

Filomena Pinto

Filomena.pinto@Ineg.pt

210 92 4787

Critérios de avaliação

Avaliação Contínua

0,60 Teste + 0,20 Trabalho Teórico + 0,20 Apresentação

Nota: Classificação mínima na prova escrita – 9 v. (0 – 20v.)

Avaliação por Exame

100% Exame

Evaluation Options

Continuous Evaluation

0,60 Test + 0,20 Theoretical work + 0,20 Presentation of the work

Nota: Minimum mark in written test – 9 v. (0 – 20v.)

By Examination

100% Examination

Índice

➤ Introdução

- ❖ O que é o hidrogénio
- ❖ Historial
 - Aplicações actuais do hidrogénio
- ❖ Porquê do uso do hidrogénio como forma de energia
- ❖ Economia do Hidrogénio
 - Barreiras
 - Políticas/Sociais
 - Económicas
 - Infra-estruturas
 - Questões de segurança e regulamentação
 - Incentivos
 - Desenvolvimento económico e aumento populacional
 - Segurança energética e de fornecimento
 - Alterações climáticas
 - Qualidade do ar
 - Investimento de grandes empresas
 - Investimentos institucionais
 - Portugal
 - O curto prazo e as células de combustível

Índice

➤ Fontes e meios de produção

❖ “Reforming de combustíveis”

- “Steam reforming”
- Oxidação parcial de hidrocarbonetos pesados
- Reforming Autotérmico

❖ Conversão termoquímica de combustíveis sólidos

Gasificação

- Gasificação do carvão
- Gasificação de biomassa

Pirólise

- Pirólise de hidrocarbonetos
- Pirólise de biomassa

❖ Electrólise

- Origem não renovável
- Origem renovável
 - Hidroelétrica
 - Eólica
 - Geotérmica
 - Solar
 - Fotovoltaica
 - Térmica

Índice

- ❖ Fotoelectrólise ou electrólise assistida

- ❖ Conversão biológica

- Digestão anaeróbia
- Processos fotobiológicos

- ❖ Processos térmicos

- Processos termoquímicos
 - Ciclo do Zinco
 - Ciclo Westinghouse
 - Ciclo GA's Sulfur – Iodine
 - Ciclo UT-3

- Decomposição térmica da água

- **Ciclo de vida dos sistemas energéticos do H₂**

- ❖ Emissões de CO₂
- ❖ Custos associados

- **Manuseamento do H₂**

- ❖ Propriedades Físicas e Químicas
- ❖ Segurança

Índice

➤ Armazenamento e Transporte

- ❖ Armazenamento líquido
- ❖ Armazenamento de gás comprimido
- ❖ Hidretos metálicos
- ❖ Nanotubos
- ❖ Micro-esferas de vidro
- ❖ Armazenamento sob a forma de outros compostos químicos

➤ Aplicações

❖ Tipos

- Combustão directa em motores de combustão interna e turbinas
- Processos electroquímicos em pilhas de combustível
 - Células de combustível alcalinas (AFC)
 - Células de combustível ácido fosfóricas (PAFC)
 - Células de combustível de carbonato fundido (MCFC)
 - Células de combustível de óxido sólido (SOFC)
 - Células de combustível com membrana de permuta de protões
 - Células de combustível de metanol directo (DMFC)
 - Células de combustível de Zinco-ar
 - Células de combustível regenerativas

Índice

- **O futuro do H2: soluções para a mobilidade sustentável**
 - ❖ Células de combustível
 - ❖ Combustão interna de hidrogénio

- **Situação internacional**
 - ❖ Japão
 - ❖ EUA
 - ❖ União Europeia
 - ❖ Islândia

- **O Hidrogénio em Portugal**

- **Necessidades de I&D para incrementar a utilização de hidrogénio para produção de energia**

Calendarização das Aulas Teorico-Práticas

Data	Sumário
27 de Fevereiro	Apresentação. Descrição do funcionamento da disciplina.
5 de Março	Problema I
12 de Março	Problema II
19 de Março	Problema III
26 de Março	Problema IV
2 de Abril	Problema IV
16 de Abril	Apresentações do índice e do progresso dos trabalhos Conclusão dos Problemas Anteriores
23 de Abril	Problema V
30 de Abril	Problema VI
7 de Maio	Problema VI
14 de Maio	Revisões – Problema de Revisão
21 de Maio	Apresentações dos Trabalhos
28 de Maio	Apresentações dos Trabalhos/Teste ?

Summary of Theoretical and Practical Lessons

Data	Summary
27th February	Presentation. Description of the semester
5th March	Problem I
12th March	Problem II
19th March	Problem III
26th March	Problem IV
2nd April	Problem IV
16th April	Presentations of the index and of the work progress. Revision/conclusion of previous Problems
23rd April	Problem V
30th April	Problem VI
7th May	Problem VI
14th May	Revisions
22th May	Presentation of Theoretical Works
28th May	Presentation of Theoretical Works / Examination ?

Temas para trabalhos teóricos

- 1) Problemas e benefícios duma economia baseada no hidrogénio, considerando os aspetos da produção e utilização.
- 2) A utilização de hidrogénio como fonte de energia - problema ou solução para a crise energética?
- 3) Comparação entre os principais métodos de produção de hidrogénio.
- 4) Produção de hidrogénio a partir da utilização de fontes renováveis.
- 5) Métodos para produção de bio-hidrogénio.
- 6) Produção de energia a partir da utilização de hidrogénio em pilhas de combustível.
- 7) Produção de energia a partir da combustão de hidrogénio.
- 8) Produção de hidrogénio a partir de gasificação de biomassa e/ou de resíduos.
- 9) Opções para a utilização de hidrogénio no sector automóvel.
- 10) Problemas e soluções associados ao armazenamento e transporte de hidrogénio.
- 11) Necessidades de I&D para incrementar a utilização de hidrogénio para produção de energia.
- 12) Principais projetos de demonstração na área da utilização de hidrogénio.
- 13) Outros.

Themes for theoretical work

- 1) Problems and benefits of an economy based on hydrogen, considering the aspects of use.
- 2) The use of hydrogen for energy - a problem or solution to the energy crisis?
- 3) Comparison of the main methods for producing hydrogen.
- 4) Production of hydrogen by the use of renewable sources.
- 5) Methods for the production of bio-hydrogen.
- 6) Energy production by using hydrogen in fuel cells.
- 7) Energy generation from hydrogen combustion.
- 8) Hydrogen production from biomass and/or wastes gasification.
- 9) Hydrogen use methods for the automotive sector.
- 10) Problems and solutions associated with the storage and transport of hydrogen.
- 11) R&D needs to increase the use of hydrogen for energy production.
- 12) Most important demonstration projects in the area of hydrogen use.
- 13) Others.

Grupo		Trabalho Teórico
Grupo 1 21 de Maio		
Group 2 21 de Maio		
Grupo 3 21 de Maio		
Grupo 4 21 de Maio		
Grupo 5 21 de Maio		

Trabalho Teórico

Partes do Trabalho

- 1) Capa
 - Título
 - Autores
 - Instituição
 - Data de realização
- 2) Agradecimentos
- 3) Resumo
- 4) Palavras Chave
- 5) Índice Geral
- 6) Índice de Figuras
- 7) Índice de Tabelas
- 8) Nomenclatura
- 9) Lista de Abreviaturas

Partes do Trabalho

10) Introdução:

- Motivação
- Importância do tema abordado

11) Desenvolvimento do Tema

12) Conclusões

- Síntese dos pontos principais abordados
- Principais conclusões do que foi apresentado
- Considerações finais

Partes do Trabalho

13) Tendências Futuras

- Referir temas para reflexão

14) Bibliografia (listagem da bibliografia consultada, a qual pode ou não ser referida no texto).

15) Anexos

Nota: O trabalho em grupo não pode ser a junção de várias partes feitas por pessoas diferentes. O relatório ter de ser uma sequência lógica e coerente.

Bibliografia

Relatórios de organismos reconhecidos

Lista de Revistas:

Renewable and Sustain. Energy Reviews

Int. J. Hydrogen Energy

Energy & Fuels

Fuel

Fuel Processing Technology

Ind. Eng. Chem. Res.

Biomass Bioenergy

Renewable Energy

Applied Catal A/B

Catalysis Today

Theoretic Work

Work Main Parts

- 1) Cover
 - Title
 - Authors
 - University
 - Date
- 2) Acknowledgments
- 3) Abstract
- 4) Key words
- 5) General Index
- 6) Figures Index
- 7) Tables Index
- 8) Nomenclature
- 9) List of Abbreviations

Work Main Parts

10) Introduction:

- Motivation
- Importance of the subject

11) Development of the subject

12) Conclusions

- Summary of the main points addressed
- Key findings of what was presented
- Final considerations

Work Main Parts

13) Tendências Futuras

- Referir temas para reflexão

14) Bibliografia (listagem da bibliografia consultada, a qual pode ou não ser referida no texto).

15) Anexos

Nota: O trabalho em grupo não pode ser a junção de várias partes feitas por pessoas diferentes. O relatório ter de ser uma sequência lógica e coerente.

References

Reports from entities with recognized merit

List of Main Journals:

Renewable and Sustain. Energy Reviews

Int. J. Hydrogen Energy

Energy & Fuels

Fuel

Fuel Processing Technology

Ind. Eng. Chem. Res.

Biomass Bioenergy

Renewable Energy

Applied Catal A/B

Catalysis Today

Problema I

Supondo que se pretende produzir hidrogénio a partir de “reforming” do gás natural com vapor, considere que o gás natural apresenta a composição a seguir indicada e que a conversão global da reacção de “reforming” é de 87%. Admita que o vapor de água condensa e considere o gás seco. Calcule:

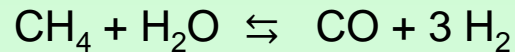
- 1) A composição final do gás admitindo que ocorre somente a reacção de formação de CO a partir de “reforming” de metano ($\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + 3 \text{H}_2$).
- 2) A composição final do gás admitindo que ocorre também a conversão do etano.
- 3) A composição final do gás admitindo que para além das reacções anteriores, ocorrem também as reacções correspondentes à formação de CO_2 ($\text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2$ e $\text{C}_2\text{H}_6 + 4 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2 \text{CO}_2 + 7 \text{H}_2$). Admita que a conversão desta reacção é de 40%.
- 4) O caudal de hidrogénio produzido à temperatura ambiente (25°C) e nas condições consideradas na alínea 3), se o caudal total de gás após “reforming” à temperatura de 100°C for de 199 m³/h.
- 5) O caudal de hidrogénio produzido se o caudal de gás natural for de 39,1 m³/h (T=25°C).
- 6) A quantidade molar de vapor utilizado para as condições da alínea 3), considerando um excesso de vapor de 70%.
- 7) Supondo que 10% do gás produzido diariamente por “reforming” é escoado em reservatórios de 50 L à temperatura ambiente e à pressão de 245 atmosfera, calcule o número de reservatórios necessários.

	% molar
Metano	93,3
Etano	3,8
Propano	0
Azoto	1,9
Dióxido de Carbono	1,0

Problema I

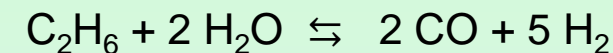
Informação Adicional:

1) A composição final do gás admitindo que ocorre somente a reacção de formação de CO



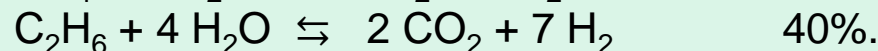
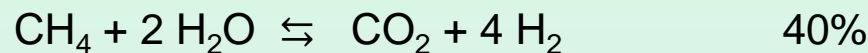
95 moles

2) Que ocorre também a conversão do etano.



2,5 moles

3) Que para além das reacções anteriores, ocorrem também as reacções correspondentes à formação de CO₂



$$4) P_1 V_1 = nRT_1$$

$$P_2 V_2 = nRT_2$$

$$7) V = C \cdot Vt$$

V é o volume de gás em condições normais de P e T (1 atmosfera e 25°C), Vt volume do tanque e C factor de compressão, é função da temperatura e pressão do gás.

	(pé ³)	T (°F)	3 600 Psi
C		76	210.8
		78	210.1

Problema I

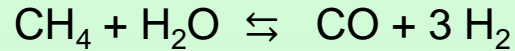
Suponiendo que se pretende producir hidrógeno a partir de "reforming" del gas natural con vapor, considerando que el gas natural presenta la composición siguiente y que la conversión global de la reacción de "reforming" es del 87%. Admita que el vapor de agua condensa y considere el gas seco. Calcular

- 1) La composición final del gas considerando que ocurre solamente la reacción de formación de CO a partir de "reforming" de metano ($\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + 3 \text{H}_2$) La composición final del gas admitiendo que ocurre también la conversión del etano.
- 2) La composición final del gas admitiendo que además de las reacciones anteriores, ocurren también las reacciones correspondientes a la formación de CO_2 . Admita que la conversión de esta reacción es del 40%.
- 3) El caudal de hidrógeno producido a temperatura ambiente (25°C) si el caudal total de gas después de "reforming" a la temperatura de 100°C es de $199 \text{ m}^3 / \text{h}$.
- 4) El caudal de hidrógeno producido si el caudal de gas natural es de $39,1 \text{ m}^3 / \text{h}$ ($T = 25^\circ\text{C}$).
- 5) La cantidad de vapor utilizada en las condiciones del apartado 3), considerando un exceso de vapor del 50%.
- 6) Si 10% del gas producido diariamente por "reforming" se vierte en depósitos de 50 L a temperatura ambiente y a la presión de 245 atmósfera, calcule el número de depósitos necesarios para el efecto.

	% molar
Metano	93,3
Etano	3,8
Propano	0
Nitrógeno	1,9
Dióxido de Carbono	0,9

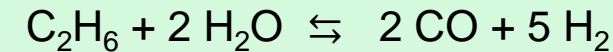
Problema I

1) La composición final del gas considerando que ocurre solamente la reacción de formación de CO a partir de "reforming" de metano ($\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + 3 \text{H}_2$).



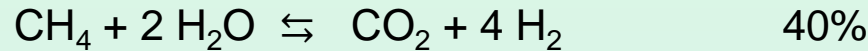
95 moles

2) Que ocurre también la conversión del etano.



2,5 moles

3) Que además de las reacciones anteriores, ocurren también las reacciones correspondientes a la formación de CO_2



$$4) P_1 V_1 = nRT_1$$

$$P_2 V_2 = nRT_2$$

$$7) V = C \cdot Vt$$

V es el volumen de gas en condiciones normales de P y T (1 atmósfera y 25°C), Vt volumen del tanque y C factor de compresión, es función de la temperatura y presión del gas.

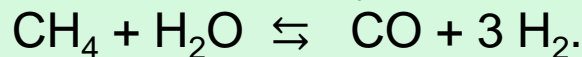
(pé ³)	T (°F)	3 600 Psi
C	76	210.8
	78	210.1

Problem I

To produce hydrogen from natural gas reforming is used a gas whose composition is shown in the following table. The global conversion of reforming reactions is 87%.

After steam condensation the produced gas is dry. Determine:

1) The final gas composition if only the next methane reforming reaction occurs



2) The final gas composition if ethane reforming reaction also occurs.

3) The final gas composition if methane and ethane reforming reactions leading to CO_2 formation also take place ($\text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2$). Please consider that these reactions conversions are 40%.

4) Hydrogen flow rate at 25°C in the conditions of 3) if total reforming gas flow rate is 199 m³/h at 100°C.

5) Hydrogen flow rate if the flow rate of initial gas is 39,1 m³/h (T=25°C).

6) Steam molar flow rate in the conditions of 3) if an excess of 70% of steam is used.

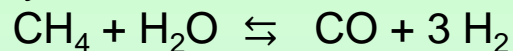
7) If 10% of the produced gas is compressed till 245 atmosphere and stored in tanks with 50 L at 25°C.

Determine the number of tanks needed.

	% molar
Methane	93,3
Ethane	3,8
Propane	0
Nitrogen	1,9
Carbon Dioxide	0.9

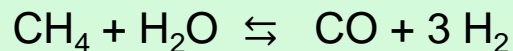
Problem I

- 1) Consider that only the next reaction occurs

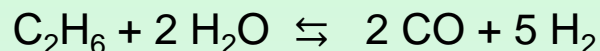


95 moles

- 2) Consider that the next 2 reaction occur.

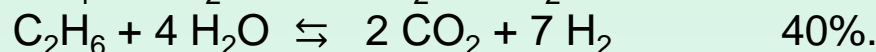
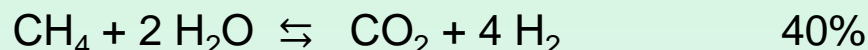


95 moles



2.5 moles

- 3) Besides the previous reactions, the following ones also take place:



$$4) P_1 V_1 = nRT_1$$

$$P_2 V_2 = nRT_2$$

$$7) V = C \cdot V_t$$

V is the H₂ volume at standard P and T conditions (1 atmosphere and 25°C), V_t is the tank volume and C is the compression factor, it depends on gas temperature and pressure.

	T (F)	3 600 Psi
C (ft ³)	76	210.8
	78	210.1

2020

January						
Su	M	Tu	W	Th	F	Sa
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

February						
Su	M	Tu	W	Th	F	Sa
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29

March						
Su	M	Tu	W	Th	F	Sa
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

April						
Su	M	Tu	W	Th	F	Sa
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

May						
Su	M	Tu	W	Th	F	Sa
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

June						
Su	M	Tu	W	Th	F	Sa
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

Proposta

	Apresentações dos Trabalhos	Entrega dos Trabalhos	Saída das Notas
Todos os Grupos	21/28 de Maio	4 de Junho?	12 de Junho
Teste	4 de Junho?, 9:00h, Sala: ??		12 de Junho

Exame 1.^a Época - 15 de Junho (2^a feira), 9h00, Sala 6.2.47

Exame 2.^a Época - 29 de Junho (2^a feira), 9h00, Sala 6.2.47

Época Especial - 16 de Julho (5^a feira), 13h00, Sala 8.2.14

Suggestion

	Work Presentation	Delivery of Works	Course grades
All Groups	23rd May	4th June	12th June
Test	4th June, 9:00h, Room:		12th June

Examination 1st Date – 15th June, 9h00, Room 6.2.47

Examination 2nd Date – 29th July, 9h00, Room 6.2.47

Examination Especial Date – 18th July, 13h00, Room 8.2.14