MAIS DE 35
ANOS
A CONVERTER
CONHECIMENTO
EM VALOR

Since 1986

Setor da Pasta de Papel e Papel

Indústria de Futuro | Seminário Cogeração, Alimentar, Papel e Química

Francisco Machado

16 | 10 | 2024

© INEGI todos os direitos reservados

ÍNDICE

1. Caracterização do setor do Papel e Pasta de Papel

2. Dados Económicos do setor do Papel e Pasta de Papel

3. Dados energéticos do setor do Papel e Pasta de Papel

4. Plano de ação para a Descarbonização do Setor da Pasta de Papel e do Papel

5. Projetos de Hidrogénio na indústria papeleira

6. Introdução de Gases Renováveis na indústria papeleira

Since 1986

© INEGI todos os direitos reservados

1.

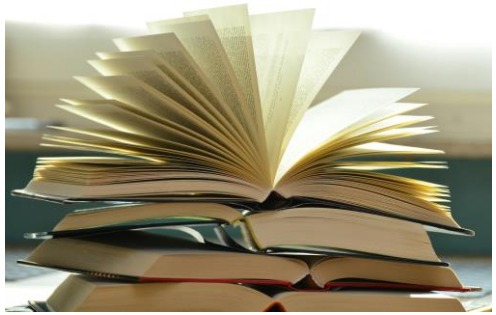
Caracterização do setor da Pasta de Papel e Papel

Since 1986

© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

Onde usamos o papel?

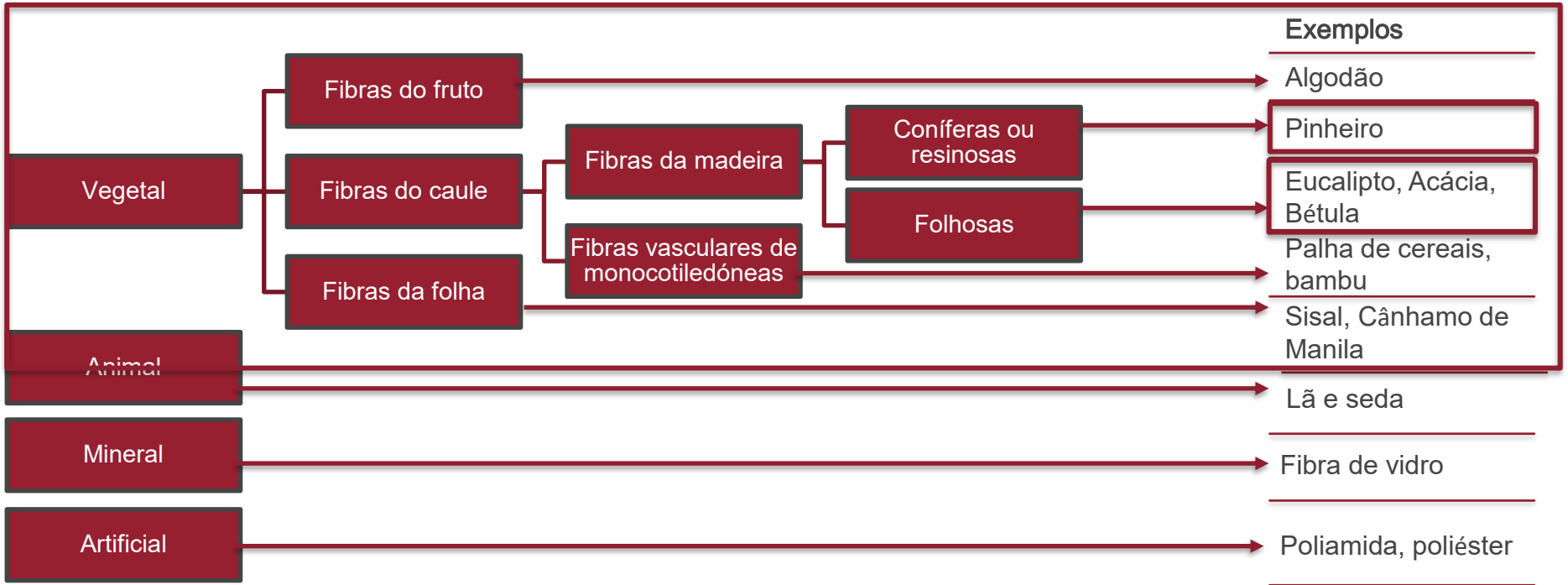


© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

Introdução

Para a produção de papel é necessário recorrer-se a diferentes matérias primas:



Fonte: https://www.dgae.gov.pt/estatisticas/dashboard-de-monitorizacao-das-empresas-nacionais-nao-financeiras.aspx

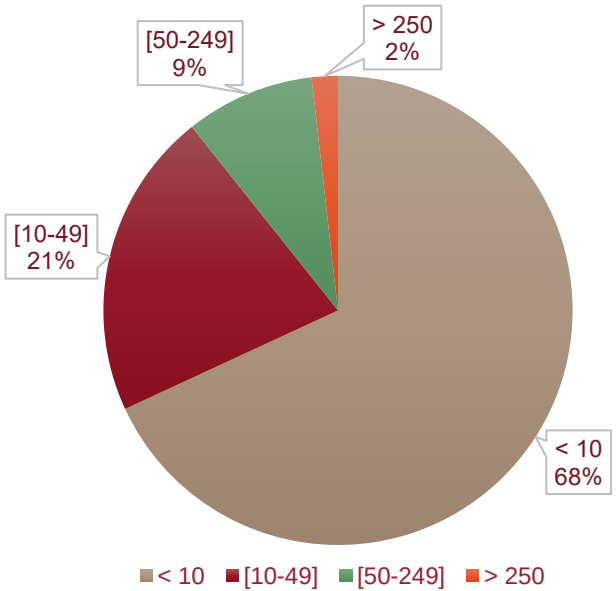
© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

Realidade nacional

- Em 2022, em Portugal existiam 562 empresas associadas à fabricação de pasta, de papel, cartão e seus artigos (CAE 17).

Empresas por escalão de pessoal ao serviço



Fonte: https://www.dgae.gov.pt/estatisticas/dashboard-de-monitorizacao-das-empresas-nacionais-nao-financeiras.aspx

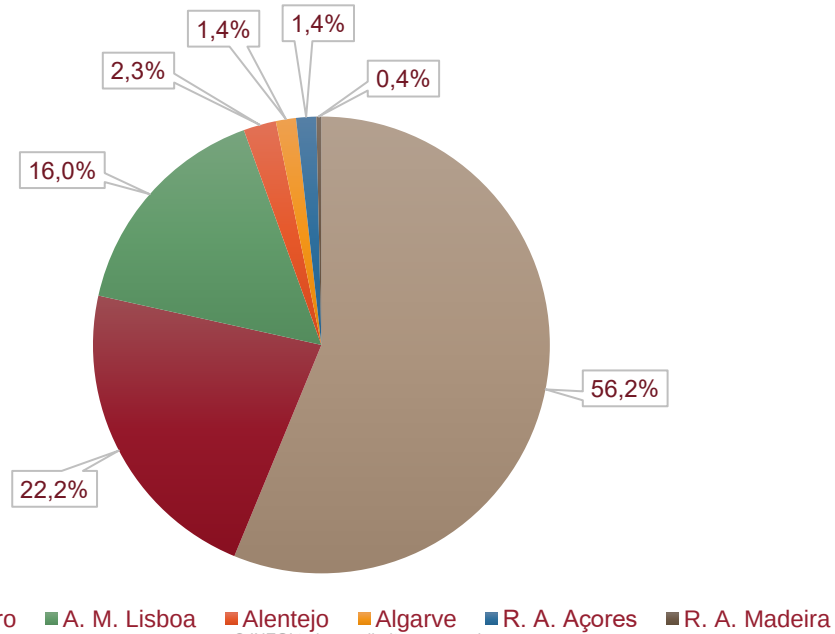
© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

Realidade nacional

- As empresas estão distribuídas por todo o território nacional havendo uma maior preponderância, em número de empresas, na região Norte (dados 2022).

Distribuição geográfica das empresas do setor



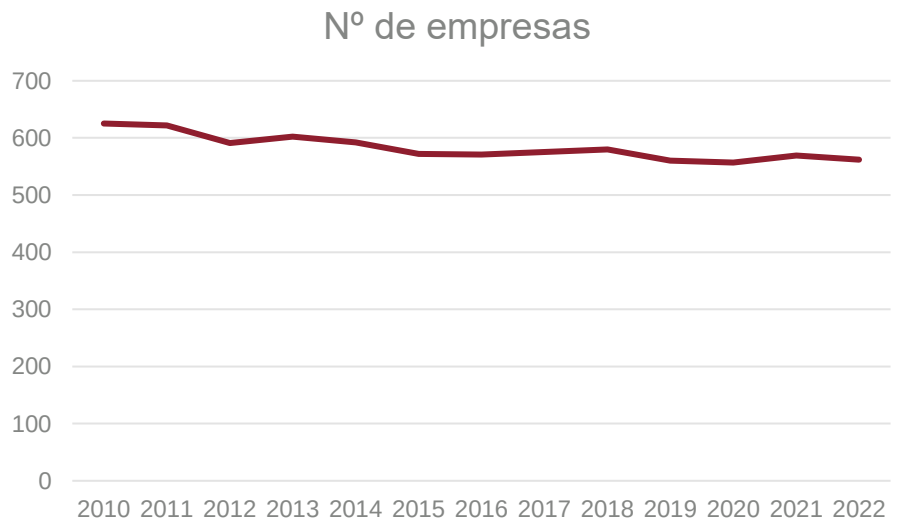
Fonte: https://www.dgae.gov.pt/estatisticas/dashboard-de-monitorizacao-das-empresas-nacionais-nao-financeiras.aspx

© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

Realidade nacional

- Ao se analisar a evolução do setor é percetível que o decréscimo ligeiro do número absoluto das empresas é compensado pelo aumento do número de pessoal existente.



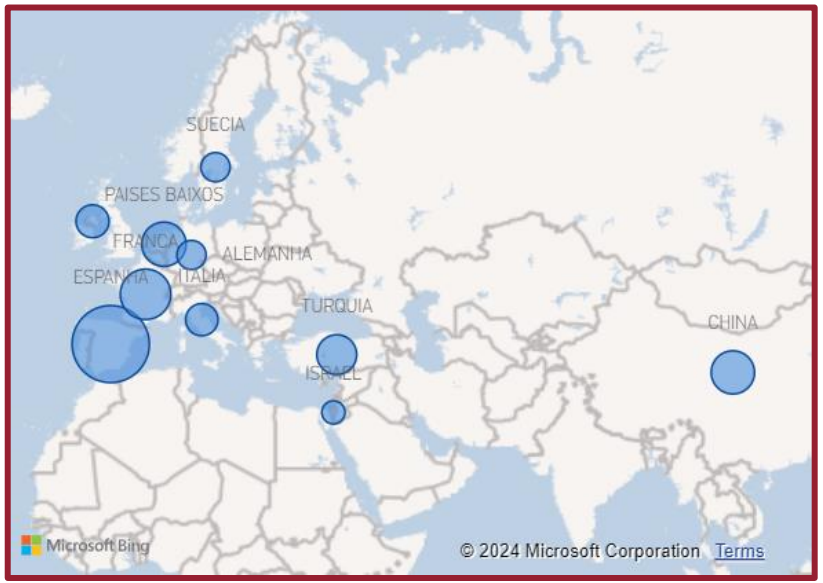
Fonte: https://www.dgae.gov.pt/estatisticas/dashboard-de-monitorizacao-das-empresas-nacionais-nao-financeiras.aspx

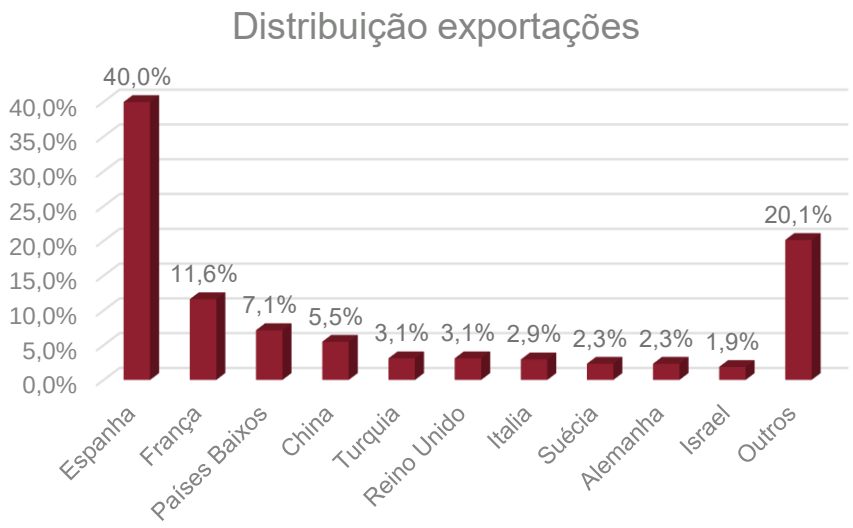
© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

Realidade nacional

- Em 2023 as exportações associadas ao setor totalizaram 1.246 M€ o que representa 1,61% da exportação nacional de bens.
- Da totalidade de exportação, 71,83% é intra-UE e 28,7% Extra-UE.
- Na figura abaixo estão representados os 10 principais destinos da exportação nacional.





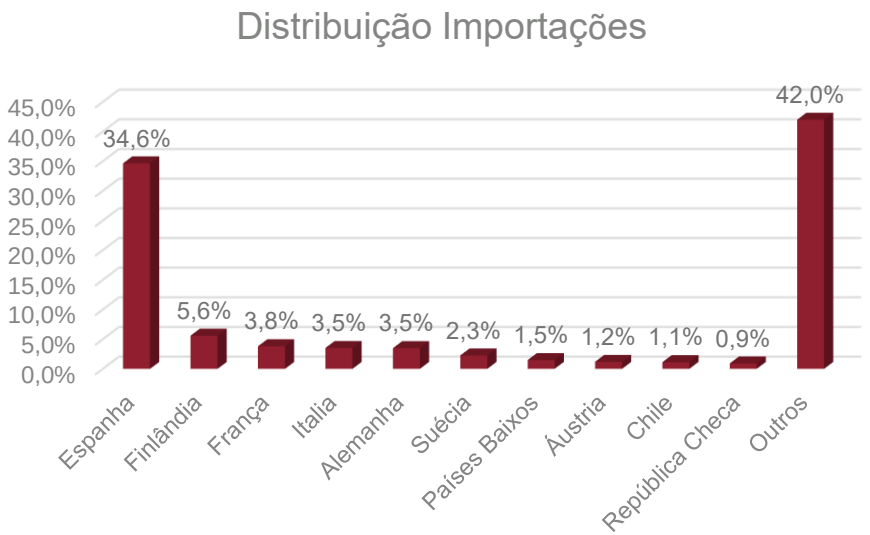
Fonte: https://www.dgae.gov.pt/estatisticas/dashboard-de-monitorizacao-das-empresas-nacionais-nao-financeiras.aspx

© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

Realidade nacional

- Em 2023 as importações associadas ao setor totalizaram 783 M€, o que representa 0,75% da importação nacional de bens.
- Da totalidade de importação, 92,5% é intra-EU e 7,5% Extra-EU.
- Na figura abaixo estão representados as 10 principais origens da importação nacional.



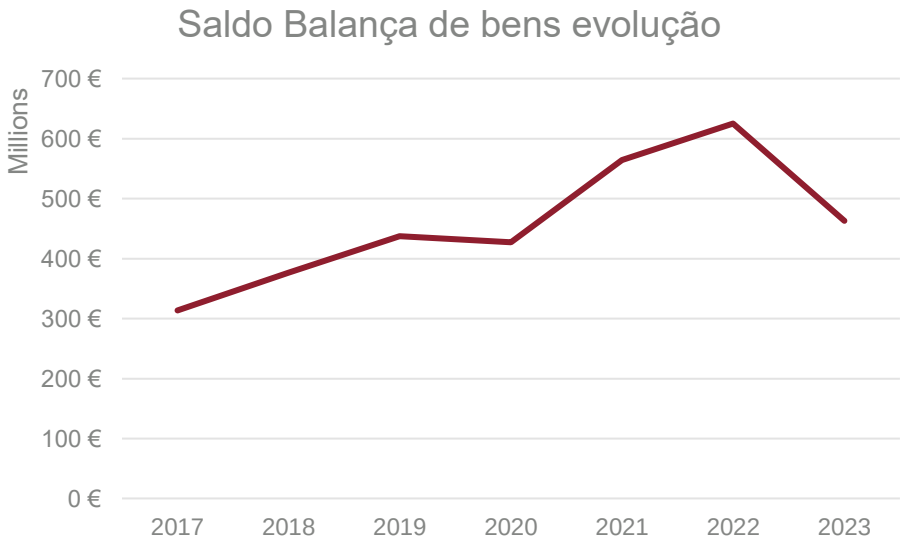
Fonte: https://www.dgae.gov.pt/estatisticas/dashboard-de-monitorizacao-das-empresas-nacionais-nao-financeiras.aspx

© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

Realidade nacional

- Em 2023 o saldo entre exportações e importações foi de 463 M€ positivos, significando um maior volume de exportações do que importações no setor.
- Este saldo tem evoluído de forma positiva ao longo dos últimos anos, havendo uma perspetiva de continuidade desta tendência.



Fonte: https://www.dgae.gov.pt/estatisticas/dashboard-de-monitorizacao-das-empresas-nacionais-nao-financeiras.aspx

© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

Perspetivas gerais sobre o setor

- Sustentabilidade e Economia Circular
- Inovação e Diversificação
- Digitalização
- Crescimento de Embalagens Sustentáveis
- Expansão das Exportações

Fonte: https://www.dgae.gov.pt/estatisticas/dashboard-de-monitorizacao-das-empresas-nacionais-nao-financeiras.aspx

© INEGI todos os direitos reservados

2.

Dados Económicos do setor do Papel e Pasta de Papel

Since 1986

© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

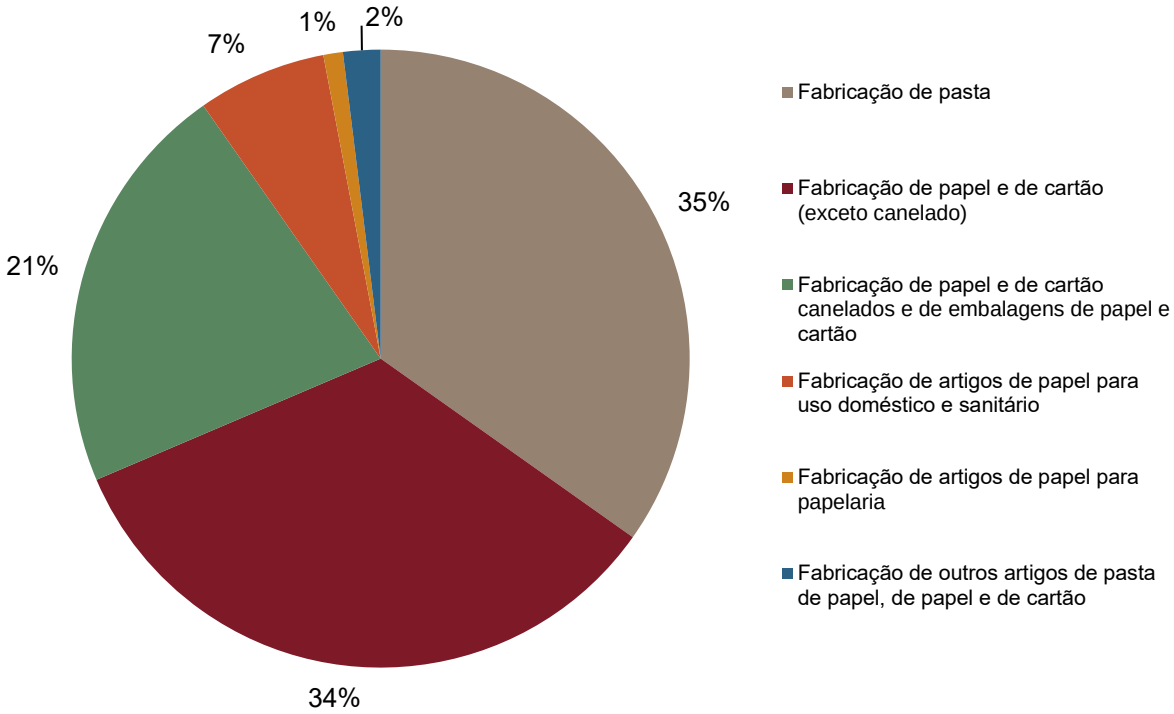
Atividades económicas pertencentes ao setor do Papel e Pasta de Papel para fabricação de:

- Pasta;
- Papel e de cartão (exceto canelado);
- Papel e de cartão canelados e de embalagens de papel e cartão;
- Artigos de papel para uso doméstico e sanitário;
- Artigos de papel para papelaria;
- Papel de parede;
- Outros artigos de pasta de papel, de papel e de cartão.

© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

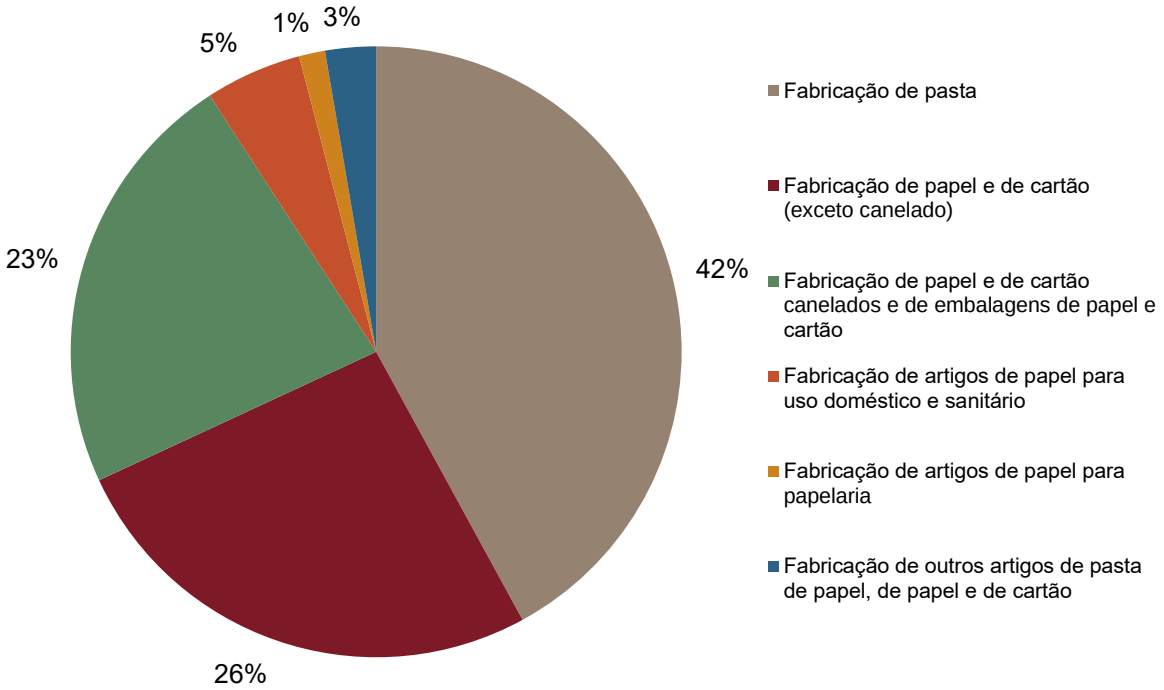
Volume de negócios em 2022



© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

Valor Acrescentado Bruto (VAB) em 2022

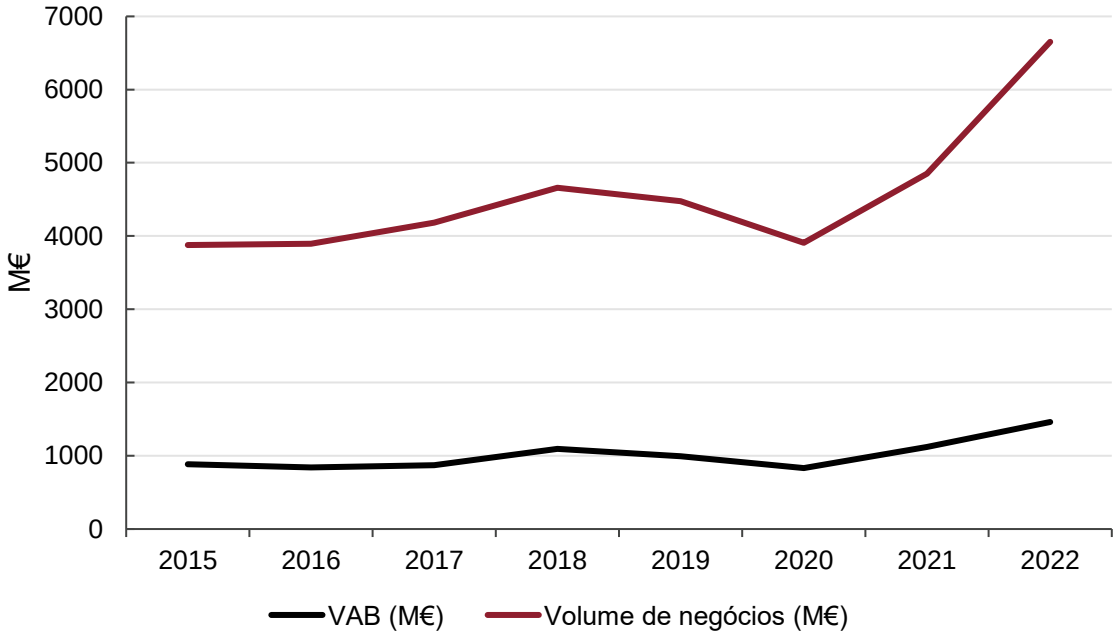


© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

Volume de Negócios e Valor Acrescentado Bruto (VAB)

- Desde 2015, o VAB apresentou um crescimento de 65,6% (1462,5 M€) e o volume de negócios cresceu 71,5% (6650,7 M€) até 2022.

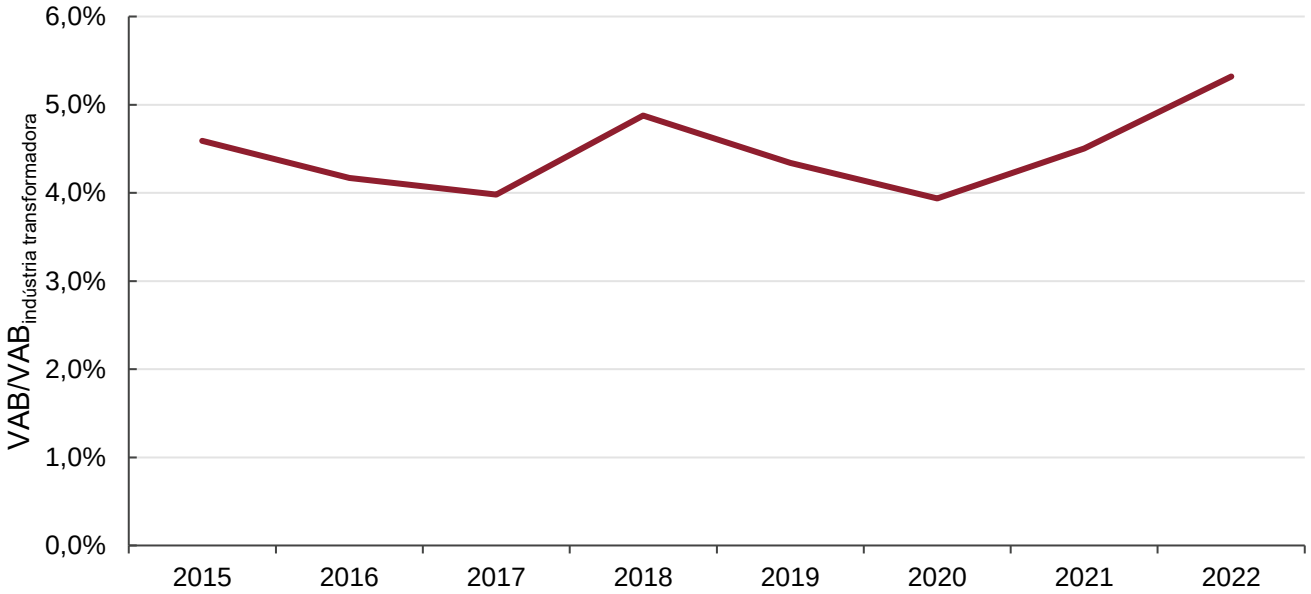


© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

Valor Acrescentado Bruto (VAB)

- O peso do VAB do setor do Papel e Pasta de Papel, em relação ao VAB da indústria transformadora apresenta um crescimento desde 2015, apesar de oscilante, representando 5,3% em 2022.



© INEGI todos os direitos reservados

3.

Dados energéticos do setor do Papel e Pasta de Papel

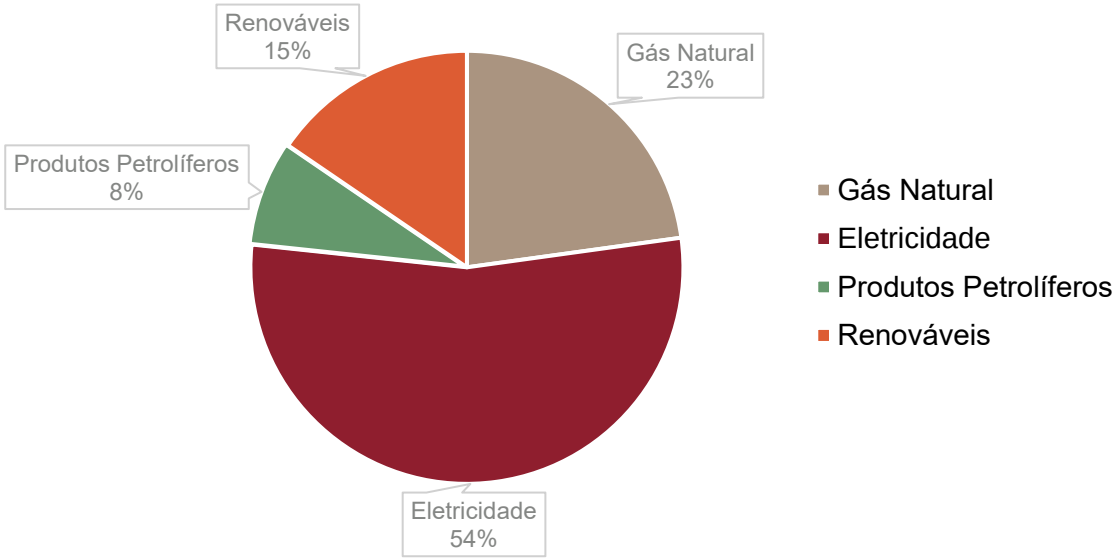
Since 1986

© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

Consumo de energia em 2022

- Eletricidade – 54%
- Gás Natural – 23%
- Eletricidade e Gás Natural representam a maior porção de energia consumida, com 77%.

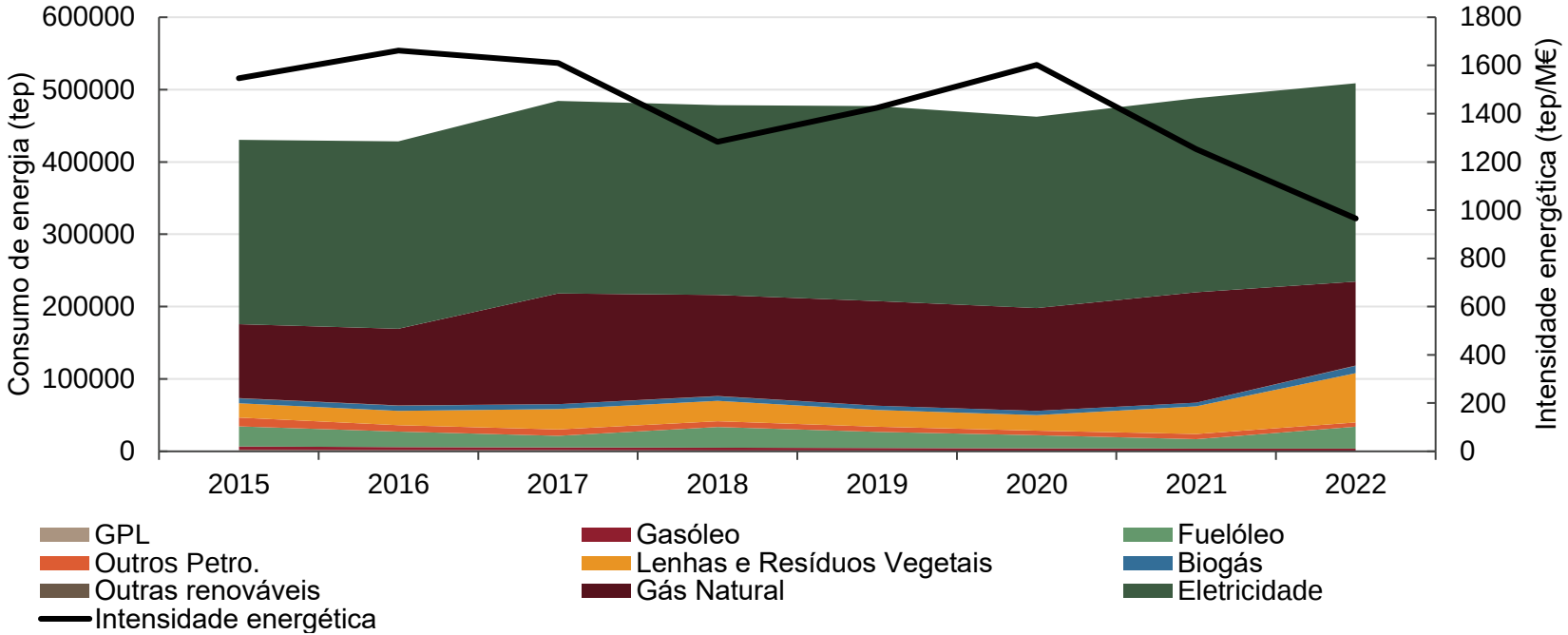


© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

Consumo de energia entre 2015 e 2022

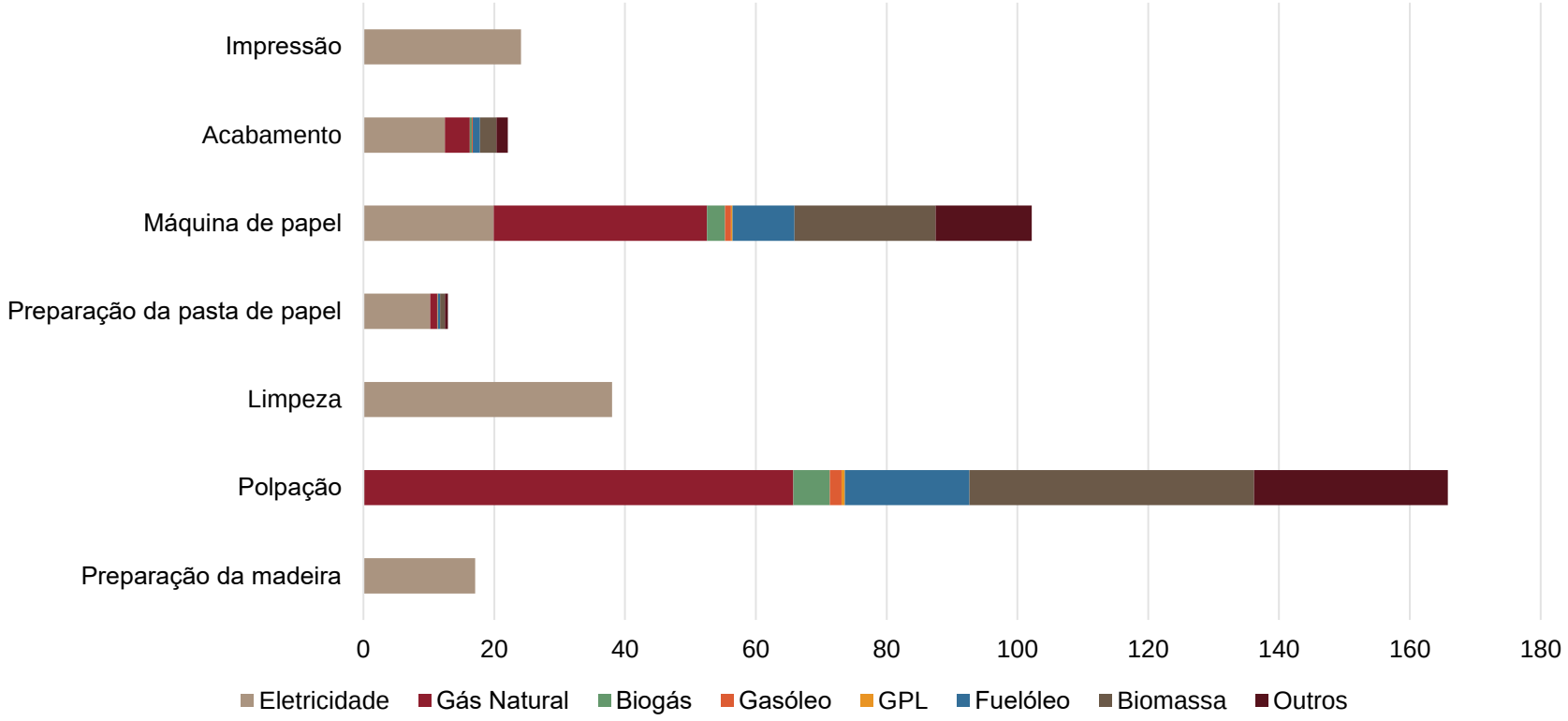
- Consumo total de energia de 1.411.367 tep em 2022, com tendência de crescimento em comparação com os anos anteriores.
- Tendência de descida da intensidade energética até 2022 (965 tep/M€).



© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

Desagregação do consumo de energia por processo no setor

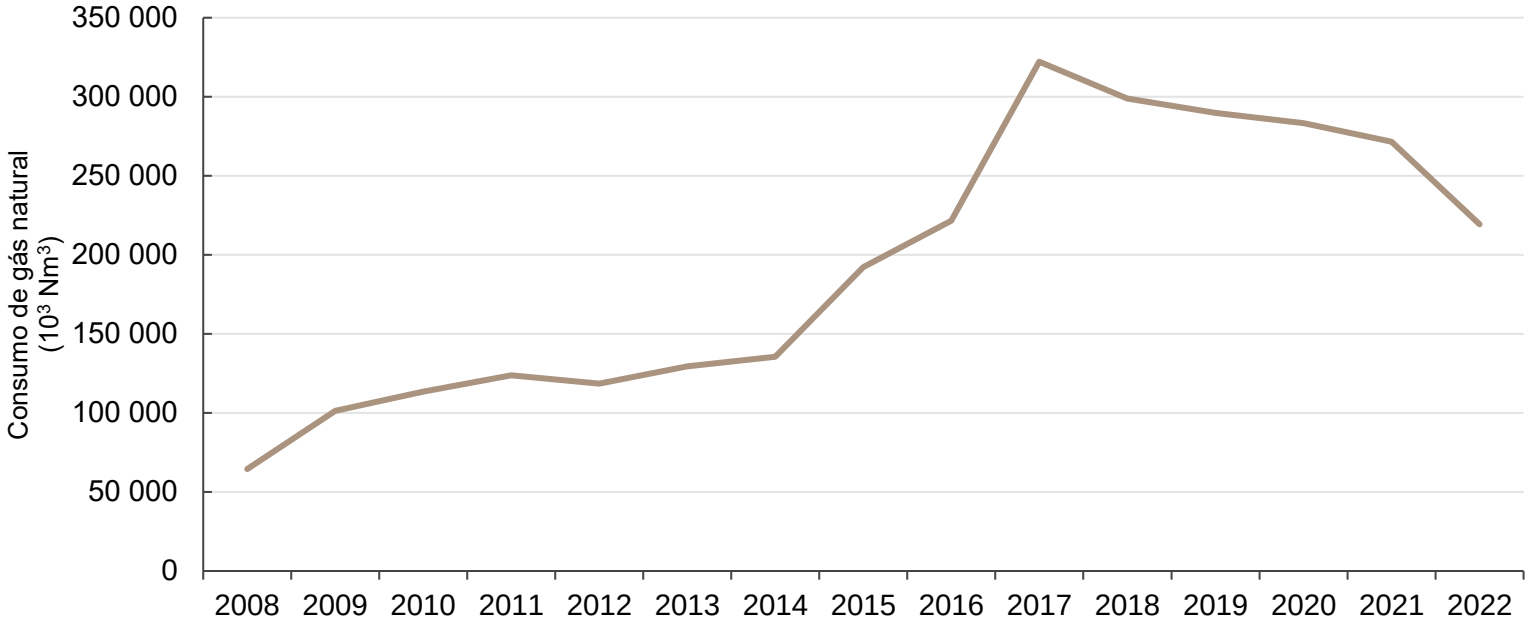


© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

Evolução do consumo de Gás Natural entre 2008 e 2022

- O consumo de Gás Natural apresentou, até 2018 uma tendência de crescimento, cerca de 364%.
- Desde 2018, verificou-se uma queda no consumo de 27%.

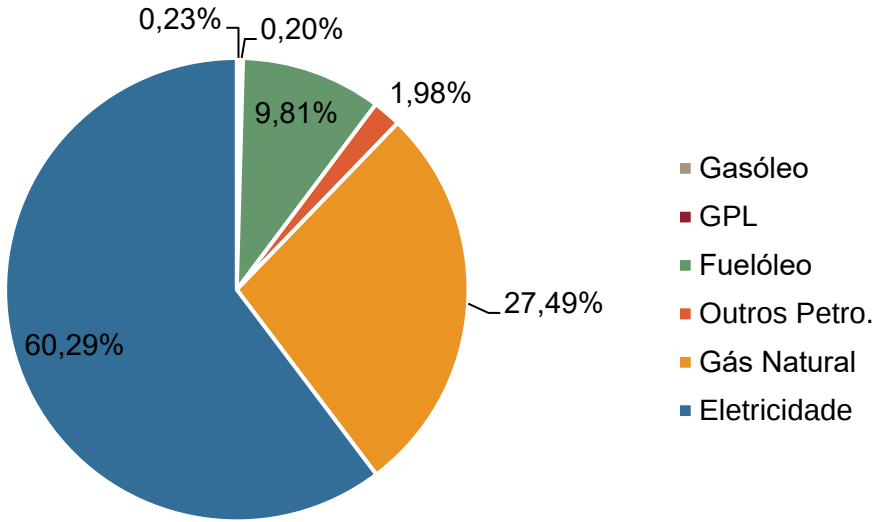


© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em 2022

- Eletricidade – 60,29%
- Gás Natural – 27,49%
- Eletricidade e Gás Natural representam a maior porção de emissões de CO_2 associadas ao setor, com 87,78%.

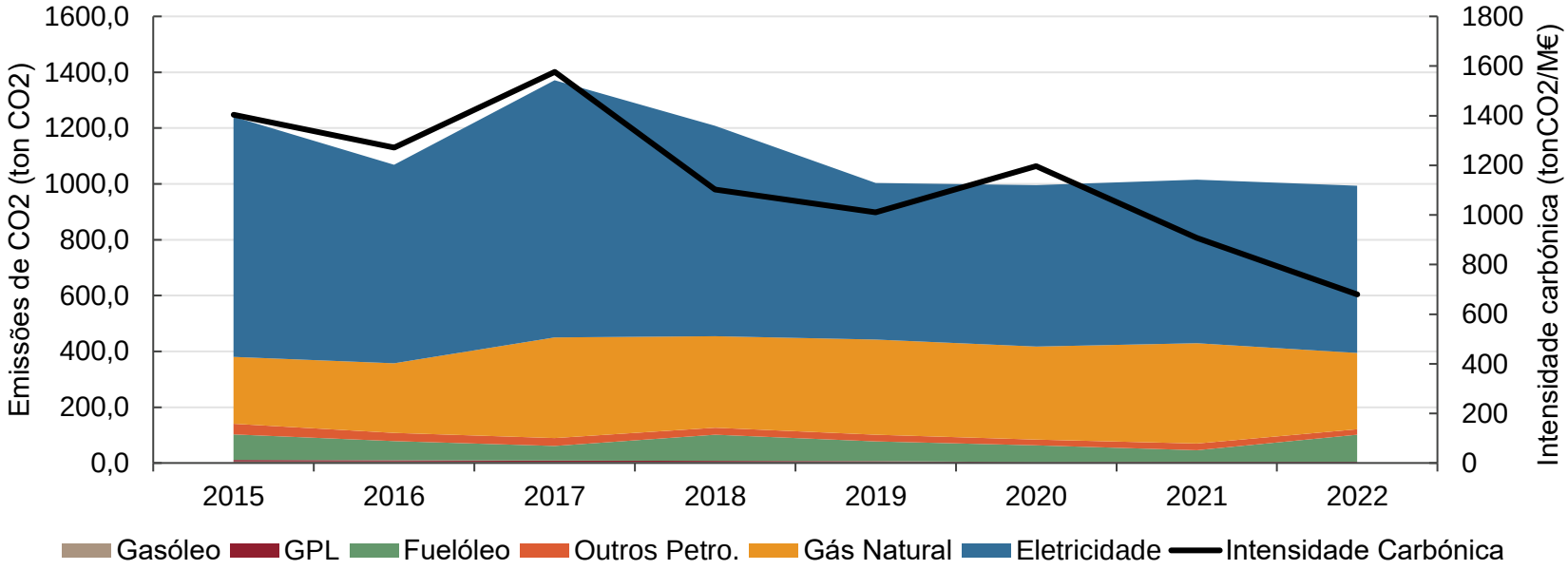


© INEGI todos os direitos reservados

Setor do Papel e Pasta de Papel

Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) entre 2015 e 2022

- Em 2022, as emissões atingiram o valor de 994 kton de CO_2.
- Descida da intensidade carbónica de 51,6% (680 tonCO_2/M€) em 2022, comparativamente com 2015.



© INEGI todos os direitos reservados

4.

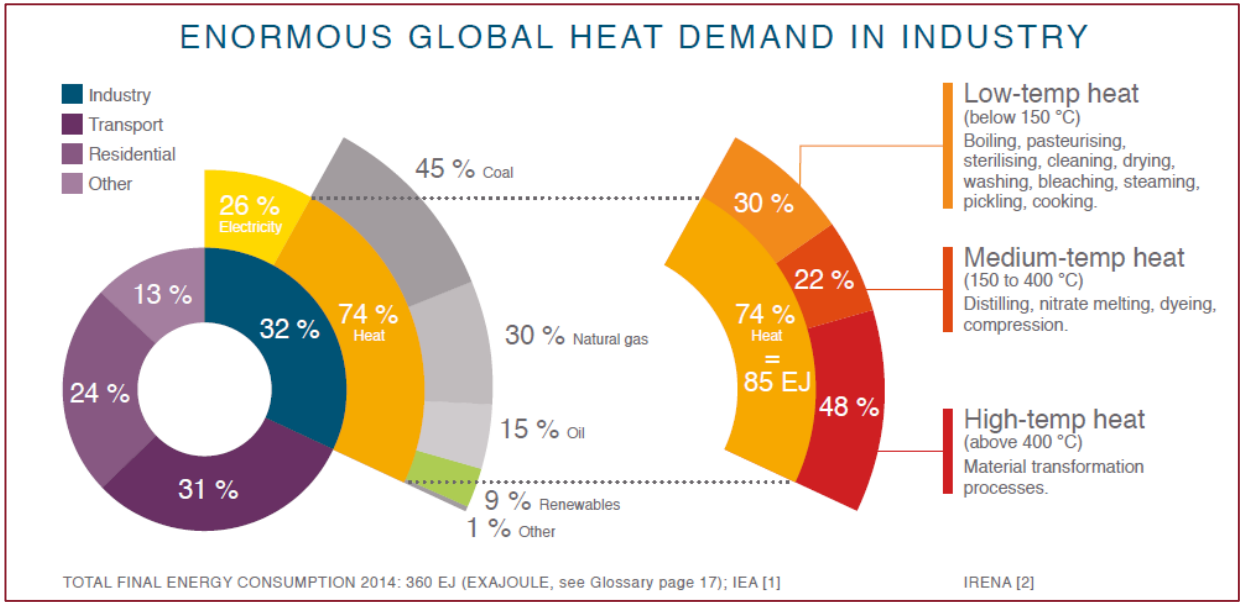
Plano de ação para a Descarbonização do Setor da Pasta de Papel e do Papel

Since 1986

© INEGI todos os direitos reservados

Plano de ação | Eficiência Energética

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.



INDUSTRIAL HEAT DEMAND ON THE RISE

1.7 %

Average annual growth of industrial heat demand until 2030 [4]

90 %

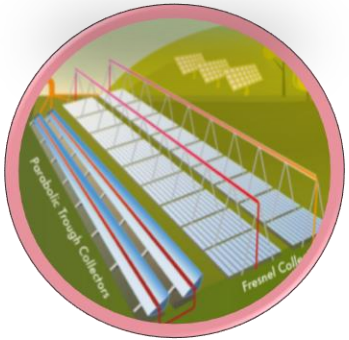
Met by coal, oil and gas

© INEGI todos os direitos reservados

Plano de ação | Eficiência Energética

Descarbonização da indústria

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



© INEGI todos os direitos reservados

Plano de ação | Eficiência Energética

COMO RESOLVER PROBLEMAS DE EFICÊNCIA ENERGÉTICA

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.

STEP 04 — MONITORIZAÇÃO E CONTROLO

Acompanhar o desempenho das medidas aplicadas e controlo de desvios.

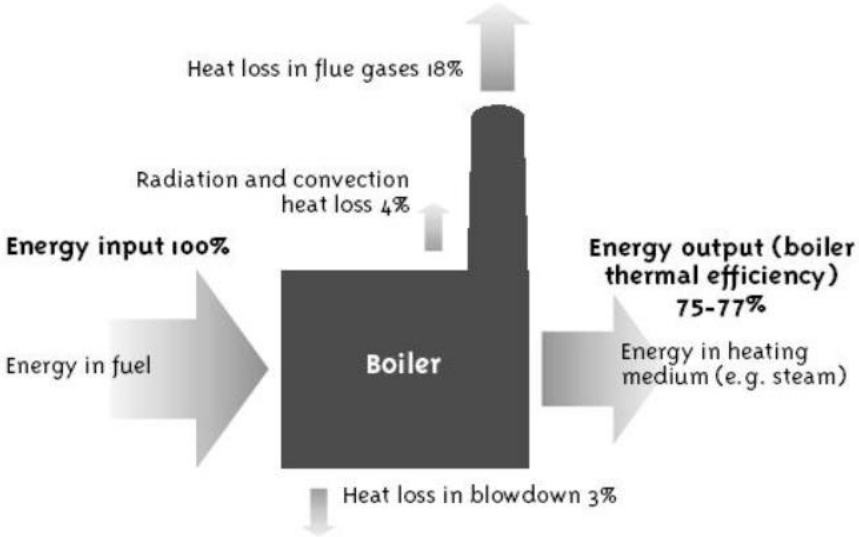
© INEGI todos os direitos reservados

Plano de ação | Eficiência Energética

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%
- Perdas de condução – 3%.



© INEGI todos os direitos reservados

Plano de ação | Eficiência Energética

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 layout da rede de distribuição;

© INEGI todos os direitos reservados

Plano de ação | Eficiência Energética

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 registar 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 à água de alimentação para evitar incrustações;
- Ajustar o rácio ar/combustível e os queimadores;
- Limpeza periódica das superfícies de transferência de calor (permutadores);
- Inspecionar e em caso de necessidade reparar qualquer dano do isolamento.

Operações	Periodicidade					
Caldeiras:	Diária	Semanal	Mensal	Trimestral	Semestral	Anual
Verificação do funcionamento geral		X				
Medições e registro de temperatura de água	X					
Medição do nível da água	X					
Verificações de fuga de vapor ou água		X				
Controle de corrosão da estrutura metálica			X			
Inspecionar válvulas de segurança (passagem de vapor)		X				
Medições e registro de pressões em funcionamento	X					
Limpeza dosTubos				X		

© INEGI todos os direitos reservados

Plano de ação | Eficiência Energética

Sistemas de produção e distribuição de vapor

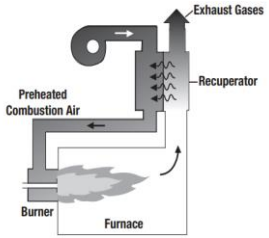
Exemplos:

Recuperação de calor dos gases de combustão

Por cada diminuição em **20ºC** 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.

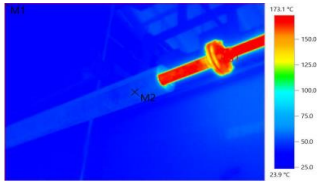


Isolamento térmico

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 ter sistemas de 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 a manutenção regular permitem manter um bom funcionamento da caldeira de vapor;

Redução de consumo de energia: 10-15%;

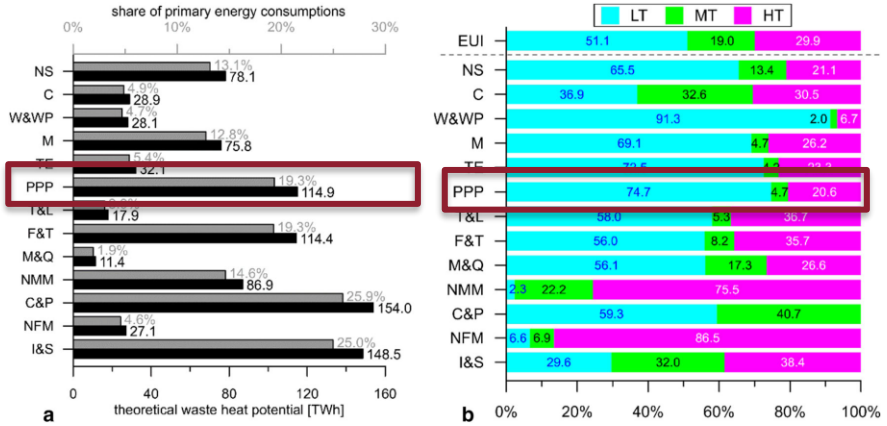
PRI estimado: 1-2 anos.

© INEGI todos os direitos reservados

Plano de ação | Eficiência Energética

Recuperação de calor

- Um estudo indica que **19,3% da energia primária** consumida pelo setor **papeleiro** na Europa poderia ser **recuperada**.
- Em **Portugal**, este valor corresponde a cerca de 81 ktep.
- Distribuição da energia a recuperar por gama de temperatura:
  - **74,7%** da energia está em processos de **baixa temperatura** (<100°C);
  - **4,7%** está em processos de **média temperatura** (100-300°C);
  - **20,6%** está em processos de **alta temperatura** (>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.

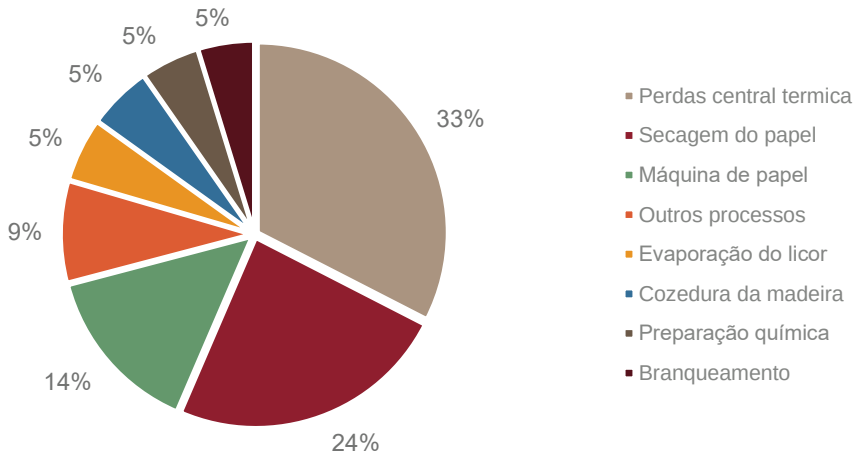
© INEGI todos os direitos reservados

Plano de ação | Eficiência Energética

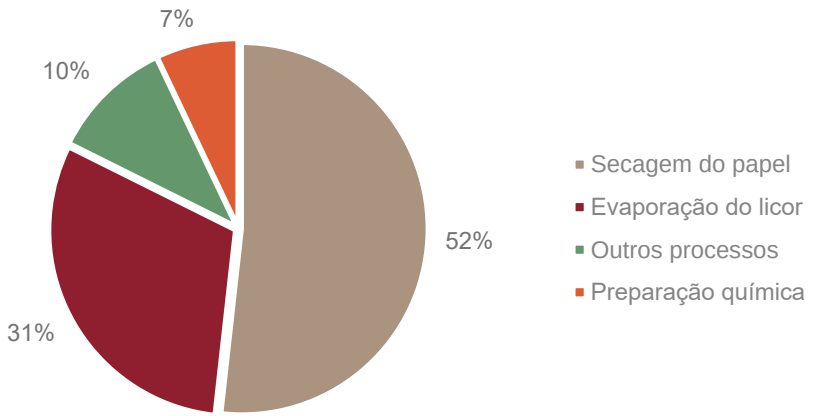
Recuperação de calor

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

Oportunidades de poupança de energia por processo - atuais



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



© INEGI todos os direitos reservados

Plano de ação | Eficiência Energética

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 este se encontra 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

Plano de ação | Eficiência Energética

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 de alimentação reduzindo os consumos de energia primária.

Exemplo
- Caudal dos gases exaustão: 2163 m^3/hr
- Temperatura gases de exaustão: 200 ºC

Recuperação de calor

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

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 ºC) permite aumentar o rendimento de um sistema de ar comprimido.

Exemplo – Aquecimento das AQS :
- Energia elétrica consumida anual: 328 000 kWh/ano
- Temperatura saída do óleo de lubrificante: 68 ºC

Recuperação de calor

Poupanças obtidas	
Energia utilizada em AQS [kWh/ano]	295 200
Poupanças anuais [€/ano]	585,0
Investimento [€]	1 500
PRI [anos]	2,56

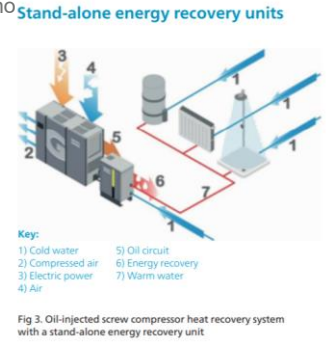


Fig 3. Oil-injected screw compressor heat recovery system with a stand-alone energy recovery unit

© INEGI todos os direitos reservados

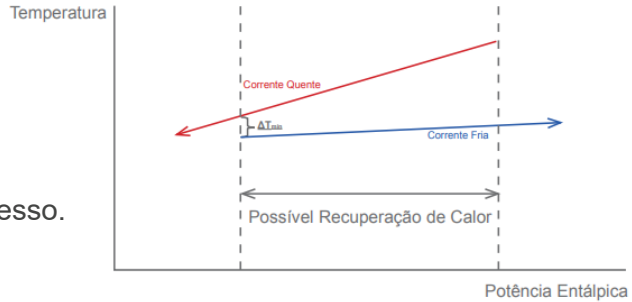
Plano de ação | Eficiência Energética

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:

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



Exemplos:

- Estudo realizado numa empresa papeleira no Canadá;
- **Objetivo:** realizar uma análise *pinch* e identificar ganhos com a reutilização de água e a eliminação de misturas não isotérmicas;
- **Restrições:** permutadores de calor já instalados;
- **Conclusões:** demonstraram uma poupança de vapor de 46 MW, sendo os gases de exaustão as principais fontes de recuperação de calor.

© INEGI todos os direitos reservados

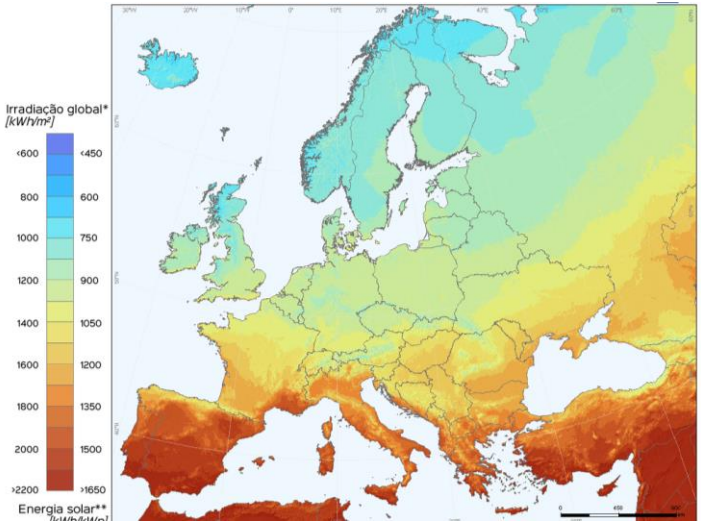
Plano de ação | Integração de renováveis

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.

Radiação solar média anual:
5kWh/m²/dia

Horas de sol:
2200 – 3000



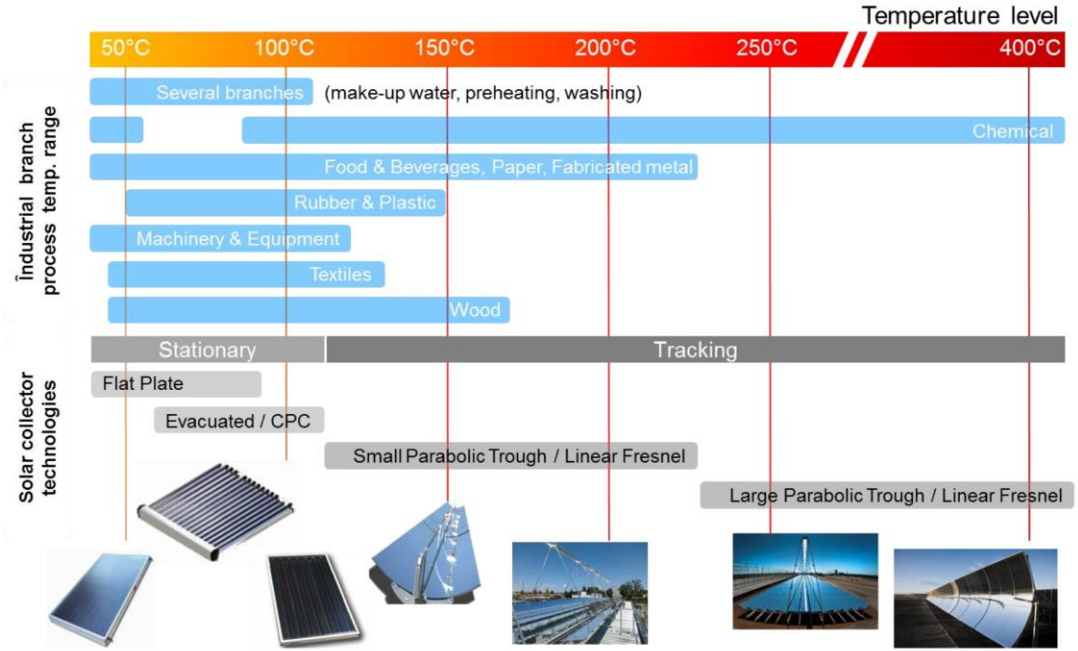
https://energieatlas.aee-intec.at/index.php/view/map?repository=ship&project=ship_ edit#-116.839600,11.682869,14.029541,57.177037|Layer,ship_ view,world_ countries|,default,default|1,1,1

© INEGI todos os direitos reservados

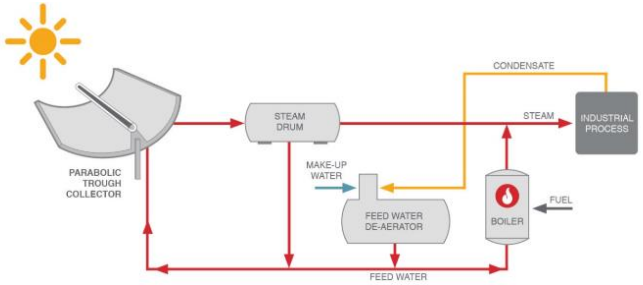
Plano de ação | Integração de renováveis

Coletores solares

Sendo a indústria do papel caraterizada por processos de baixa a alta temperatura, todos os coletores solares existentes poderiam ser utilizados para produzir energia térmica nos mesmos.



Princípio de montagem:



- **Circuito principal**: Coletor solar + armazenamento de vapor
- **Circuito secundário:** Caldeira de vapor
- **Temperatura de vapor:** 160ºC

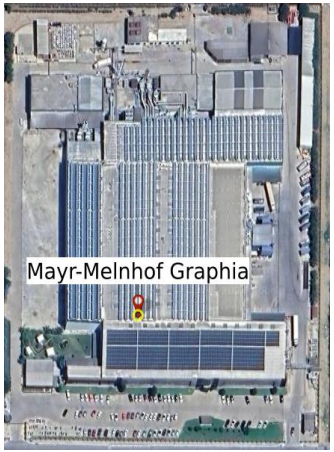
© INEGI todos os direitos reservados

Plano de ação | Integração de renováveis

Coletores solares

Exemplos:

Instalação	1	2
Pais	França	Turquia
Ano de instalação	2019	2021
Temperatura de operação [°C]	90	-
Fluido de trabalho	Água	Água
Tipo de coletor	Placa plana	Parabólico
Área [m^2]	4200	4500
Potência térmica instalada [kWht]	2940	3150

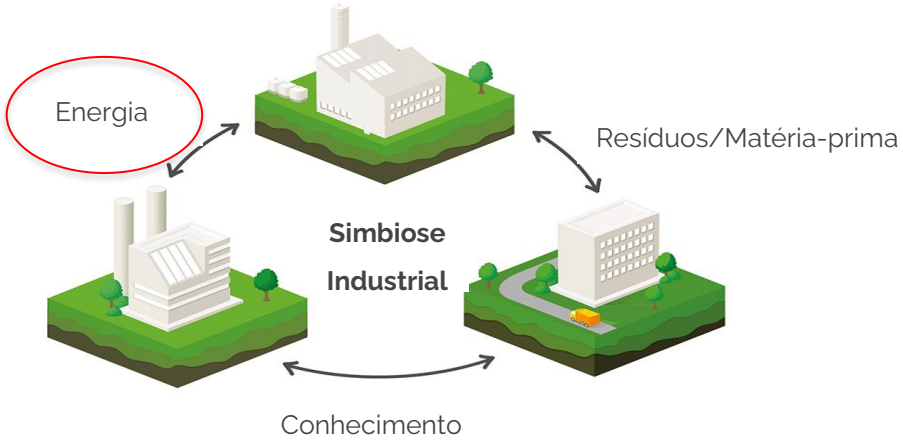


© INEGI todos os direitos reservados

Plano de ação | Descarbonização

Simbiose industrial

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



Aproveitamento do calor residual

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 primária, reduzindo custos das faturas e redução de emissões de gases com efeito de estufa.

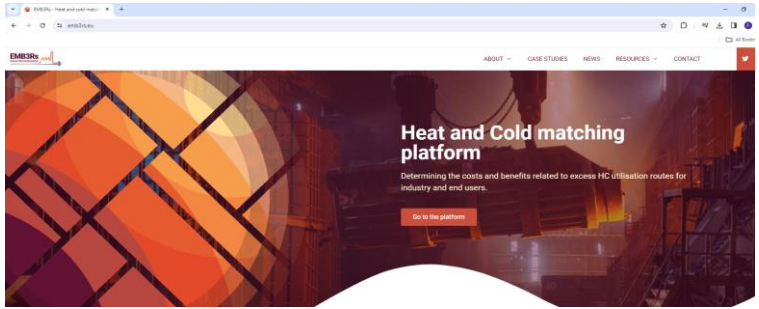
© INEGI todos os direitos reservados

Plano de ação | Descarbonização

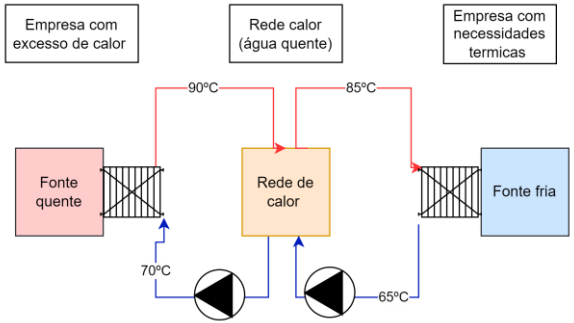
Simbiose industrial

Rede de calor - Metodologia:

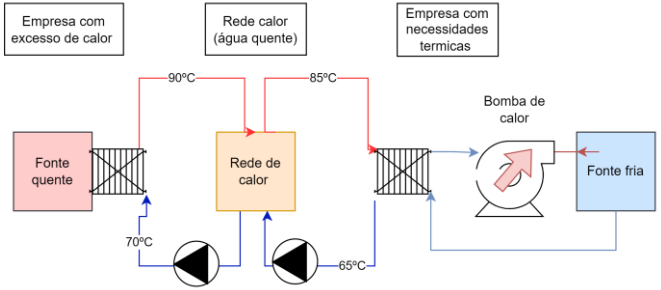
1. Caraterização energética (térmica) dos vários intermediários:
    1. Potencias necessária;
    2. Temperatura;
    3. Horas de funcionamento.
2. Dimensionamento da rede de calor:
    1. Tubagem (distâncias/diâmetro);
    2. Equipamentos adicionais;
    3. Etc.
3. Analise económica e ambiental.



A



B



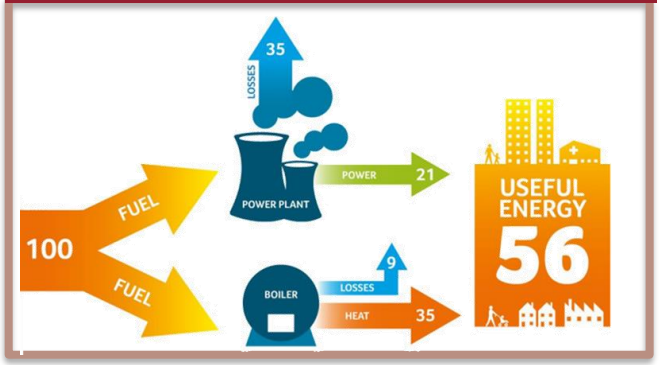
© INEGI todos os direitos reservados

Plano de ação | Descarbonização

Cogeração

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

Sistema convencional



Sistema cogeração

- 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%.

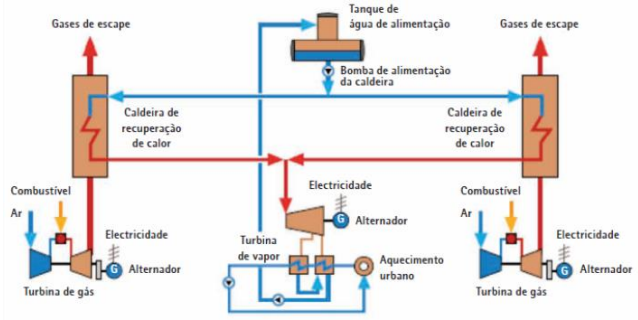
© INEGI todos os direitos reservados

Plano de ação | Descarbonização

Cogeração

Exemplo:

- **UIPSA – Unión Industrial Papelera S.A -** Barcelona.
- **Instalação de cogeração**: 33MWe.
- **Tecnologia**: Ciclo combinado utilizando gás natural.
- **Componentes**:
  - Turbina a vapor de contrapressão: 3,9 MW.
  - Turbina de condensação: 1,7 MW.
- **Produção anual**:
  - Energia elétrica: 250 GWh/ano.
  - Energia térmica: 265 GWh/ano.

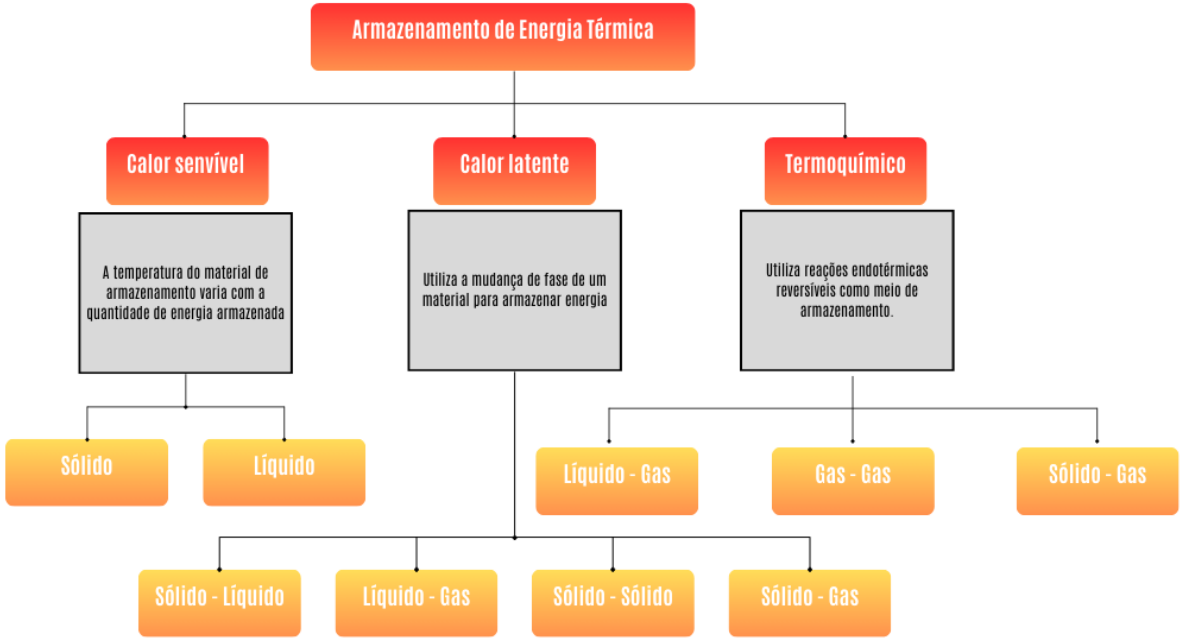


© INEGI todos os direitos reservados

Plano de ação | Descarbonização

Sistemas de armazenamento térmico

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



© INEGI todos os direitos reservados

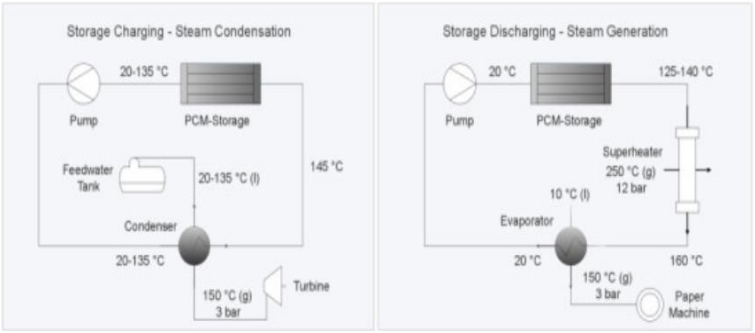
Plano de ação | Descarbonização

Sistemas de armazenamento térmico

Exemplo:

Utilização de PCM para recuperar energia térmica na indústria papeleira

Um estudo realizado por Wallek, 2018 desenvolveu um sistema de armazenamento térmico de calor latente a **escala laboratorial** para indústria da pasta de papel. O sistema consiste em recuperar parte da energia do **vapor** que tem de ser **condensado** e **usá-lo nas máquinas de fabrico de papel.** O sistema desenvolvido e verificado experimentalmente é capaz de armazenar **30 MWh/dia.**



© INEGI todos os direitos reservados

Plano de ação | Descarbonização

Medidas subsetoriais

Exemplo:

Preparação da Matéria Prima

O aumento da utilização de pasta de papel reciclado permite reduzir **6.3 – 11.6 GJ/t-pasta** quando comparado com a fabricação de pasta de papel a partir da madeira.

Cozimento Químico

A utilização de digestores contínuos permite reduzir **0,82 ton de vapor/ton de pasta**.

Branqueamento e Refinação

A recuperação de calor a partir do efluente da unidade de branqueamento permite reduzir em **939 000 GJ/ano** de energia primária.

Desfibração de Papel Reciclado

A recuperação de calor dos efluentes da destilação contribui para a redução de **39 000 GJ/ano** do consumo de combustível da caldeira.

Recuperação de Químicos e Energia

A implementação de caldeiras de recuperação de calor mais eficientes permite um aumento da geração de calor de **2,6 para 3,4** ton de vapor/ton de licor negro.

Produção do Papel

A utilização da prensagem a quente permite reduzir **1 kg-vapor/kg-papel.**

© INEGI todos os direitos reservados

5.

Projetos de Hidrogénio na indústria papeleira

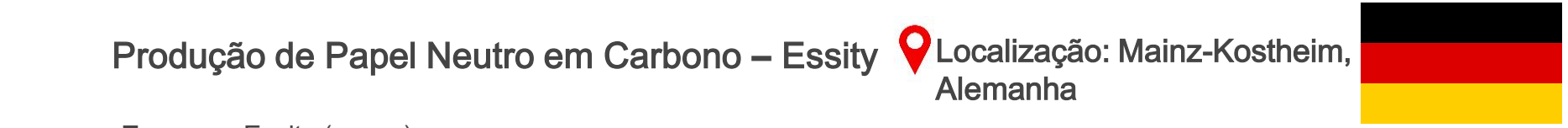
Since 1986

© INEGI todos os direitos reservados

Projetos de Gases Renováveis na indústria papeleira

Produção de Papel Neutro em Carbono – Essity

Localização: Mainz-Kostheim, Alemanha



- **Empresa**: Essity (sueca)
- **Inovação**: Primeira empresa no mundo a produzir lenços de papel com um processo de produção neutro em carbono, utilizando hidrogénio renovável.
- **Localização**: Planta de produção em Mainz-Kostheim, Alemanha
- **Início do ensaio piloto**: Segunda metade de 2021
- **Objetivo**: Produzir papel neutro em carbono
- **Reabilitação do processo**: Eletrificação e programas de eficiência energética implementados em todo o processo
- **Mudança no processo**: Secador a gás natural substituído por hidrogénio, exigindo temperaturas de até 600ºC
- **Resultados**: Comprovação da possibilidade de descarbonizar o processo de produção com hidrogénio como parte da solução
- **Produção anual**: 152 mil toneladas de papel produzidas na central

Fonte: https://www.essity.com/media/press-release/essity-first-to-produce-tissue-in-a-co2-free-production-process-using-renewable-hydrogen/62674d3e67dfbd0b/

Projetos de Gases Renováveis na indústria papeleira

Projeto da Essity em Skelmersdale

Localização: Lancashire, UK

- **Empresa**: Essity (sueca)
- **Financiamento garantido**: £2,2 milhões (~€2,54 milhões) do governo britânico para um programa de transição de combustíveis fósseis
- **Localização da planta**: Skelmersdale, Lancashire
- **Produção**: Rolos gigantes de papel, que são distribuídos para outras localizações de produção no Reino Unido
- **Objetivo do papel**: Processado para ser utilizado como papel de cozinha ou papel higiénico
- **Inovação no processo**: A máquina existente na fábrica de Tawd será adaptada para substituir parte do processo de secagem alimentado a gás natural por energia a hidrogénio
- **Impacto ambiental**: Mudança tem potencial para reduzir em 66% as emissões de CO_2 atualmente produzidas no fabrico de papel
- **Status dos ensaios**: Iniciados em 2024; ainda não há informações ou resultados disponibilizados
- **Objetivo geral dos ensaios**: Substituir todos os processos de calor que utilizam gás natural por hidrogénio, incluindo a secagem

Fonte: https://www.hydrogenfuelnews.com/hydrogen-power-paper-production/8559556/?utm_content=cmp-true

Projetos de Gases Renováveis na indústria papeleira

Uso de Hidrogénio Verde - Kimberly-Clark Localização: Milicent, Austrália

- **Empresa**: Kimberly-Clark
- **Localização**: Planta de produção em Milicent, Austrália
- **Objetivo**: Substituição progressiva do gás natural por hidrogénio verde em processos térmicos
- **Plano de transição**:
  - **Início do período de transição**: 2027
  - **Meta inicial**: Utilizar uma mistura de gás natural com até 20% de hidrogénio
  - **Transição completa**: Conversão total de gás natural para hidrogénio a partir de 2029

Fonte: https://www.pita.org.uk/what-we-do/news-services/1417-pioneering-green-hydrogen-in-tissue-manufacturing

© INEGI todos os direitos reservados

Projetos de Gases Renováveis na indústria papeleira

Projeto HyflexPower

Localização: Saillat-sur-Vienne, França

- **Inovação**: Primeira central de produção combinada de calor e eletricidade (CHP) alimentada por uma turbina SGT-400 que demonstra a viabilidade do conceito integrado de conversão de energia em hidrogénio
- **Funcionamento**: Em 2023, a central operou com até 100% de hidrogénio pela primeira vez
- **Projeto de I&D**: Financiado pela UE, conhecido como HYFLEXPOWER, lançado em 2020
- **Modificações realizadas**: Adaptação da fábrica de papel Smurfit Kappa para permitir que a instalação CHP funcione com misturas de hidrogénio verde e gás natural
- **Demonstração**: Realizada com sucesso durante 2022-2023, mostrando uma instalação piloto industrial integrada de energia-para-H2-para-energia
- **Resultados**:
  - Novo queimador com capacidade para 100% de gás natural e 100% de hidrogénio
  - Desempenho consistente dentro das margens de design
  - Emissões de NOx < 25 ppm em todas as condições de teste

Fonte: https://gasturbineworld.com/siemens-hyflexpower/

© INEGI todos os direitos reservados

Projetos de Gases Renováveis na indústria papeleira

Teralta e a Chemtrade produzem H_2 para produção de pasta de papel

Localização: Prince George, Canadá

Início:
•Trabalhos começaram em 2022, sendo a primeira iniciativa na estratégia de hidrogénio internacional da Teralta para desenvolver hidrogénio baixo em carbono em escala industrial.
Parceria:
•Colaboração com a Chemtrade, que gera **mais de 640.000 gigajoules de hidrogénio como subproduto** anualmente a partir da sua operação de produção de clorato de sódio em Prince George.
•A Teralta irá limpar o hidrogénio e reaproveitá-lo para uso na fábrica de pasta de papel.
Capacidade de Produção:
•O projeto fornecerá à fábrica até **500.000 gigajoules de hidrogénio limpo por ano**.
Impacto Ambiental:
•O H_2, estima-se, irá substituir até **25% das necessidades energéticas a gás** da fábrica de pasta de papel.
•Redução de **mais de 700.000 toneladas de CO_2** ao longo de 20 anos.

Fonte: https://teralta.com/wp-content/uploads/2024/02/Teralta-UseCaseStudy-Industrial-Chemtrade.pdf

© INEGI todos os direitos reservados

Projetos de Gases Renováveis na indústria papeleira

Estudo sobre o Potencial de Integração do Hidrogénio na Indústria Papeleira : Caso de Estudo

Desenvolvimento e Operação:
Simulação da conversão de uma planta de cogeração para funcionar com 100% de hidrogénio verde, produzido localmente via energia solar.
Tecnologia:
Turbinas a gás movidas a hidrogénio
Capacidade de Produção:
Sistema de cogeração com modificações mínimas
Consumo de hidrogénio: 4.209 t/ano
Redução de CO_2: 29.273 t/ano
Aplicações:
Fornecimento de calor e eletricidade para a fábrica
Retrofit de sistemas a gás natural
Objetivos de Sustentabilidade:
Eficiência da central: 86%
Descarbonização completa do consumo energético
Investimentos e Futuro:
Retorno em 12,4 anos

Fonte: Assessment of paper industry decarbonization potential via hydrogen in a multi-energy system scenario: A case study

© INEGI todos os direitos reservados

6.

Introdução de gases renováveis no setor do Papel

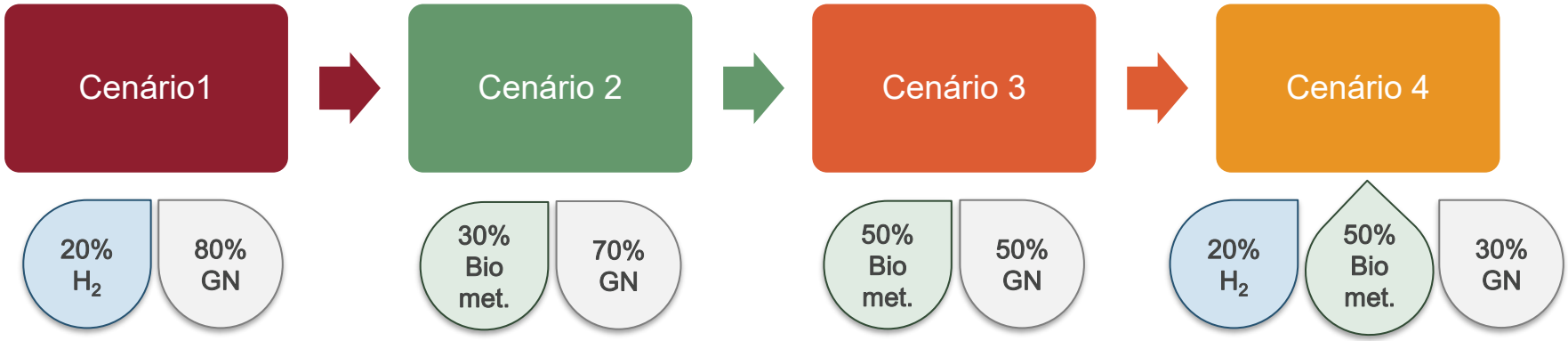
- Procura de gases renováveis
- Cenarização de possível integração dos gases renováveis
- Redução de emissões
- Alteração da matriz energética do mix do gás natural
- Resumo dos resultados do estudo
- Conclusões

Since 1986

© INEGI todos os direitos reservados

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**.



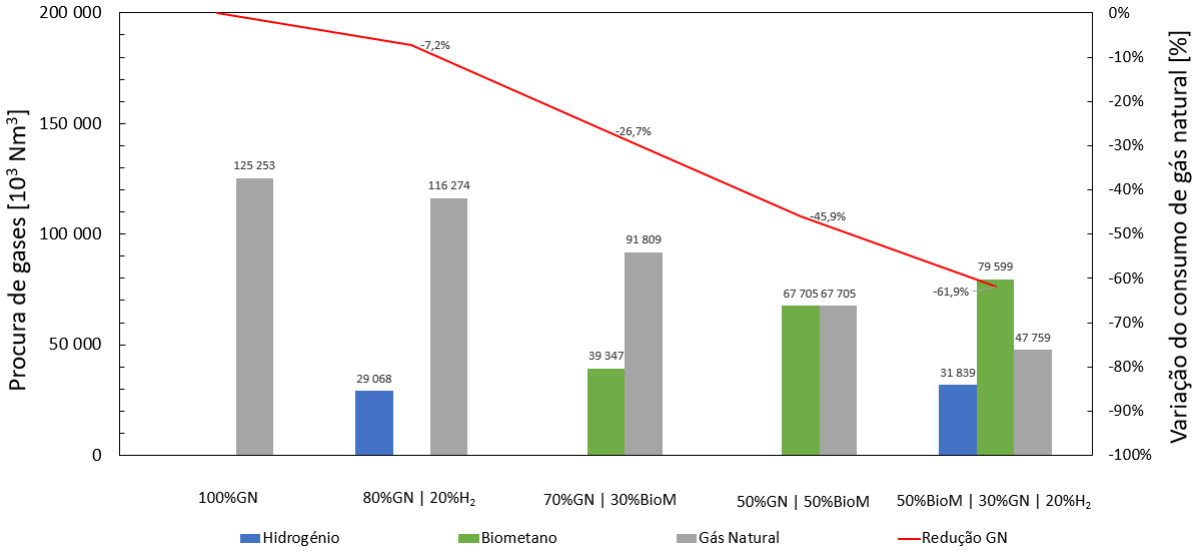
© INEGI todos os direitos reservados

Procura de gases renováveis

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

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

→ Já com o H_2, sendo o <u>seu PCI cerca de 3 vezes inferior ao do GN</u>, será necessário um maior volume de hidrogénio para substituir o mesmo conteúdo de GN.



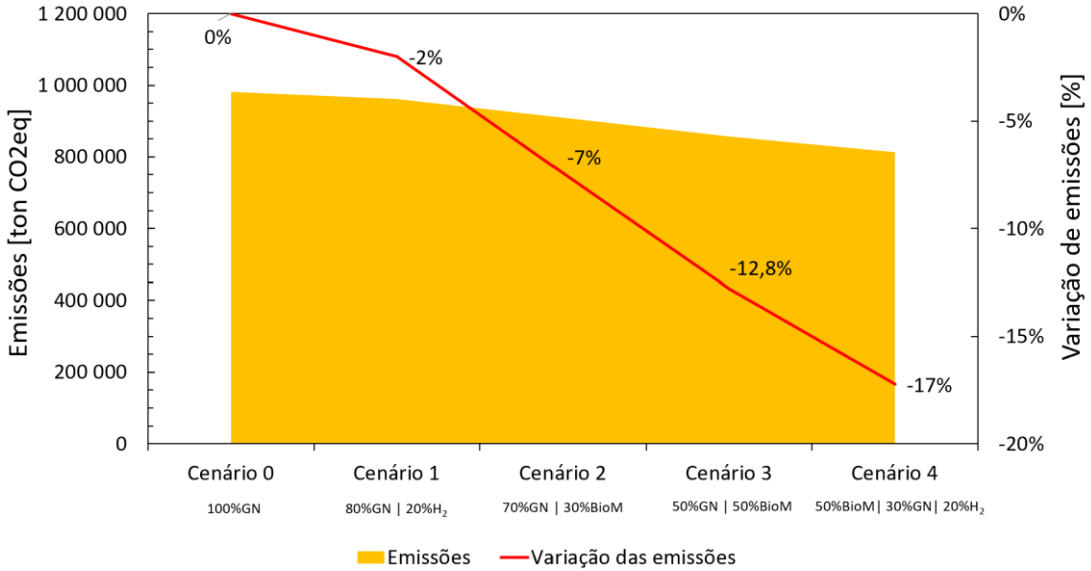
© INEGI todos os direitos reservados

Redução de emissões

Emissões de CO_2 do setor do Papel

→ 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 17 % e corresponde a 70% do total das emissões de carbono do setor, no momento, produzidas pelo consumo de GN.



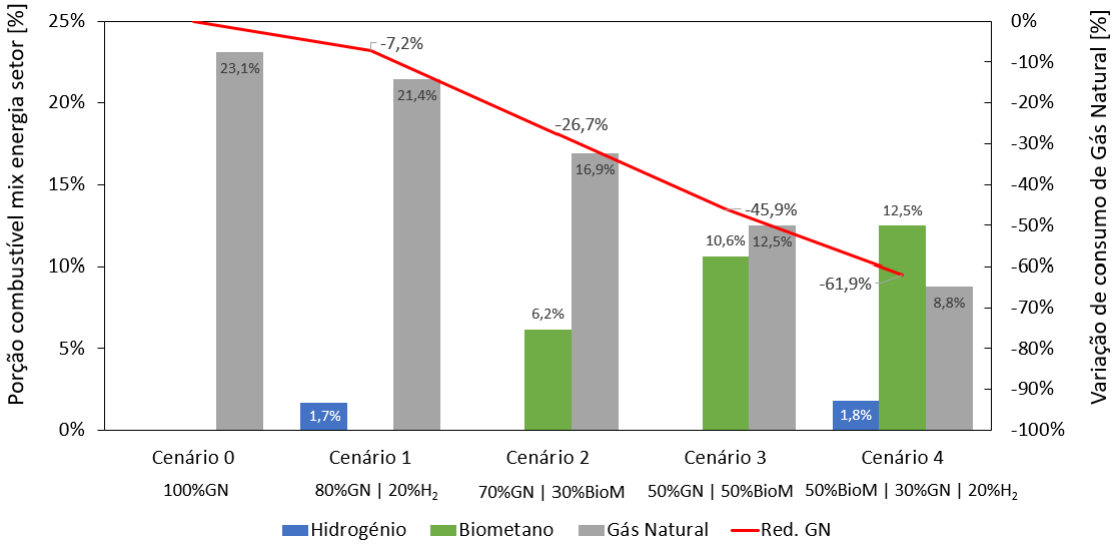
© INEGI todos os direitos reservados

Alteração da matriz energética do mix do gás natural

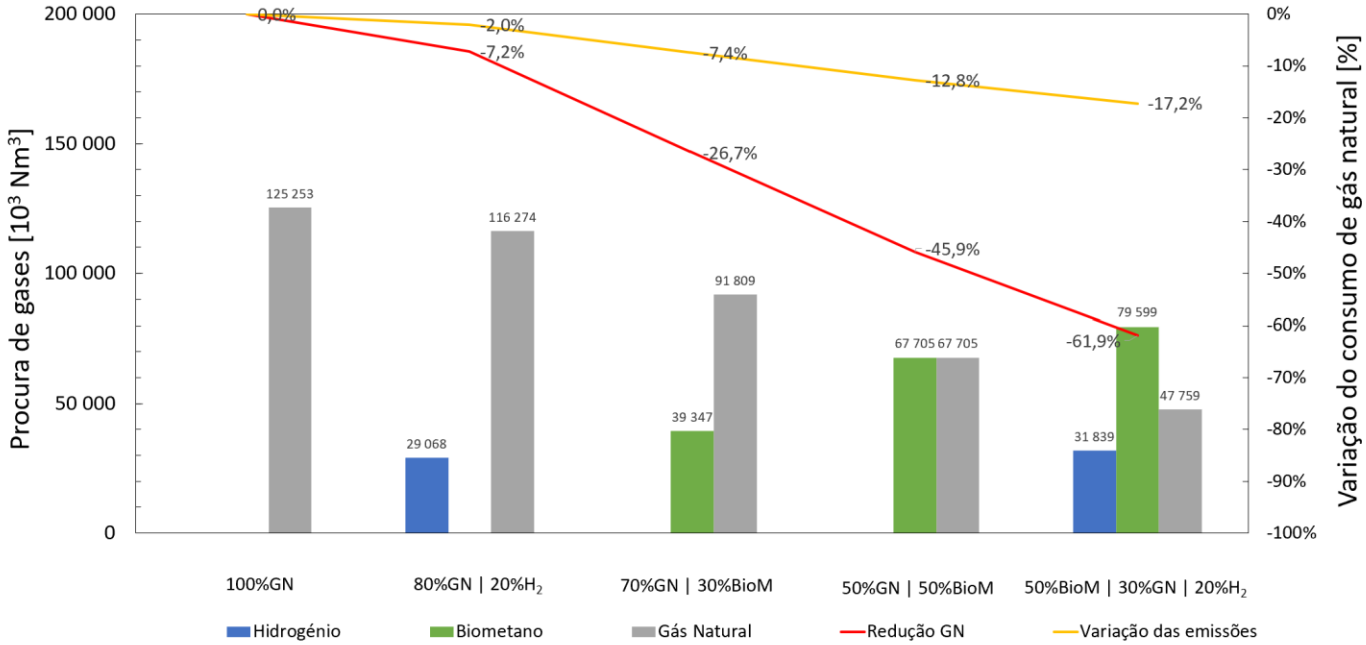
Alteração do mix energético de gases

→ 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).**



© INEGI todos os direitos reservados



Resumo dos resultados do estudo

17,2%

Potencial de redução de emissões

Procura de gases renováveis superior à de GN

A partir do Cenário 2

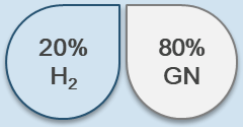
23,1%

Energia do setor possível de descarbonizar (GN)

© INEGI todos os direitos reservados

Resumo da cenarização

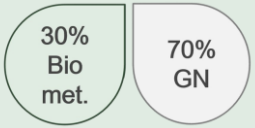
Integração de gases renováveis no setor do Papel



➔ **1,7%** do mix energético total em H_2

➔ **2%** de redução de emissões

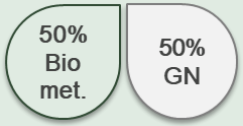
➔ **29 068 10^3Nm^3** H_2



➔ **6,2%** do mix energético total em biometano

➔ **7,4%** de redução de emissões

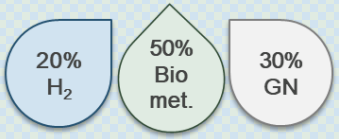
➔ **39 347 10^3Nm^3** biometano



➔ **10,6%** do mix energético total em biometano

➔ **12,8%** de redução de emissões

➔ **67 705 10^3Nm^3** biometano



➔ **1,8%** de H_2 e **12,5%** de biometano do mix energético

➔ **17,2%** de redução de emissões

➔ **31 839 10^3Nm^3** de H_2 e **79 599 10^3Nm^3** de biometano

© INEGI todos os direitos reservados

inegi driving science & innovation

MAIS DE 35 ANOS
A CONVERTER
CONHECIMENTO
EM VALOR

Since 1986

Francisco Machado

fmachado@inegi.up.pt

INSTITUTO DE CIÊNCIA E INOVAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA E ENGENHARIA INDUSTRIAL

www.inegi.pt

U.PORTO

© INEGI todos os direitos reservados