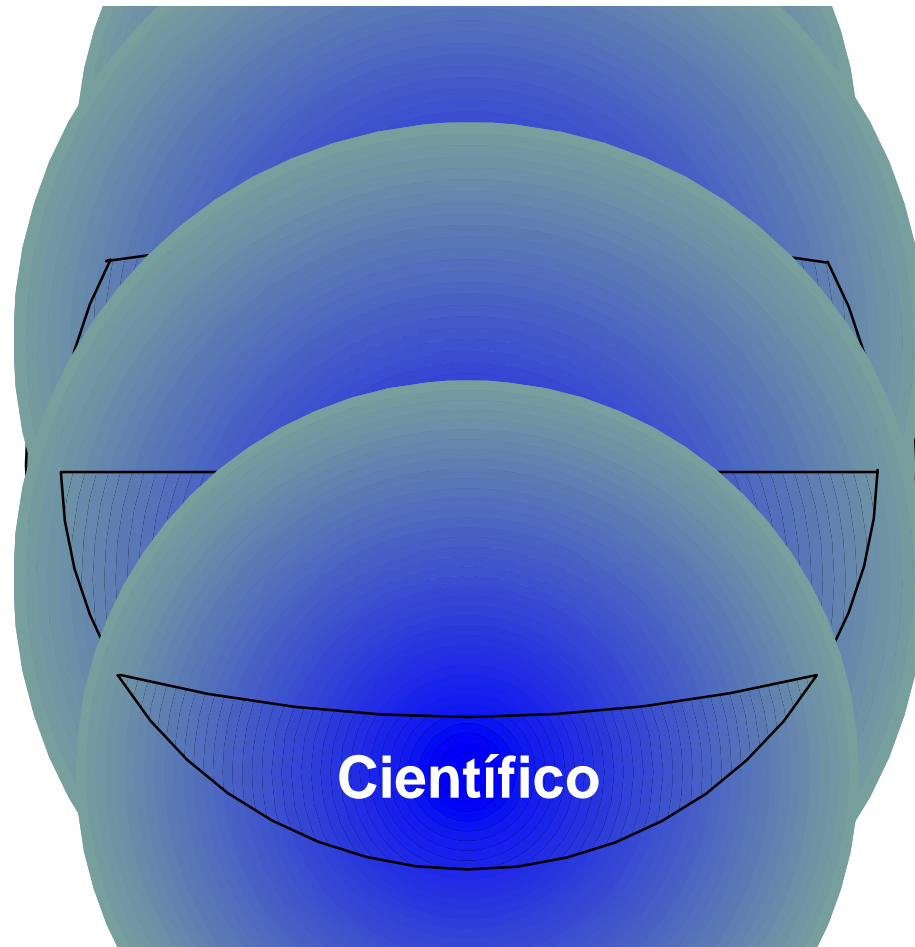
Relação (Reservas / Produção) de Petróleo Ano 2000



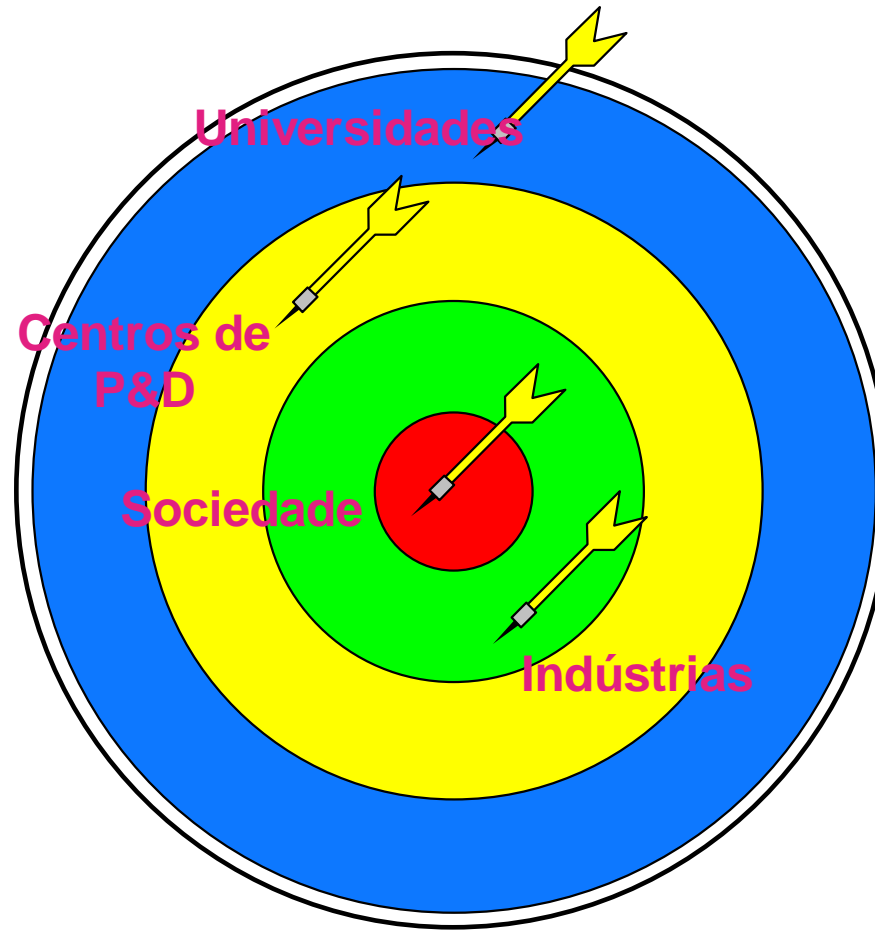
Curva de Conhecimento e de Domínio da Tecnologia Viscosidade Tecnológica



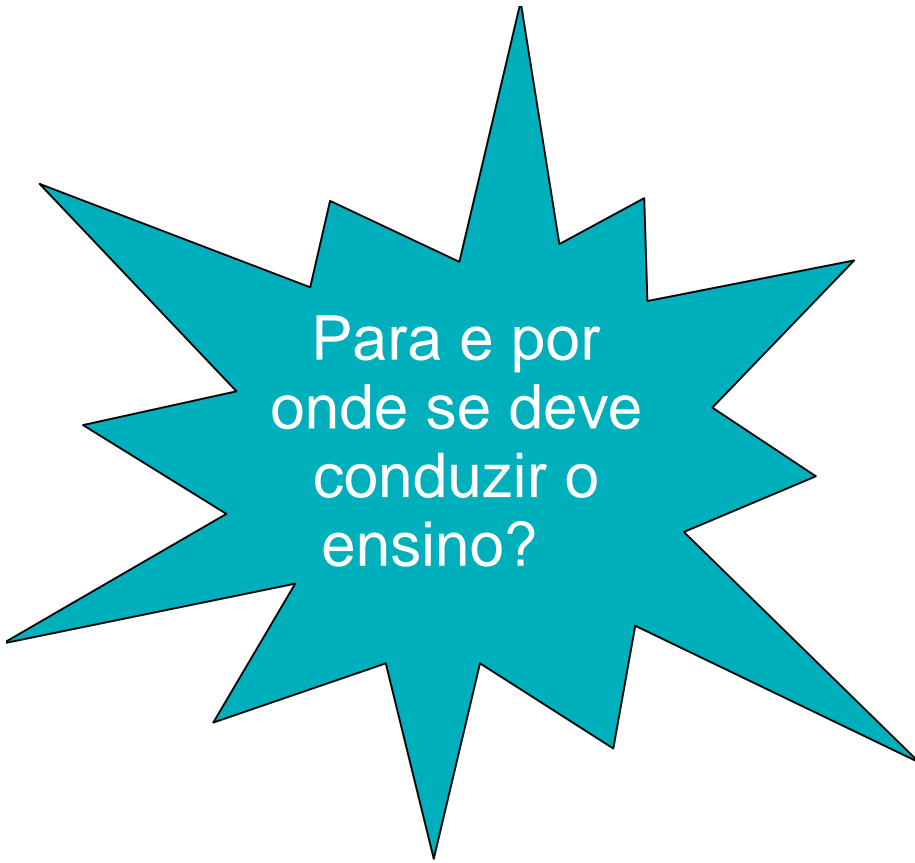
Espaço Simplificado das Transferências Tecnológicas



Alvo a ser atingido

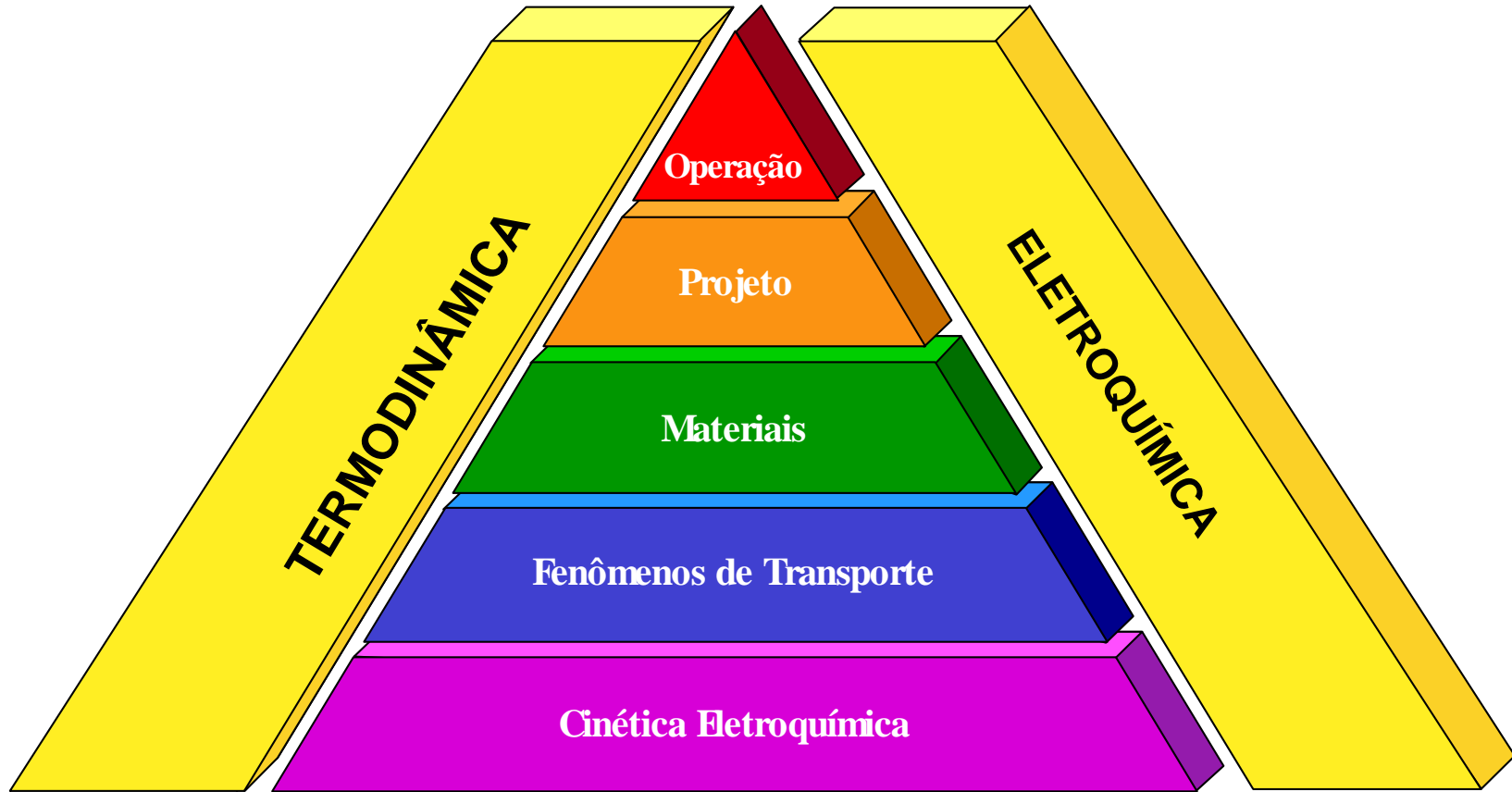


Ensino sobre Pilhas de Combustível



Para e por
onde se deve
conduzir o
ensino?

Estrutura Básica do Ensino



Objetivos Propostos

- Formar pesquisadores com elevado "**espírito crítico**".
- Criar "escola" com forte conhecimento científico.
- Criar "escola" científico-tecnológica adequada.
- Criar "massa crítica" de pesquisadores formando "escola"
- Interagir com o meio externo (acadêmico / industrial)
- Criar "escola" com conhecimento em **Previsão Tecnológica a Médio e Longos Prazos**
- Criar "escola" capaz de sondar futuro e as tendências científico-tecnológicas
- Criar "escola" que saiba o "**como**", o "**porque**", o "**para que**", o "**quando**"

Ensino e Mentalidade Científica

Perfil da Equipe de P&D

- Líder com formação (ética e técnica) e decisão
- Aptos e bem treinados no assunto abordado.
- Capacidade de tornar viáveis as tarefas de P&D.
- Prever rumos pertinentes para a pesquisa.
- Conceber dispositivos experimentais adequados.
- Realizar experimentos sabendo **“ver” e não só olhar.**
- Rever as linhas de pesquisa frente aos dados obtidos.
- Ter capacidade de passar do laboratório para o piloto.
- Saber integrar resultados de fontes diversas.

Espírito Crítico da Equipe

Conhecimento Estático versus Assimilação Dinâmica

- **Não se limite a ver apenas equipamentos e carcaças.**
- **Conheça o que ocorre dentro deles (perfis) de T, P e C.**
- **Não limite à certas operações como sendo as únicas alternativas viáveis do processo.**
- **Busque a criação de outras alternativas.**
- **Analise ao detalhe as novas alternativas.**

Conceito de Campo Maxwell (1831 – 1879)

Campos e Efeitos

- **Campo Gravitacional: efeitos ponderomotrizes**
- **Campo Elétrico: efeitos eletromotrizes**
- **Campo Termodinâmico: efeitos termomotrizes**
- **Campo Conhecimento: efeitos sociomotrizes**

Funções Potenciais

- **Campo associado a uma função potencial**
- **Campo Gravitacional** tem função potencial gravitacional
- $(-\text{grad } V_m)$
- **Campo Elétrico** tem a função potencial elétrico
- $(-\text{grad } V_e)$
- **Campo Termodinâmico** tem a função potencial Temperatura Termodinâmica
- $(-\text{grad } T)$
- **Campo Conhecimento** tem a função sócio-tecnológica
- $(-\text{grad } V_{st})$

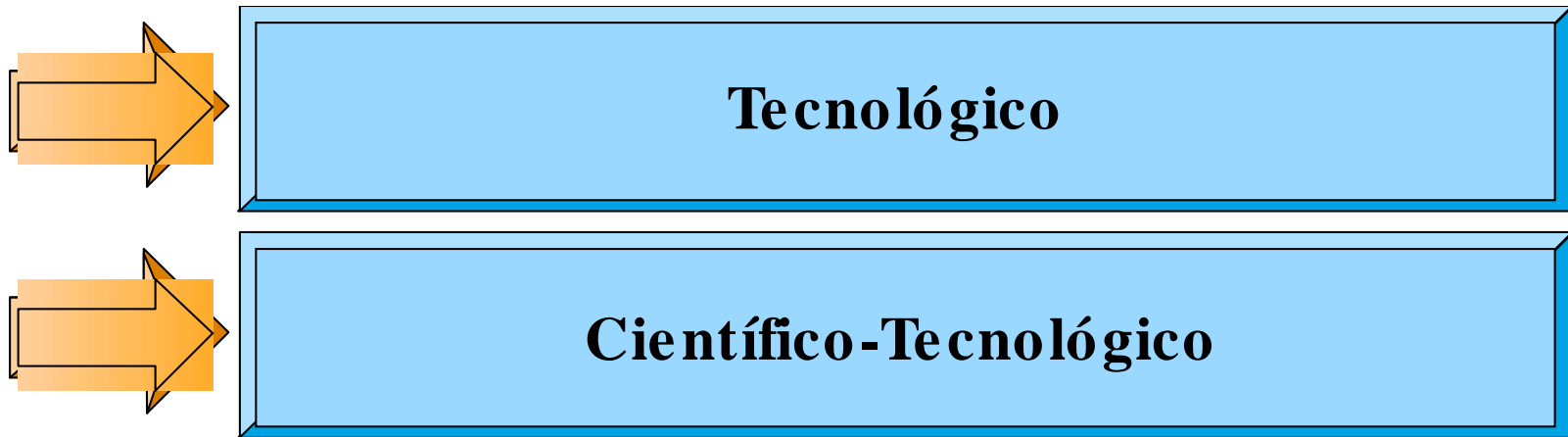
- Onde Um campo está sempre associado a uma função potencial, que é um escalar, representada pelo operador vetorial diferencial **GRADIENTE**

Fluxos

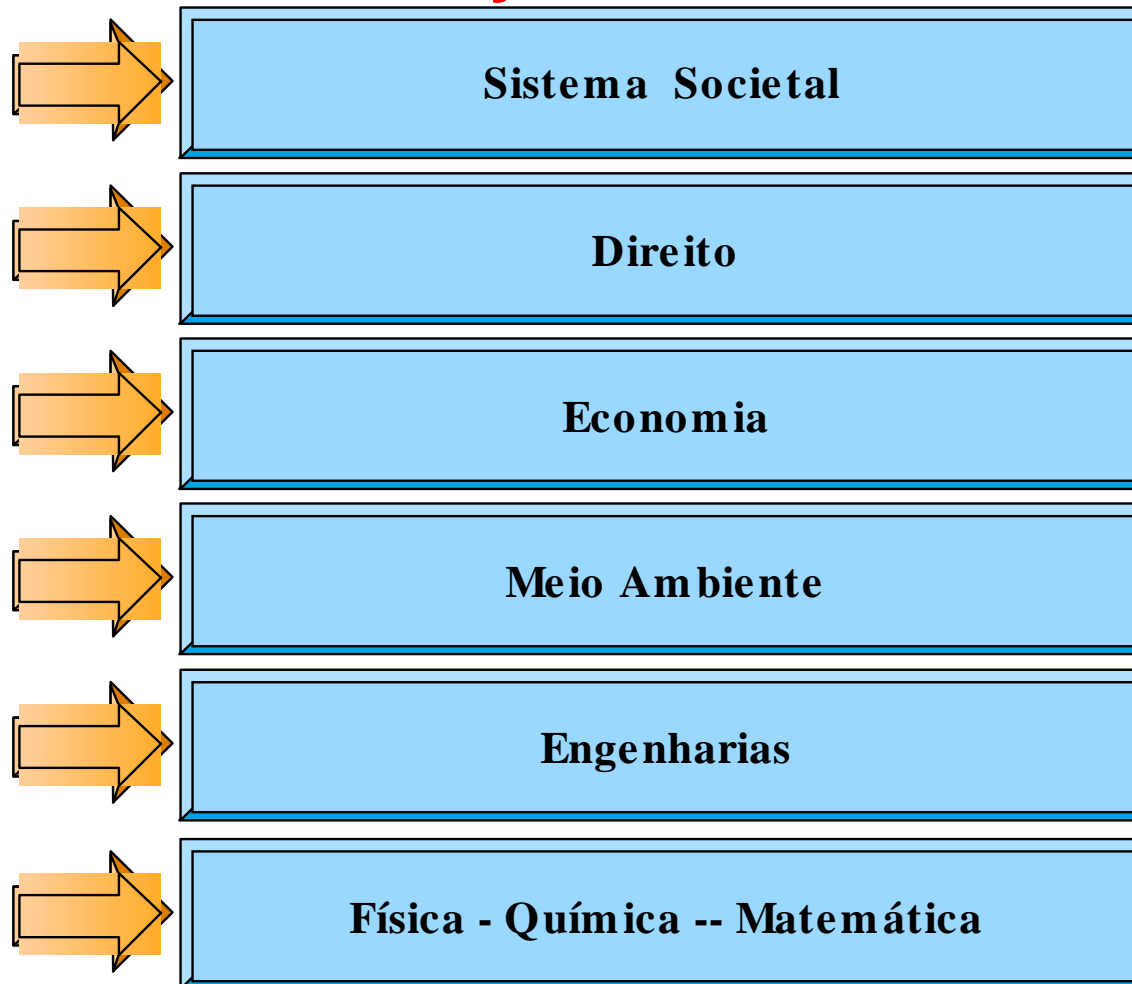
Densidades de Corrente

- **Vetor densidade de corrente elétrica**
 - Condutividade elétrica
- **Vetor densidade de corrente entrópica**
 - Condutividade entrópica
- **Vetor densidade de corrente mássica**
 - Condutividade mássica
- **Vetor densidade de corrente conhecimento**
 - Condutividade conhecimento

Vetores “Campo Conhecimento”



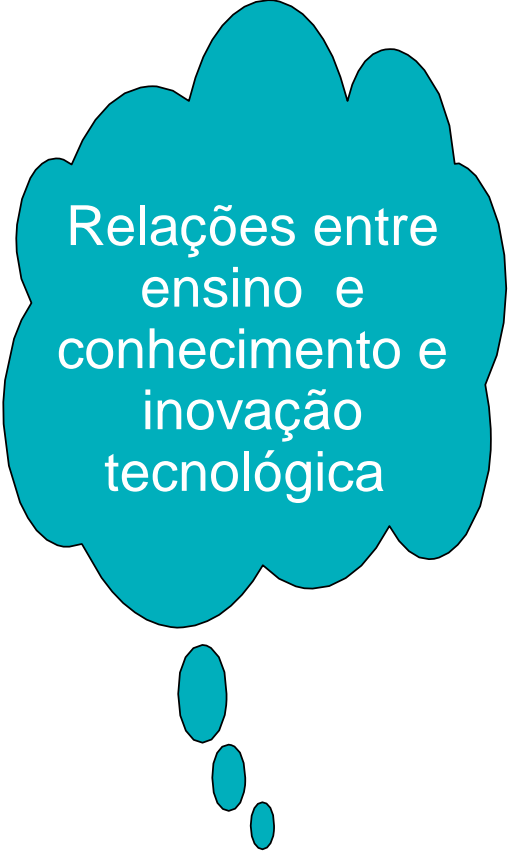
“Vetores Campo Conhecimento” e suas Fôrças Motrizes



Escopo do Projeto de Ensino

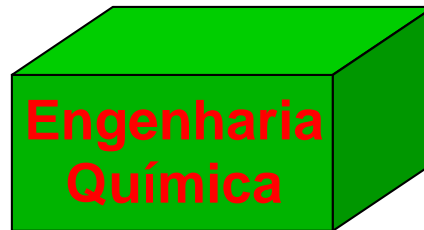
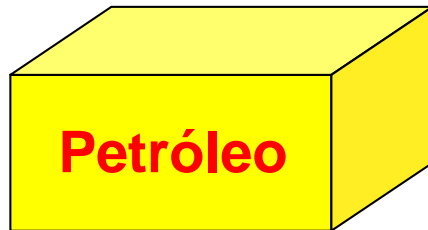
- **Formar "escola científica" desenvolvendo tecnologia em:**
 - Pilhas tipo PEMFC
 - Pilhas tipo PAFC
 - Pilhas Tipo MCFC
 - Pilhas Tipo SOFC
- **Projeto de Reatores Eletroquímicos**
- **Análise Técnico-Econômica de Dispositivos Eletroquímicos**
- **Metodologias de Previsão Tecnológica a Médio e Longo Prazos**
- **Análise de Cenários das Pilhas para Futuros tipo:**
 - Determinista
 - Aleatório
 - Indeterminado

Mudanças no Ensino

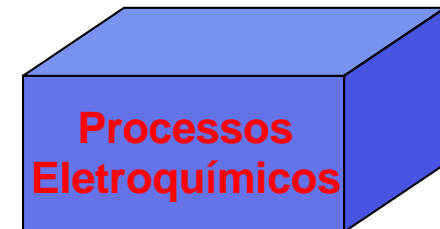
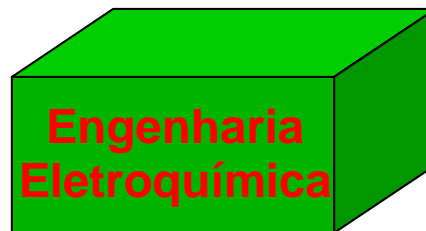


Relações entre
ensino e
conhecimento e
inovação
tecnológica

Fases da Engenharia Química Era do "Rei Petróleo"



Fases da Engenharia Eletroquímica Era do "Rei Hidrogênio"



Áreas do Conhecimento

- **Termodinâmica Macroscópica: Sistemas de Partículas Eletrizadas**
- **Eletroquímica**
- **Novos Materiais: metálicos e poliméricos**
- **Reatores Eletroquímicos**
- **Modelagem e Simulação em Reatores Eletroquímicos**
- **Estratégia dos Processos Químicos e Eletroquímicos**
- **Projeto de Pilhas de Combustível**
 - **Projetos Conceituais**
 - **Projeto Básico**
 - **Projeto Detalhado**
- **Análise Técnico-Econômica**
- **Previsão Tecnológica** para médio e longo prazos: tipos de futuros

Definições

Tipos de Futuros

- **Futuro Determinista:** para dado instante t , com base no patrimônio científico e técnico existente pode ser determinado com suficiente aproximação.
- **Futuro aleatório**
 - **Futuro aleatório probabilizável:** os acontecimentos satisfazem a uma lei de distribuição de probabilidades.
 - **Futuro incerto:** não se vislumbra qualquer lei de distribuição.
- **Futuro Indeterminado:** os acontecimentos além de serem aleatórios (incertos) estão fortemente dependentes de outros acontecimentos, os quais podem ser hostis.

Termodinâmica Macroscópica

- Primeira Lei da Termodinâmica
- Segunda Lei da Termodinâmica
- Pilhas e sistemas reversíveis
- Potenciais químicos e afinidades químicas
- Potenciais eletroquímicos e afinidades eletroquímicas
- Transformações irreversíveis
- **Efeitos Acoplados**

Cinética de Eletrodos

- **Eletrodos e semi-pilhas**
- **Dupla camada elétrica**
- **Densidade de corrente limite**
- **Equação de Tafel**
- **Eletrodo de Hidrogênio**
- **Eletrocatalise**

Fenômenos de Transporte

- Fenômenos de Transporte em Sistemas com Partículas Eletrizadas
- Transferência de Momento
- Transferência de Energia
- Transporte de Massa
- Transferência de massa sem convecção
- Transferência simultânea de massa e momento
- Transferência de massa com convecção
- T.M. em eletrodos horizontais de placa plana com convecção
- T.M. em eletrodos de placa plana com convecção forçada

Pilha de Combustível como Reator Eletroquímico

- **Conceitos Gerais da Eletroquímica**
- **Transferência de calor e massa em sistemas com partículas eletrizadas**
- **Tipos de reatores eletroquímicos**
- **Projeto de reatores**
- **Ampliação de escala**
- **Estimativa de custos**

Estratégia dos Processos Químicos (Reforma) e Eletroquímicos (Pilha)

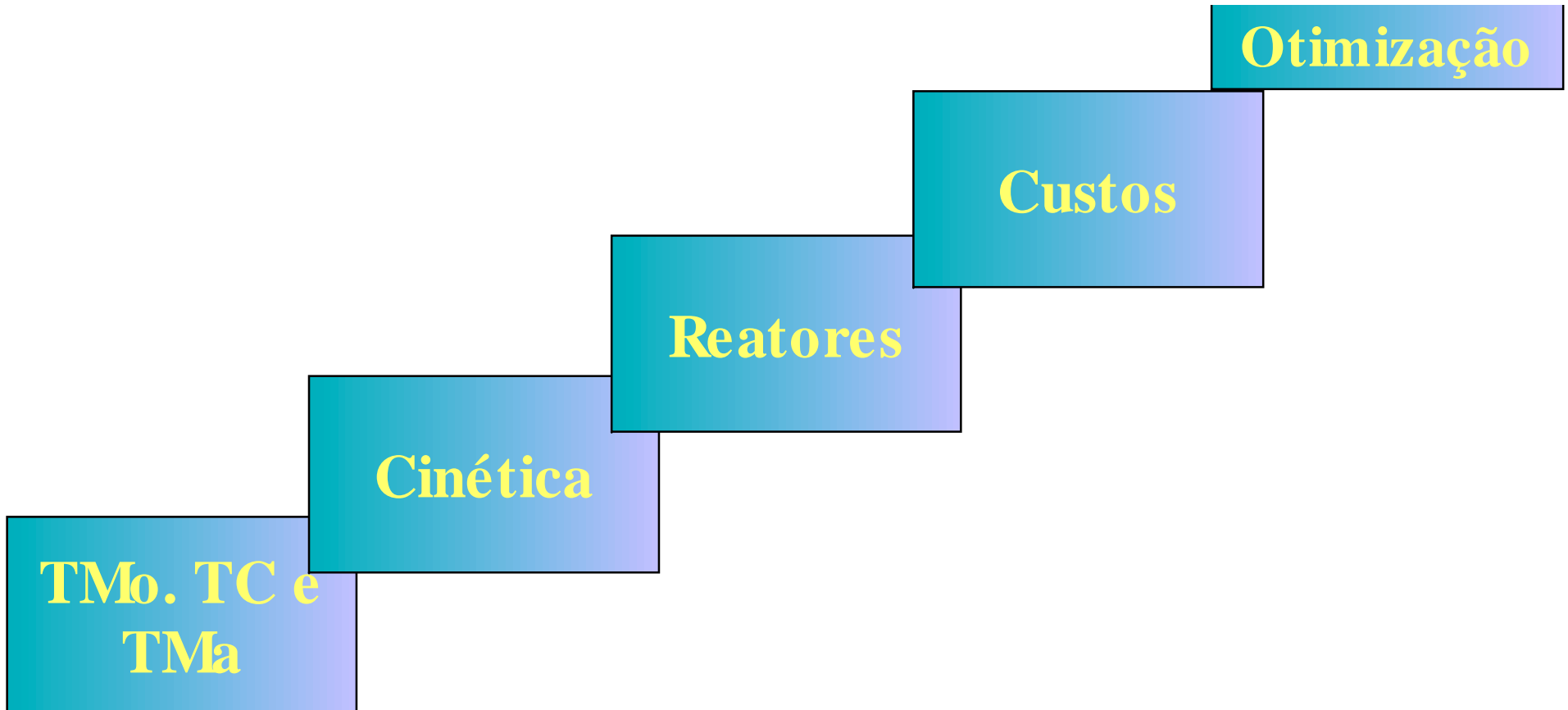
- Alternativas para Processos Químicos e Eletroquímicos.
- Variáveis de Processo e Variáveis de Projeto.
- **Graus de Liberdade** dos sistemas: equipamentos e plantas
- **Fluxos de Informação** para Plantas Químicas e Eletroquímicas
- Fluxogramas para Plantas Geradoras de Energia
- Definição do Projeto Conceitual.
- Definição do Projeto Básico.
- Análise Técnico-Econômica.
- Estimativa de Custos
- Análise em ambientes incertos

Materiais

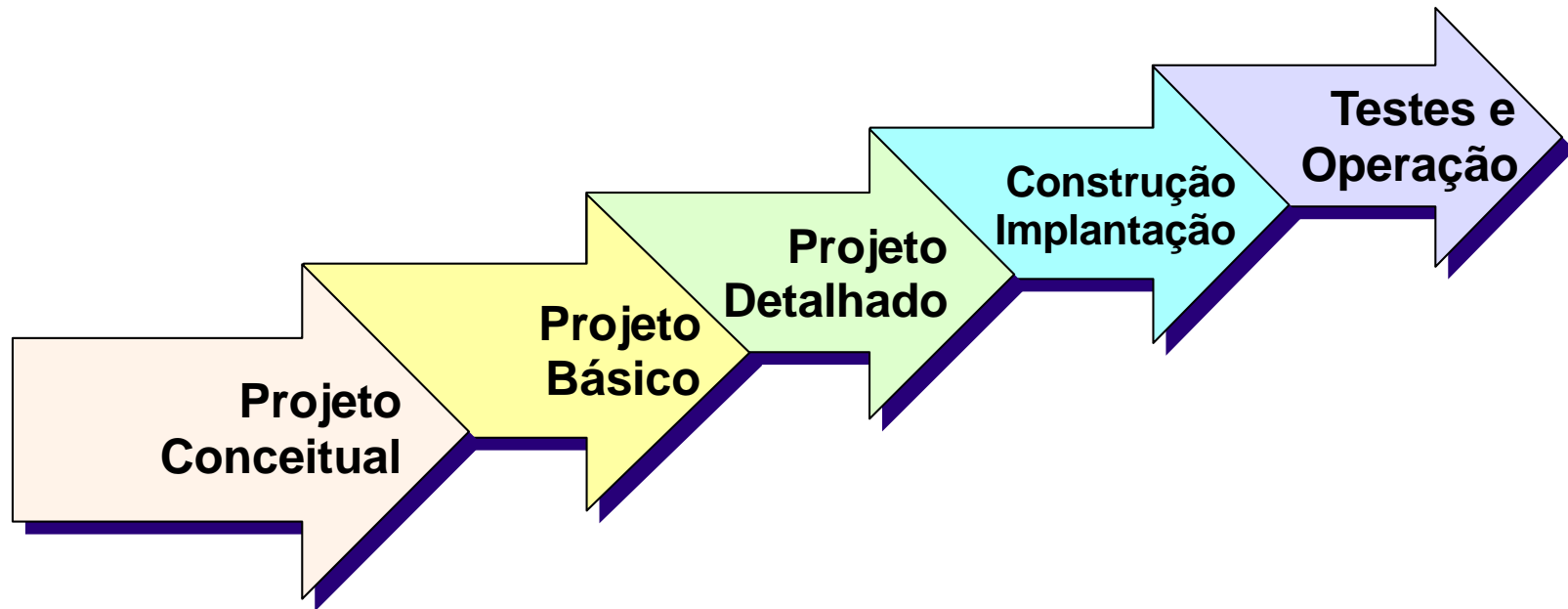
- **Estrutura dos eletrodos e os fenômenos de superfície**
- **Materiais cerâmicos**
- **Materiais carbonosos**
- **Materiais poliméricos**
 - **Novas membranas poliméricas (temperaturas altas)**
- **Materiais metálicos**
- **Tempo de vida dos equipamentos e componentes**
- **Tipos e taxas de corrosão**
- **Interferência de contaminantes nos processos eletroquímicos**
- **Especificações das matérias primas e materiais em geral**

Engenharia Eletroquímica

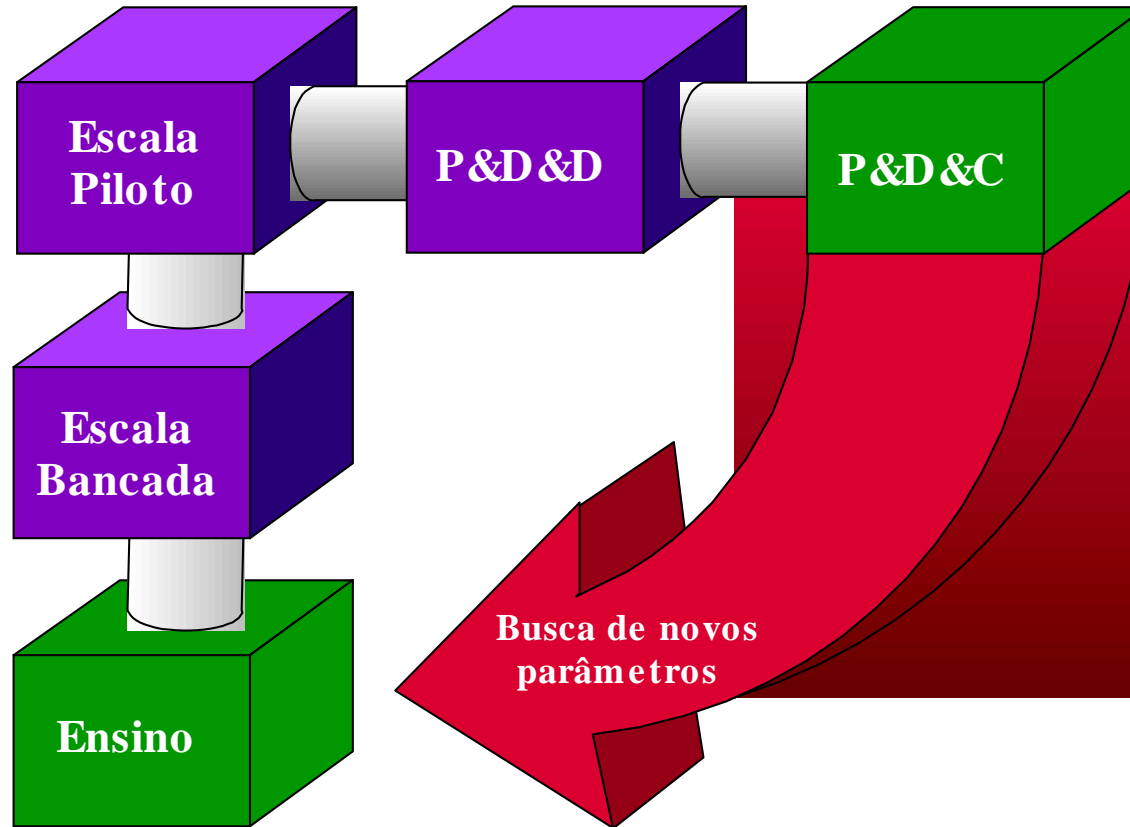
Sistemas com Partículas Eletrizadas



Fases do Projeto



Ciclo do Binário Ensino - P&D



Disciplinas Oferecidas

- **Introdução à Tecnologia das Células de Combustível**
Prof. Dr. Marcelo Linardi
- **Tópicos de Eletroquímica: Princípios e aplicações em materiais nucleares e não nucleares**
Profa. Dra. Christina Aparecida Leão Guedes de Oliveira Forbicini
- **Pilhas de Combustível: Projeto e Análise Técnico-Econômica**
Prof. Dr. Wagner dos Santos Oliveira
- **Tópicos Avançados em Pilhas de Combustível: Fenômenos de Transporte e os Sistemas Eletroquímicos**
Prof. Dr. Wagner dos Santos Oliveira
- **Tópicos Especiais em Pilhas de Combustível: Membranas Poliméricas, Materiais Carbonosos e Metálicos**
Prof. Dr. Wagner dos Santos Oliveira
- **Projeto de Reatores Eletroquímicos**
Prof. Dr. Wagner dos Santos Oliveira

Recursos

- **Existentes**
 - Equipe de professores
 - Laboratórios de Células de Combustível
 - Laboratórios de Catálise: Estudo da Reforma
- **A adquirir**
 - Aumentar o número de professores dando aulas
 - Laboratórios de Computação - Simulação de Processos
 - Instalações Pilotos para as Pilhas de Combustível
 - Laboratórios de elétrico-eletrônica e instrumentação
 - Laboratórios para Testes e Certificação

Melhorias e Novas Áreas de Interesse

- **Oferecimento de novas disciplinas**
- **Áreas de conhecimento a serem desenvolvidas:**
 - **Estudo de Eletrólitos Sólidos**
 - **Difusão no Estado Sólido**
 - **Normas e Padrões**
 - **Direto Ambiental**
 - **Poluição e Meio Ambiente**
 - **Teorias de Localização: Geração Localizada e Distribuída**
 - **Cogeração de Energia**
 - **Pilhas de Combustível e Bombas Entrópicas (Heat Pump)**
 - **Aplicações Militares em Sistemas de Defesa**

Metas a serem atingidas no Ensino (4 anos)

- **Sete (7) mestrados**
- **Três (3) doutorandos**

Referências Bibliográficas

Livros Texto

- **Exemplos de livros texto**
- **TICIANELLI, E. A., GONZALEZ, E. R. Eletroquímica - Princípios e Aplicações. São Paulo: Edusp, 1998.**
- **APPLEBY, A J.; FOULKES, F.R.. Fuel Cell Handbook. Van Nostrand Reinhold, New York, 1988.**
- **BLOMEN, L. J. M. J.; MUGERWA, M. N.. Fuel Cell Systems. Plenum Press, New York, 1993**
- **GOODRIDGE, F.; SCOTT, K. Electrochemical Process Engineering. Plenum Press, New York, 1995**
- **LIEBHAFSKY, H. A; CAIRNS, E. J.. Fuel Cells and Fuel Batteries: A Guide to Their Research and Development. John Wiley, New York, 1968.**
- **APPLEBY, A J.. Fuel Cells: Trends in Research and Applications. Hemisphere Publishing, New York, 1987.**

Referências Bibliográficas Periódicos

- **Artigos selecionados dos seguintes periódicos:**
- Journal of Power Sources.
- Journal of Membrane Science.
- Solid State Ionics.
- Journal of Electroanalytical Chemistry.
- Desalination.
- Fuel.
- Electrochimica Acta.
- Solid State Ionics.
- Journal of Hydrogen Energy.
- Catalysis Today.
- Progress in Polymer Science.
- Journal of Applied Electrochemistry.
- Polymer.

Sugestões

- **Criar um Projeto Estratégico Nacional com objetivo bem definido**
- **Estabelecer um rígido cronograma para esse programa de P&D**
- **Dar prioridade a Pilhas alimentadas com Etanol**
- **Formação de equipe multidisciplinar**
- **Interagir intensamente com a Indústria Nacional e Estrangeira**
- **Nessa interação, percorrer as etapas:**
 - **Piloto**
 - **Semi-Industrial, Demonstração e Comercialização**
 - **Escala Industrial**