

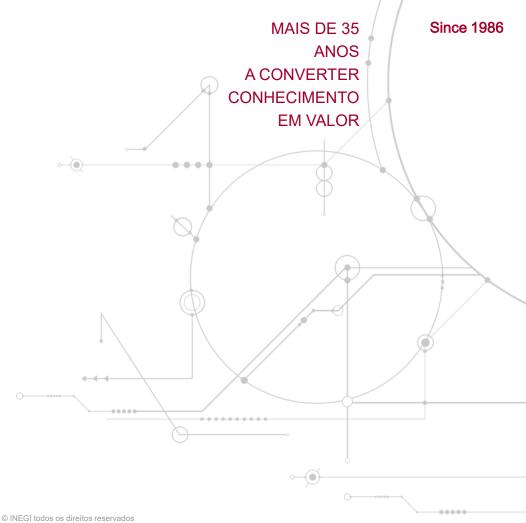
Seminário Setor Químico

Lucas Marcon

17 | OUT | 24











Atividades económicas pertencentes ao setor da Química, fabricação:

- Produtos químicos de base, adubos e compostos azotados, matérias plásticas e borracha sintética,
 sob formas primárias;
- Pesticidas e de outros produtos agroquímicos;
- Tintas, vernizes e produtos similares; tintas de impressão;
- Sabões e detergentes, produtos de limpeza e de polimento, perfumes e produtos de higiene;
- Outros produtos químicos;
- Fibras sintéticas ou artificiais.

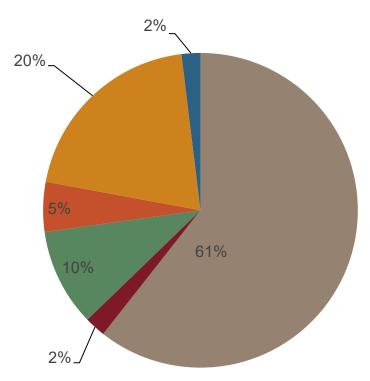








Volume de negócios em 2022



- Fabricação de produtos químicos de base, adubos e compostos azotados, matérias plásticas e borracha sintética, sob formas primárias
- Fabricação de pesticidas e de outros produtos agroquímicos
- Fabricação de tintas, vernizes e produtos similares; mastiques; tintas de impressão
- Fabricação de sabões e detergentes, produtos de limpeza e de polimento, perfumes e produtos de higiene
- Fabricação de outros produtos químicos
- Fabricação de fibras sintéticas ou artificiais

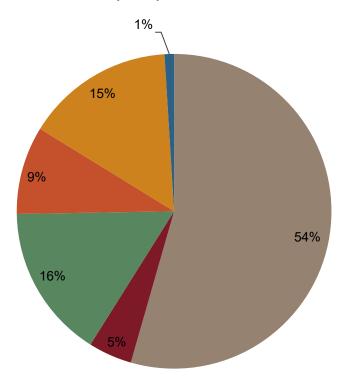








Valor Acrescentado Bruto (VAB) em 2022



- Fabricação de produtos químicos de base, adubos e compostos azotados, matérias plásticas e borracha sintética, sob formas primárias
- Fabricação de pesticidas e de outros produtos agroquímicos
- Fabricação de tintas, vernizes e produtos similares; mastiques; tintas de impressão
- Fabricação de sabões e detergentes, produtos de limpeza e de polimento, perfumes e produtos de higiene
- Fabricação de outros produtos químicos
- Fabricação de fibras sintéticas ou artificiais

Fonte: JRC



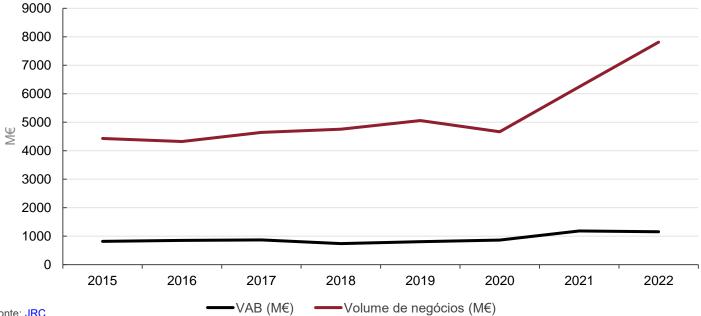






Volume de Negócios e Valor Acrescentado Bruto (VAB)

 Desde 2015, o VAB apresentou um crescimento de 41% (1151,5 M€) e o volume de negócios cresceu 76,3% (7809,3 M€) até 2022.







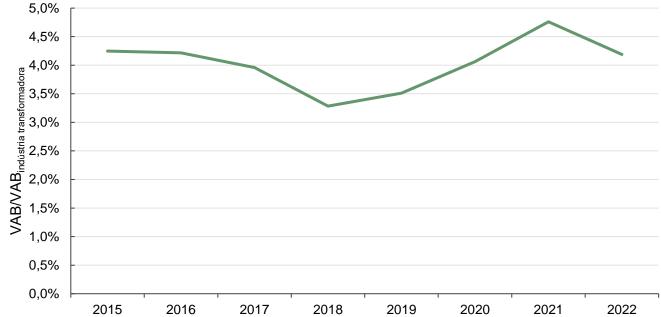






Valor Acrescentado Bruto (VAB)

 O peso do VAB do setor da Química, em relação ao VAB da indústria transformadora apresenta oscilações desde 2015, representando 4,2% em 2022.

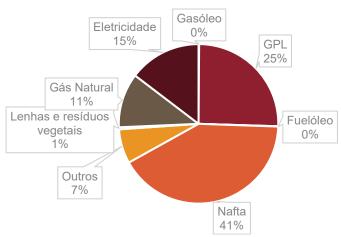












Consumos na indústria Química em 2021

- Nafta 41%
- GPL 25%
- Eletricidade 15%
- Gás Natural 11%
- Os produtos petrolíferos representam a maioria do consumo de energia neste setor, com cerca de 67%.



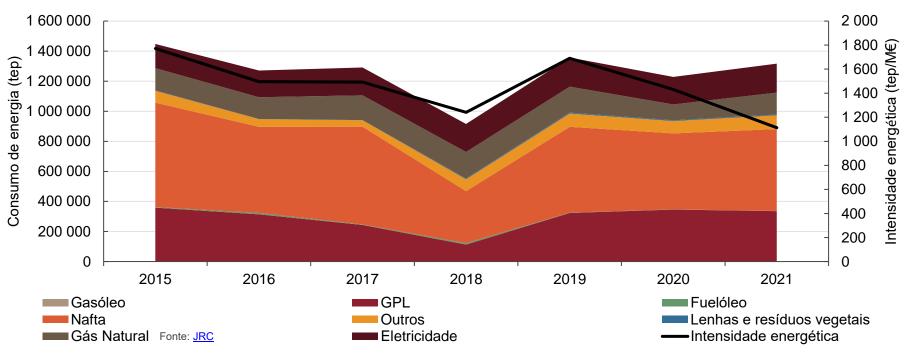






Consumo entre 2015 e 2021

- Consumo total de energia de 1 317 205,4 tep em 2021, com oscilações em comparação com anos anteriores.
- Tendência de descida da intensidade energética até 2021 (1113,5 tep/M€).

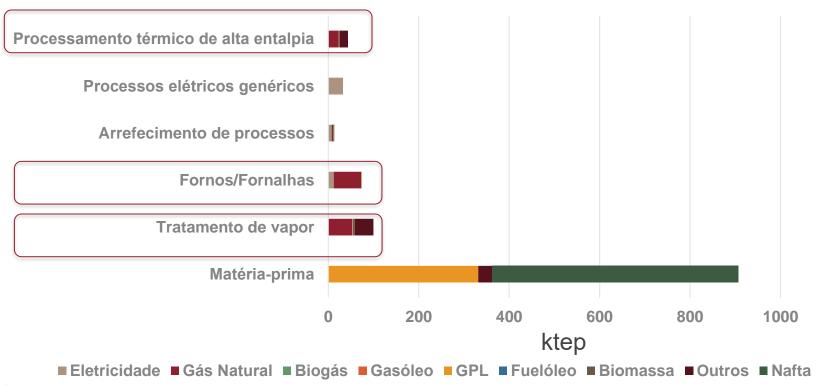


INDÚSTRIA DE FUTURO Mentral de la maria Actual de la maria



Setor da Química

Desagregação do consumo de energia por processo no setor







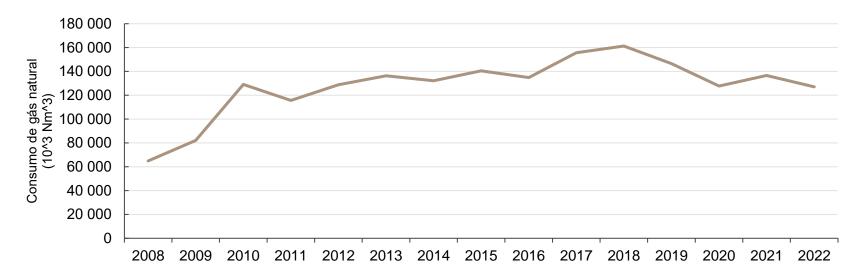
9





Evolução do consumo de Gás Natural entre 2008 e 2022

- O consumo de Gás Natural apresentou várias oscilações com tendência de subida até 2018 e descida desde 2018 até 2022.
- Desde 2018, verificou-se uma queda no consumo de 21%.





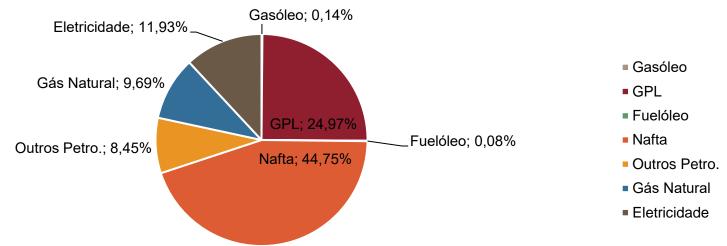


INDÚSTRIA DE FUTURO



Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em 2021

- Nafta 44,75%
- GPL- 24,97%
- Os produtos petrolíferos representam a maior porção de emissões de CO₂ associadas ao setor, com 78,3%.







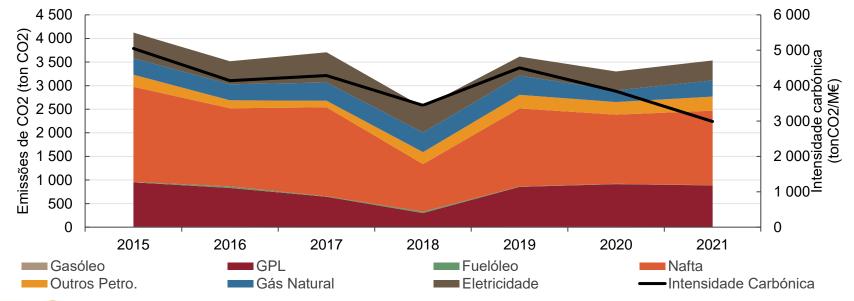
INDÚSTRIA DE FUTURO



Setor da Química

Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) entre 2015 e 2021

- Em 2021, as emissões atingiram o valor de 3 533 kton de CO₂.
- Descida da intensidade carbónica de 40,8% (2987 tonCO₂/M€) em 2021, comparativamente com 2015.



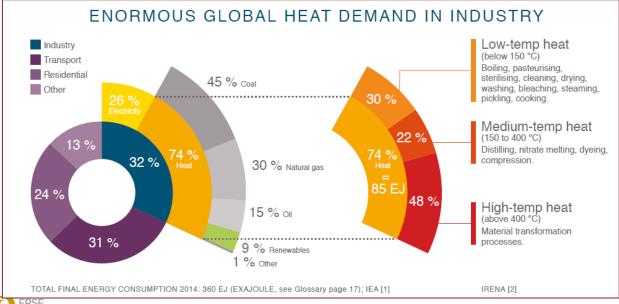








A procura de energia térmica no setor industrial corresponde a 74% do consumo de energia primária. Estima-se que até 2030 haverá um crescimento anual de 1,7% na procura de energia térmica, predominantemente colmatada por combustíveis fósseis. O principal objetivo é promover a descarbonização.













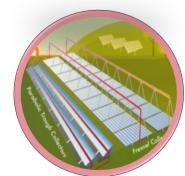


- Eficiência energética
- Combustíveis Verdes
- Digitalização indústria
- Economia circular
- Energia renovável
- Captura de carbono

















STEP 01

AUDITORIA ENERGÉTICA

Identificar o consumo de energia por processo e ciclo produtivo e identificar areas de desperdício e ineficência



STEP 02

DEFINIR METAS E PLANEAR SOLUÇÕES

Elaboração de planos de gestão de energia, manutenção preventiva, substuição de equipamentos em fim de vida.



STEP 03

IMPLEMENTAR AS MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Exemplos: aproveitamento de calor residual, otmização de motores, subsituição por iluminação mais eficiente, queimadores eficentes, etc.





COMO **RESOLVER PROBLEMAS** DE EFICÊNCIA **ENERGÉTICA**

STEP 04

MONITORIZAÇÃO E CONTROLO

Acompanhar o desempenho das medidas aplicadas e controlo de desvios.







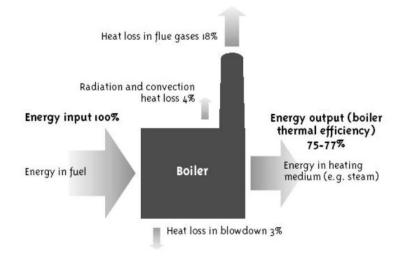






Sistemas de produção e distribuição de vapor

Da energia fornecida pela combustão do combustível só **75-77% dessa energia** é fornecida ao fluido de aquecimento. O resto da energia é desperdiçada por perdas de calor: perdas por radiação e convecção – **4%**, perdas nos gases de exaustão-**18%** e perdas de condução **– 3%**.











Sistemas de produção e distribuição de vapor

Medidas de eficiência energética

Sendo as **caldeiras de vapor** os principais equipamentos de produção de energia térmica, para o sector em estudo, deve-se implementar as seguintes **medidas de eficiência energética** de forma a reduzir perdas, reduzir consumos, reduzir gastos económicos e emissões de gases com efeito de estufa.

- Utilização de permutadores de calor (economizadores) para pré-aquecer a água de alimentação ou ar de queima;
- Minimização de purgas da caldeira;
- Recuperação de calor das purgas;
- Recolha e utilização dos condensados na caldeira;
- Reutilização do vapor flash;
- Programa de controlo e manutenção de purgadores;
- Isolamentos térmicos: válvulas, tubagens e flanges;
- Melhoramento no lay-out da rede de distribuição;







INDÚSTRIA DE FUTURO



Sistemas de produção e distribuição de vapor

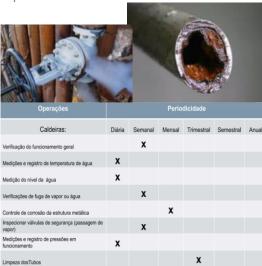
Controlo e monotorização das caldeiras

O controlo e monotorização das caldeiras, associadas a manutenções regulares permitem identificar antecipadamente problemas que perturbam o bom funcionamento. As principais medidas incluem:

- Medir a produção de vapor por métodos diretos e indiretos, permitindo o cálculo das perdas;
- Monitorar e registrar dados da caldeira para identificar problemas antecipadamente;
- Calibrar regularmente os medidores, como o contador de vapor;
- Dar formação aos operadores;
- Reparar rapidamente fugas de vapor;
- Estabilizar a procura de calor para maximizar o funcionamento da caldeira;
- Fazer tratamento químico a água de alimentação para evitar incrustações;
- Ajustar o rácio ar/combustível e os queimadores;
- A limpeza periódica das superfícies de transferência de calor (permutadores);
- Inspecionar e em caso de necessidade reparar qualquer dano do isolamento.











Sistemas de produção e distribuição de vapor

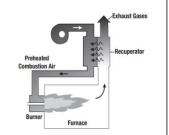
Exemplos:

Recuperação de calor dos gases de combustão

Por cada diminuição em 20°C da temperatura dos gases de exaustão pode-se aumentar 1% na eficiência da caldeira:

Redução de consumo de energia: 1-5%;

PRI estimado: 2-3 anos.

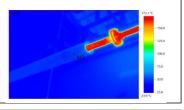


Isolamento térmico

A aplicação destes revestimentos é bastantes simples e rápida e não interfere com os equipamentos ou os processos de fabrico, e as perdas podem ser reduzidas até **95%**;

Redução de consumo de energia: 6-26%;

PRI estimado: 1-3 anos.



Purgas:

As incrustações nas paredes nos tubos reduzem o rendimento da caldeira, com 1 mm de incrustação aumenta o consumo de combustível em 2-3%. Para prevenir esse problema, as purgas são usadas para remover resíduos e evitar incrustações. Contudo é possível sistemas recuperação de calor das purgas;

Redução de consumo de energia: 1-4%;

PRI estimado: 1-3 anos.

Melhorar a manutenção dos coletores de vapor + sistema de monitorização:

Sistemas de monotorização e manutenção de regulares permite manter em bom funcionamento a caldeira de vapor;

Redução de consumo de energia: 10-15%;

PRI estimado: 1-2 anos.





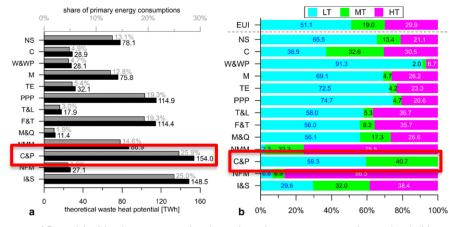


INDÚSTRIA DE FUTURO Professional



Recuperação de calor

- Um estudo indica que 25,9% da energia primária consumida pelo setor químico e petroquímico na Europa poderia ser recuperada.
- Em Portugal, este valor corresponde a 375ktep.
- Distribuição da energia a recuperar por gama de temperatura;
 - 59,3% da energia está em processos de baixa temperatura (<100°C);
 - 40,7% está em processos de média temperatura (100-300°C).



a) Potencial teórico de recuperação de calor e relevância para os consumos de energia primária na indústria da UE, b) repartição do potencial teórico de recuperação de calor na indústria da UE em função dos níveis de temperatura.





© INEGI todos os direitos reservados

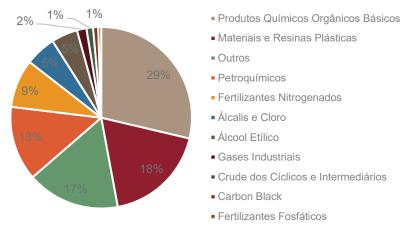




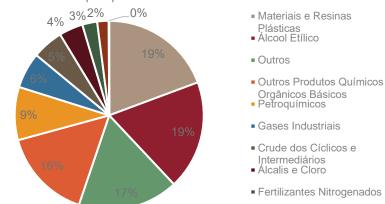
Recuperação de calor

O estudo realizado por Theresa Miller, June 2015 apresenta uma estimativa da energia passível de ser recuperada por processo na indústria do química nos EUA, com base nas tecnologias atuais e tecnologias em fase de pesquisa e desenvolvimento.

Oportunidades de poupança energética por processo - atuais



Oportunidades de poupança energética por subsetor, em fase de pesquisa e desenvolvimento







INDÚSTRIA DE FUTURO



Recuperação de calor

Principais fontes de calor:

- Gases de combustão;
- Efluentes quentes ou frios;
- Ar de exaustão:
- Produtos quentes ou frios, ou restos de produção;
- Água de arrefecimento e óleo hidráulico;
- Fontes termais naturais;
- Painéis solares;
- Calor de sobreaquecimento e calor de condensação rejeitado dos processos de refrigeração;
- Outras fontes.

Tecnologias de Recuperação de Calor:

- Permutadores de calor para fazer uso direto do calor no mesmo estado em que se encontra;
- Bombas de calor e recompressão de vapor, que transformam o calor de modo a gerar trabalho mais útil do que se este encontrasse à sua temperatura inicial;
- Operações multi-estágio, tais como evaporadores multi-efeito, expansão de vapor e combinações técnicas acima mencionadas.







© INEGI todos os direitos reservados

INDÚSTRIA DE FUTURO



Recuperação de calor

Exemplos:

Caso 1: Aproveitamento de calor de uma caldeira de vapor

O aproveitamento de calor dos gases de exaustão para pré aquecimento do ar de queima ou água alimentação reduz os consumos de energia primaria.

Exemplo

- Caudal dos gases exaustão: 2163 m³/hr
- Temperatura gases de exaustão: 200 °C



Pressupostos:

- Eficiência dos permutadores: 70%
- Horas de funcionamento: 5760
- Custo de gás natural: 0,065 €/kWh

Poupanças obtidas				
Poupanças energéticas [kWh/ano]	172 763			
Poupanças económica [€/ano]	11 299			
Redução de emissão de CO ₂ [tCO ₂ /ano]	35			
PRI [ano]	0,5			
LIVE				

Caso 2: Aproveitamento de calor dos compressores de ar comprimido

Cerca de 90% da energia elétrica utilizada por compressores industriais é convertida em energia térmica, pelo que aproveitar esse calor dissipado (pode atingir os 80 °C) permite aumentar o rendimento de um sistema de ar comprimido.

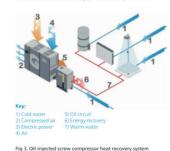
Exemplo - Aquecimento das AQS:

- Energia elétrica consumida anual: 328 000 kWh/ano Stand-alone energy recovery units
- Temperatura saída do óleo de lubrificante: 68 °C



PRI [anos]

2.56



with a stand-alone energy recovery unit





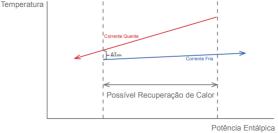
Análise Pinch

A análise pinch tem como objetivo principal minimizar o consumo de energia e maximizar a eficiência energética de um sistema industrial, tendo em conta, todos os fluxos energéticos disponíveis.

Metodologia:

- Adquirir dados dos fluxos de calor (temperatura, caudal).
- Criar um diagrama de cascata dos fluxos de calor.
- Identificar o pinch point.
- Analisar oportunidades de recuperação de calor para otimizar o sistema.
- Implementar medidas de otimização com permutadores de calor e ajustes no processo.

Exemplos:



- 1	0	ter	1Cl	aЕ	n	all	Οl	ca

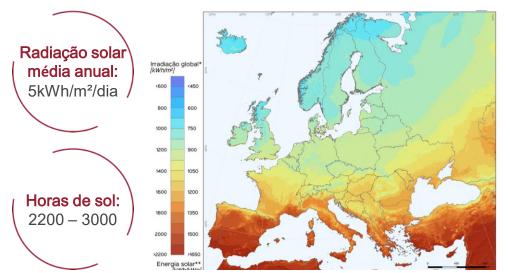
Projeto	Objetivo	Resultados
Otimização dos permutadores numa refinaria (Joe e Rabiu)	Dimensionamento correto dos permutadores, bem como, reorganização dos mesmo	Poupança em 34% de energia.
Retrofit de planta de etilbenzeno (Yoon et al.)	Reduzir custos operacionais e otimizar a planta.	Redução de mais de 5% nas despesas operacionais.
Retrofit de unidades de destilação (Briones (1999))	Reduzir o consumo de combustível em refinarias	Redução de combustível em mais de 40%





Coletores solares

Portugal tem um excelente potencial de radiação solar devido à sua **localização geográfica** e **clima**. Na base dados SHIP Plants é possível verificar todas as instalações de coletores solares no mundo.





https://energieatlas.aee-intec.at/index.php/view/map?repository=ship&project=ship_edit#-116.839600,11.682869,14.029541,57.177037|Layer,ship_view,world_countries|,default|1,1







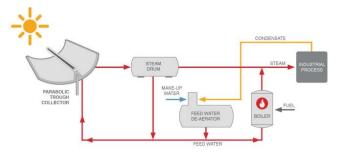


Coletores solares

Sendo a indústria quimíca caraterizada por processo de baixa a alta temperatura, todos os coletores solares existentes podiam ser utilizados para produzir energia termica nos processos.



Princípio de montagem:



- Circuito principal: Coletor solar + armazenamento de vapor
- · Circuito secundário: Caldeira de vapor
- Temperatura de vapor: 160°C

Coletores solares

Exemplos:

Instalação	1	2	3	
Pais	França	Espanha	Bélgica	
Finalidade	Secagem	Aquecimento do betume	Produção de vapor	
Temperatura de operação [°C]	50	-	152	
Fluido de trabalho	Água	Termo fluido	Termo fluido	
Tipo de coletor	Placa plana	Fresnel	Parabólicos	
Área [m²]	371	105	1100	
Potência térmica instalada [kWht]	260	74	770	













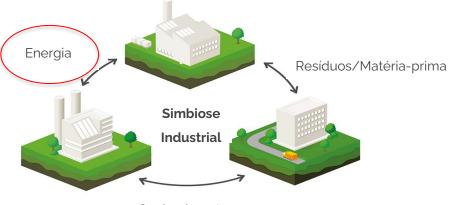






Simbiose industrial

A Agência Europeia do Ambiente identificou a simbiose industrial como um modelo chave para promover a mudança para uma economia circular.







Com combinações entre as fontes de calor e consumidores disponíveis, é possível recuperar energia térmica que seria desperdiçada permitindo, desta forma reduzir consumo de energia primaria, reduzindo custos das faturas e redução de emissões de gases com efeito de estufa.

© INEGI todos os direitos reservados

INDÚSTRIA DE FUTURO

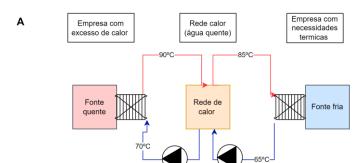


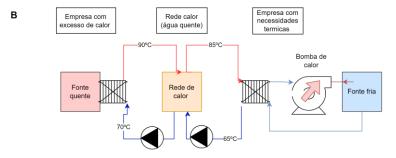
Simbiose industrial

Rede de calor - Metodologia:

- 1. Caraterização energética (térmica) dos vários intermediários:
 - 1. Potencias necessária;
 - 2. Temperatura;
 - 3. Horas de funcionamento.
- 2. Dimensionamento da rede de calor:
 - 1. Tubagem (distâncias/diâmetro);
 - 2. Equipamentos adicionais;
 - Etc.
- Analise económica e ambiental.







29





Cogeração

A cogeração é um processo de produção e utilização combinada de eletricidade e calor, através da utilização de uma única fonte de energia.





- A Cogeração gera 40% mais energia útil do que as centrais só de calor e só de eletricidade, poupando pelo menos 10% de energia primária;
- A Cogeração evita o desperdício de calor pela produção de energia térmica, aumentando a eficiência de 30-50% para 75-95%.





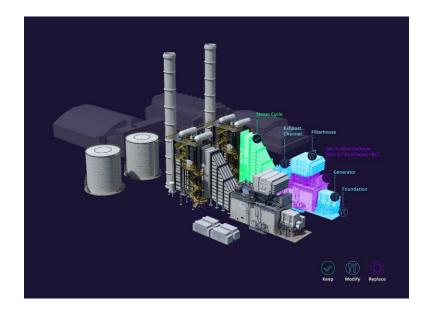
INDÚSTRIA DE FUTURO



Cogeração

Exemplo:

- A BASF é uma das maiores empresas químicas, Schwarzheide, Alemanha;
- Potência elétrica instalada: 110 MW;
- Combustivel: gás natural;
- Tecnologia de cogeração: turbinas de gás;
- Energia térmica: usada em processos químicos dentro da fábrica (reatores).





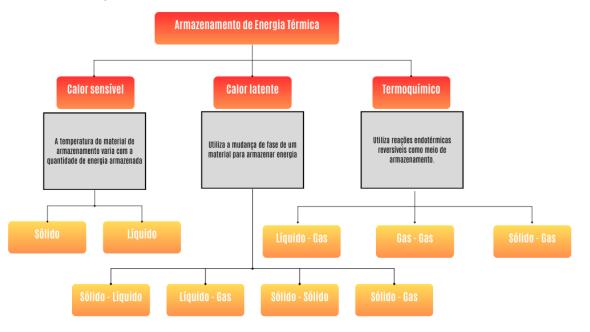






Sistemas de armazenamento térmico

Os sistemas de armazenamento de energia térmica englobam vários tipos de tecnologias disponíveis e para diferentes gamas de temperatura.











Sistemas de armazenamento térmico

Exemplo:

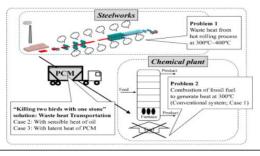
Caso 1: Controlo de temperatura dos reatores Fischer - Tropsch

O uso de PCM, como revestimento dos reatores, irá ajudar este a estabilizar a temperatura e minimizar perdas energéticas para o exterior;



Caso 2: Aproveitamento do calor residual de uma siderurgias – quimica

Um sistema de transporte de calor latente recupera 2,76 vezes mais energia e reduz as emissões de CO₂ em 17,5% em siderúrgicas, comparado a sistemas convencionais de armazenamento de energia.







INDÚSTRIA DE FUTURO



Medidas subsetoriais

Exemplo:



A seleção de processo baseados na hidrogenação permite reduzir em 30 – 40 % o consumo de energia.



Recolha dos gases de exaustão das extrusoras.

Produção de Petroquímicos A instalação de colunas de destilação com parede divisória permite reduzir em 30 % os custos energéticos.

Produção de Químicos Orgânicos Finos

A minimização do volume de gás de exaustão nos processos de destilação.

Produção de Inorgânicos de Base A utilização de elétrodos e revestimentos de alta eficiência permite reduzir em de 3 - 4 % o consumo de energia.



Projetos de hidrogénio na indústria da Química





Projeto REFHYNE I - Shell Energy and Chemicals Park



Localização: Wesseling, Alemanha



- •Início do projeto: Lançado em 2019 como parte do projeto REFHYNE, focado na produção de hidrogénio verde em escala industrial
- •Tecnologia: Utiliza eletrolisador (PEM) para integrar fontes de energia renováveis
 - Fonte de eletricidade: Fólica e solar
- •Capacidade: 10 megawatts (MW), produzindo cerca de 1.300 toneladas de hidrogénio verde anualmente
- Aplicações:
 - Usos na indústria química
 - Combustível para transportes
 - Descarbonização de processos térmicos
- •Colaboração: Envolvimento de múltiplos parceiros, incluindo Shell e ITM Power, focados em tecnologias de hidrogénio e sustentabilidade



Projetos de hidrogénio na indústria da Química

Projeto REFHYNE II - Shell Deutschland

- •Decisão de Investimento: A Shell tomou a Decisão Final de Investimento (FID) para avançar com o projeto REFHYNE II
- •Tipo de eletrolisador: Eletrolisador de hidrogénio de membrana permutadora de protões (PEM) com capacidade de 100 megawatts
- •Produção de hidrogénio: Espera-se produzir até 44.000 kg/dia de hidrogénio renovável utilizando eletricidade renovável
- •Objetivo: Descarbonizar parcialmente as operações do local
- •Entrada em funcionamento: Prevista para 2027
- •Utilização do hidrogénio:
 - Produzir produtos energéticos com intensidade de carbono reduzida, como combustíveis para transportes
 - Ajudar a reduzir as emissões de âmbito 1 e 2 na instalação





Cocalização: Rheinland, Alemanha







Projetos de hidrogénio na indústria da Química





Projeto de Hidrogénio de Puertollano



Valização: Puertollano, Espanha



Desenvolvimento e Operação:

- Desenvolvido pela Iberdrola em colaboração com a Fertiberia
- Início das operações em 2020

Tecnologia:

- Eletrolise para produção de hidrogénio verde
- Utiliza eletricidade de fontes renováveis (eólica e solar)

Capacidade de Produção:

- 20 MW de eletrólise
- Produção aproximada de 3.000 toneladas de H2 anualmente
- Abastecimento da planta de Fertiberia e outras indústrias

Aplicações:

- Produção de fertilizantes
- Potencial para outras aplicações industriais

Objetivos de Sustentabilidade:

- Redução de CO2 em cerca de 30.000 toneladas por ano
- Substituição de Fontes de Energia:
 - Hidrogénio substitui o gás natural anteriormente usado nas operações da Fertiberia



Fonte: https://www.iberdrola.com/quem-somos/nossa-atividade/hidrogenio-verde/usina-hidrogenio-verde-puertollano

Projetos de hidrogénio na indústria da Química





Em geral, a síntese de amônia verde (processo Haber-Bosch) precisa operar entre pressões de 100 e 250 bar e temperaturas de 350 a 550 °C.

Ammonia Energy Association afirma que o consumo de energia do processo de fabricação de amônia é geralmente entre 10 e 12 MWh/tonelada de amónia.

No entanto, quando se trata das melhores práticas possíveis, o consumo cai para 7,8 MWh/tonelada de amónia.

1 ton H_2 -> 5,5 ton NH_3

A procura de NH₃ ~200 milhões de toneladas -> 36,5 milhões de toneladas de H₂





Projetos de hidrogénio na indústria da Química

Projeto H2 Enable

Empresa: Bondalti

Objetivo:

•Construção de infraestrutura para produzir hidrogénio verde no Complexo Industrial de Estarreja, com o principal objetivo de autossuficiência para a produção de **anilina**, contribuindo para a descarbonização das operações da empresa.

Tecnologia:

- •Sistema de eletrólise com 40 MW de potência alimentado por 100% de energia renovável.
- Produção anual de 5,5 ktons de hidrogénio verde.

Impacto:

- •Permite a produção de hidrogénio para **autossuficiência** na fabricação de anilina.
- •Contribuição para o setor de mobilidade e injeção na rede nacional de gás natural para venda direta, aumentando a competitividade de Portugal em energias verdes. **Investimento:**
- •Aproximadamente 140 milhões de euros até 2025.

Reconhecimento:

- •Classificado como "Importante Projeto de Interesse Comum Europeu" pela Comissão Europeia.
- •Aprovado em 2022 para financiamento no âmbito do Mecanismo de Recuperação e











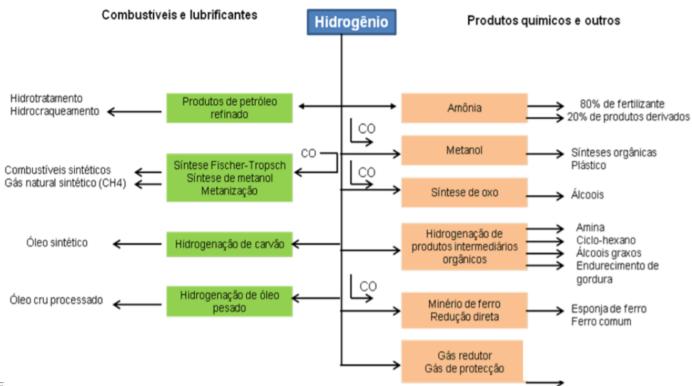
Fonte: https://www.bondalti.com/en/energy/green-hydrogen

39

Hidrogénio como matéria-prima



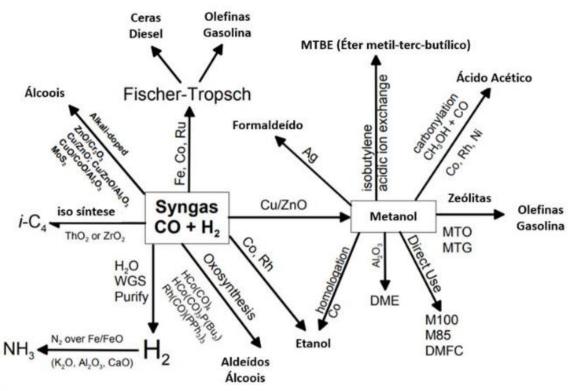




Hidrogénio como matéria-prima





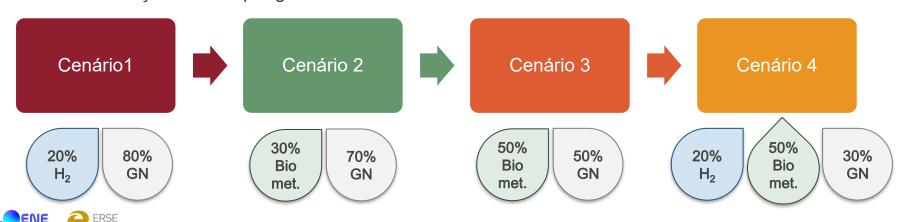


INDÚSTRIA DE FUTURO



Cenarização de possível integração dos gases renováveis

- A descarbonização do setor do gás natural será gradual e aqui prevêem-se diferentes cenários de integração.
- O hidrogénio e o biometano, neutros carbonicamente, serão os gases reformadores do setor.
- São 4 os cenários em hipótese em adição ao cenário 0 (uso atual de GN).
- As substituições de GN por gases renováveis são feitas em volume.



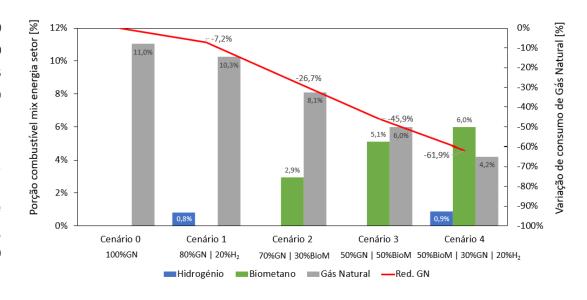
Alteração da matriz energética do mix do gás natural





Alteração do mix energético de gases

- → Como já referido, o biometano, tendo um PCI poderá bastante próximo do GN, permite influir, de forma mais destacada, na diminuição do consumo de GN.
- → O hidrogénio terá sempre uma menor influência no mix energético, ainda para mais se a percentagem de introdução for de 20% (corresponde a cerca de 6 a 7% do conteúdo energético do GN).







Procura de gases renováveis

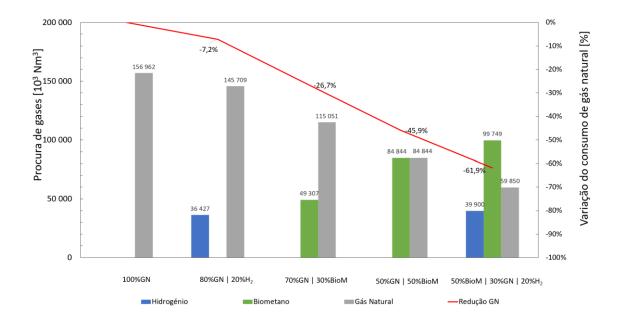




Procura de hidrogénio e o biometano e diminuição do consumo de GN

→ O PCI do biometano é bastante próximo do GN e, portanto, o volume de GN substituído é semelhante ao de biometano que substitui.

→ Já com o H₂, sendo o seu PCI cerca de 3 vezes inferior ao do GN, será necessário um maior volume de hidrogénio para substituir o mesmo conteúdo de GN.







Redução de emissões

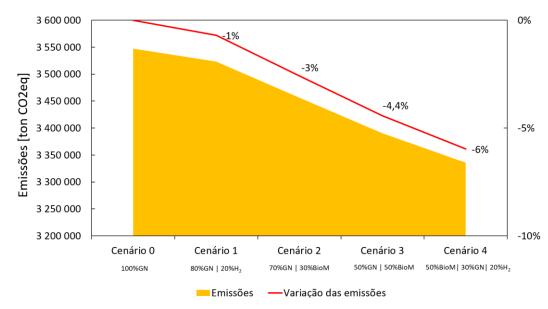
INDÚSTRIA DE FUTURO



Emissões de CO2 do setor da Química

→ As emissões absolutas do setor são consideravelmente diminuídas com a integração de gases renováveis.

→ O cenário 4 permite uma redução de 70% de consumo de GN, o que corresponde a uma redução de emissões de 6% e corresponde a 70% do total das emissões de carbono do setor, no momento, produzidas pelo consumo de GN.











Resumo dos resultados do estudo

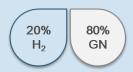


Resumo da cenarização

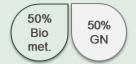




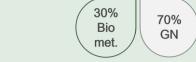
Integração de gases renováveis no setor da Química



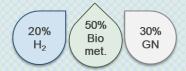
- → 0,8% do mix energético total em H₂
- → 0,7% de redução de emissões
- → 36 427 10³Nm³ H₂



- → 5,1% do mix energético total em H₂
- → 4,4% de redução de emissões
- → 84 844 10³Nm³ biometano



- → 2,9% do mix energético total em biometano
- → 2,6% de redução de emissões
- → 49 307 10³Nm³ biometano



- → 0,9% de H₂ e 6% de biometano do mix energético
- → 6,0% de redução de emissões
- → 39 900 10³Nm³ de H₂ e 99 749 10³Nm³ de biometano



© INEGI todos os direitos reservados



Lucas Marcon Imarcon@inegi.up.pt

INSTITUTE OF SCIENCE AND INNOVATION IN MECHANICAL AND INDUSTRIAL ENGINEERING

www.inegi.pt











