

PROCEL



PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO A PARTIR DA REFORMA DO ETANOL

VANDERLEI SÉRGIO BERGAMASCHI

E-mail: vsberga@ipen.br

PROCEL / IPEN-SP

OUTUBRO / 2003

COMBUSTÍVEL

PETRÓLEO:

VANTAGENS:

- LÍQUIDO DE FÁCIL MANUSEIO*
- ALTO PODER ENERGÉTICO*

DESVANTAGENS:

- ALTO VALOR DE MERCADO*
- DIMINUIÇÃO DAS RESERVAS*
- ALTAMENTE POLUENTE*

CÉLULA A COMBUSTÍVEL

Características:

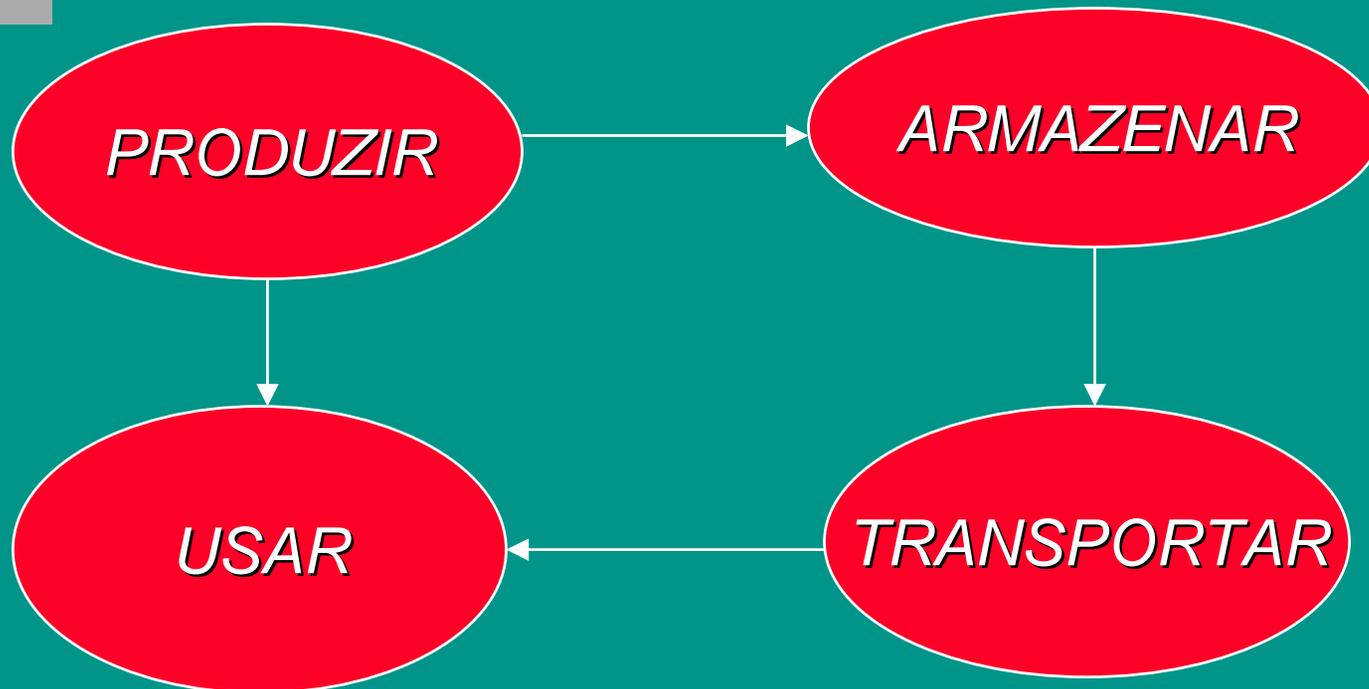
- *PRODUÇÃO DE ENERGIA*
- *EFICIÊNCIA DE ENERGIA*
- *ECONOMIA DE ENERGIA*
- *ENERGIA AMBIENTALMENTE LIMPA*
- *AUSÊNCIA DE RUÍDOS*

COMBUSTÍVEL UTILIZADO:

- ***HIDROGÊNIO (H_2)***

HIDROGÊNIO

ETAPAS TECNOLÓGICAS:



HIDROGÊNIO

COMO FONTE DE ENERGIA EM CÉLULA A COMBUSTÍVEL:

- PRODUZ ALTA QUANTIDADE DE ENERGIA***
- NÃO PRODUZ POLUENTES***
- RECURSO ENERGÉTICO – INESGOTÁVEL***
- COMBUSTÍVEL UNIVERSAL***

HIDROGÊNIO

BARREIRAS TECNOLÓGICAS:

- CUSTO***
- INFRAESTRUTURA DE DISTRIBUIÇÃO***
- ESPAÇO (PESO E VOLUME)***
- DURABILIDADE***
- TEMPO DE REABASTECIMENTO***
- NORMAS E PADRÕES DE SEGURANÇA***

HIDROGÊNIO

OCORRÊNCIA:

1- FORMA MOLECULAR:

*O HIDROGÊNIO PODE OCORRER
NATURALMENTE COMO MOLECULA
DIATOMICA (H_2):*

- REGIÕES VULCÂNICAS, AR ATMOSFÉRICO

HIDROGÊNIO

OCORRÊNCIA:

2 - FORMA COMBINADA – IÔNICA

-ÁGUA: H_2O

-ÁCIDOS: H_3O^+

-BASES: OH^-

-HIDRETOS

-COMPOSTOS ORGÂNICOS

HIDROGÊNIO

PROPRIEDADES FÍSICAS:

- O HIDROGÊNIO NA FORMA PURA E EM CONDIÇÕES NORMAIS (T, P) É UM GAS*
- INCOLOR, INSIPIDO E INODORO.*
- P.E. = - 252,7 °C*
- P.F. = - 259,2 °C*
- DENSIDADE = 0,089 g.L⁻¹*

HIDROGÊNIO

- *O HIDROGÊNIO APRESENTA:*
- *ALTO CONTEUDO DE ENERGIA POR PESO (3X)*
- *MAIOR VELOCIDADE DE COMBUSTÃO*
- *LIMITES ALTOS DE INFLAMABILIDADE*
- *TEMPERATURAS DE DETONAÇÃO MAIS ALTAS*
- *MENOR ENERGIA DE IGNIÇÃO*
- *MENOR DENSIDADE*
- *BOM CONDUTOR DE CALOR E ELETRICIDADE*
- *COMBINA COM OXIGÊNIO PARA FORMAR H₂O*

HIDROGÊNIO

■ *VETOR DE ENERGIA*



HIDROGÊNIO

■ *PRODUÇÃO MUNDIAL DE H₂*

| <i>ORIGEM</i> | <i>QT (bilhões) Nm³ / ano</i> | <i>%</i> |
|--------------------|--|------------|
| <i>Gás Natural</i> | <i>240</i> | <i>48</i> |
| <i>Óleo</i> | <i>150</i> | <i>30</i> |
| <i>Carvão</i> | <i>90</i> | <i>18</i> |
| <i>Eletrólise</i> | <i>20</i> | <i>4</i> |
| <i>Total</i> | <i>500</i> | <i>100</i> |

HIDROGÊNIO

■ *APLICAÇÕES DO H₂*

- *COMBUSTÍVEL*

- *PRODUÇÃO DA AMÔNIA (50%)*
- *INDÚSTRIA PETROQUÍMICA (37%)*

HIDROGÊNIO

FONTES DE ENERGIA

| <i>RENOVÁVEIS</i> | <i>NÃO RENOVÁVEIS</i> |
|-----------------------------|---|
| <i>HIDROELÉTRICA</i> | <i>FÓSSIL</i> <i>(carvão, petróleo, GN)</i> |
| <i>SOLAR</i> | <i>NUCLEAR (U, Th)</i> |
| <i>EÓLICA</i> | |
| <i>BIOMASSA</i> | |

HIDROGÊNIO

MÉTODOS DE OBTENÇÃO

| <i>MATÉRIA PRIMA</i> | <i>MÉTODOS</i> | <i>PRODUTO</i> |
|----------------------------|-------------------|----------------|
| <i>ÁGUA</i> | <i>ELETRÓLISE</i> | H_2 |
| <i>COMPOSTOS ORGÂNICOS</i> | <i>REFORMA</i> | H_2 |

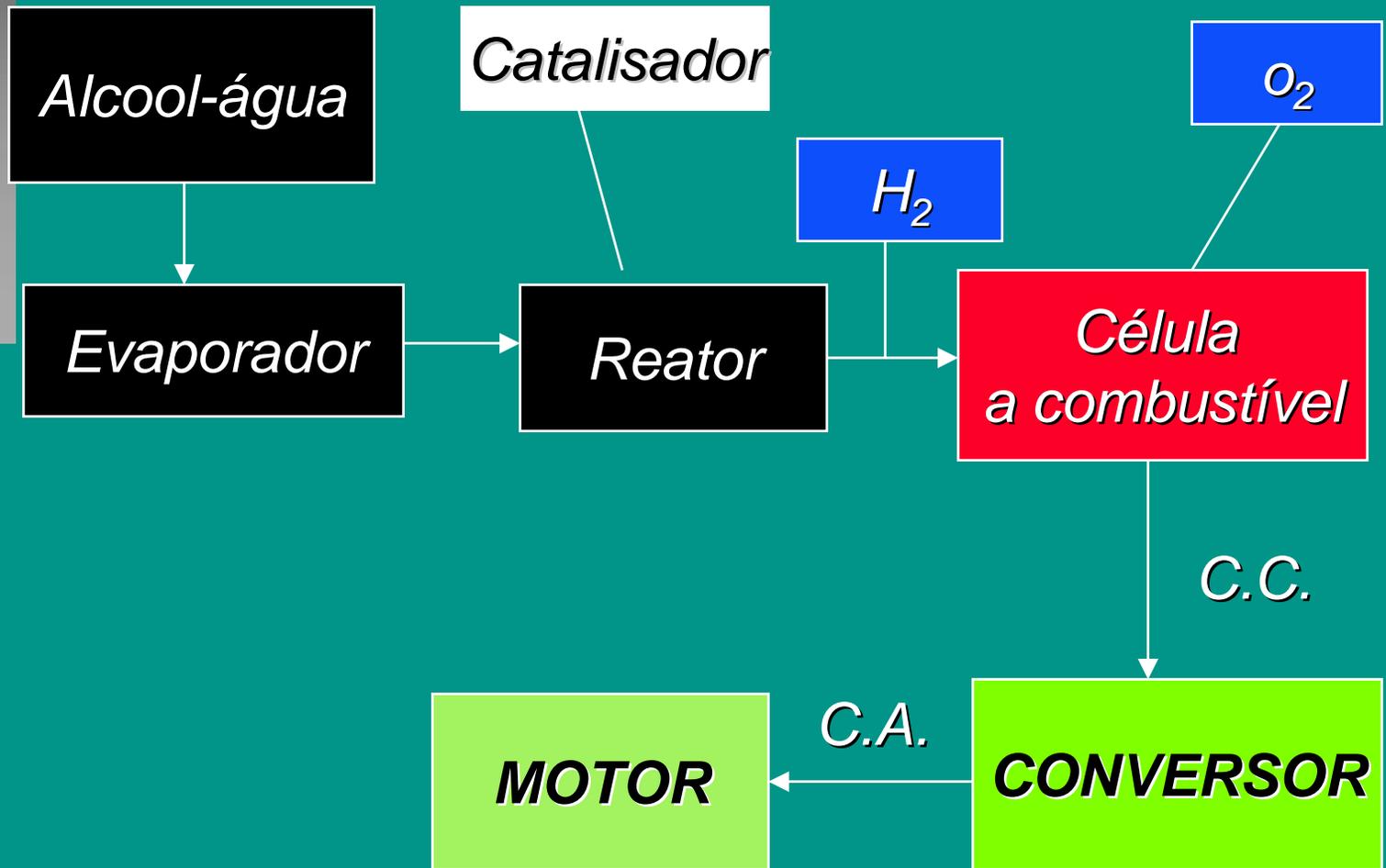
HIDROGÊNIO

REFORMA A VAPOR DO ETANOL:

OBJETIVO:

- DESENVOLVER CATALISADORES PARA TRANSFORMAÇÃO DO ETANOL EM HIDROGÊNIO***

HIDROGÊNIO



ETANOL

GERAÇÃO DE H₂ A PARTIR DO ETANOL PRINCIPAIS REAÇÕES



ETANOL

■ *COMBUSTÍVEL PRIMÁRIO*

VANTAGENS:

- *FONTE RENOVÁVEL (CICLO DO OXIGÊNIO)*
- *MAIOR DENSIDADE VOLUMÉTRICA*
- *MENOR PONTO DE FULGOR*
- *MENOR PRESSÃO DE VAPOR*
- *FÁCIL MANUSEIO – MENOS TÓXICO*
- *ETAPA DE PRÉ-TRATAMENTO*
- *COMBUSTÍVEL LÍQUIDO*
- *PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO JÁ EXISTENTE*

CATALISADOR

SUORTE CATALÍTICO – CERÂMICO

- *ESTABILIDADE A ALTAS TEMPERATURAS*
- *BOA RESISTÊNCIA MECÂNICA*
- *BOA ESTABILIDADE QUÍMICA*

USO:

- MANTER A ESTRUTURA POROSA*
- PREVENIR QUEBRA DURANTE AQUECIMENTO*
- CONTROLAR O TAMANHO DAS PARTÍCULAS E DOS POROS*

CATALISADOR

CATALISADORES - PROPORCIONAM:

- BAIXAS TEMP. DE OPERAÇÃO DO SISTEMA*
- CURTO TEMPO DA REAÇÃO*

DEVEM APRESENTAR:

- CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DE HIDROGÊNIO*
- ALTA ÁREA DE SUPERFÍCIE ESPECÍFICA*
- RESISTÊNCIA QUÍMICA A CONTAMINANTES*
- RESISTÊNCIA A VARIAÇÕES DE TEMP. E PRESSÕES*
- ATIVOS E DURÁVEIS*
- AUMENTAR O RENDIMENTO EM HIDROGÊNIO*

CATALISADOR

PARÂMETROS ESTUDADOS

1 - SISTEMA CATALÍTICO:

■ *SUORTE CERÂMICO:*

- ZIRCÔNIA, ALUMINA, TITÂNIA, SÍLICA

■ *CATALISADORES:*

- METAIS DE TRANSIÇÃO:

Ni, Cu, Co, Mn, Cr, Mo, Zn

- METAIS NOBRES:

Pd, Pt, Ag

CATALISADOR

PARÂMETROS ESTUDADOS:

2- REFORMA A VAPOR DO ETANOL:

- RELAÇÃO MOLAR DA MISTURA: ÁGUA/EtOH*
- TEMPERATURA DE REFORMA DO ETANOL*
- FLUXO DE ALIMENTAÇÃO DO COMBUSTÍVEL*
- TEMPO DE ATIVIDADE CATALÍTICA*

PROCEL



***1º ENCONTRO IPEN SOBRE
CÉLULA A COMBUSTÍVEL***

PROGRAMA CÉLULA A COMBUSTÍVEL

REFORMA DO ETANOL

VANDERLEI SÉRGIO BERGAMASCHI

OUTUBRO / 2003