



APLICAÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS NAS INFRAESTRUTURAS VIÁRIAS

Eng.º Paulo Fon

Conteúdo

ECONOMIA LINEAR / ECONOMIA CIRCULAR

CONSUMO DE AGREGADOS NA EUROPA

DADOS ESTATÍSTICOS

HIERARQUIA DE GESTÃO DE RESÍDUOS

LEGISLAÇÃO: VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS E ESPECIFICAÇÕES LNEC

POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO E VALORIZAÇÃO DE MATERIAIS/RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO: CASOS DE ESTUDO

POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO E VALORIZAÇÃO DE MATERIAIS/RESÍDUOS NAS INFRAESTRUTURAS VIÁRIAS

EXEMPLOS DE REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS/RESÍDUOS NAS INFRAESTRUTURAS VIÁRIAS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Economia Linear:



umento da população (classe média) = + extração matérias-primas

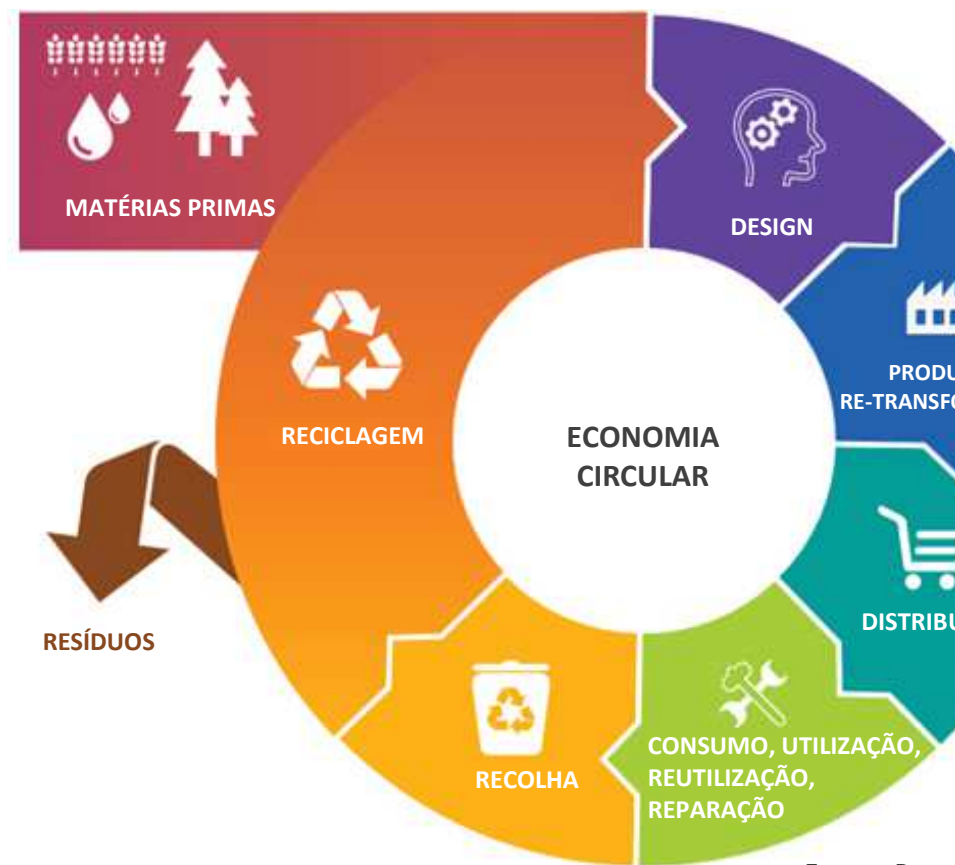
procura elevada + recursos finitos = escassez

escassez + dependência externa de materiais = risco

risco + escassez + procura elevada = preços voláteis e crescentes

conomia linear = exaustão de capital e serviços ambientais

Economia Circular:



Economia Circular

FUNDAMENTAL A TRANSIÇÃO DO SETOR PARA UMA CONSTRUÇÃO CIRCULAR!!!

PREVENIR A PRODUÇÃO DOS RCD

- Aumento do ciclo de vida dos produtos e materiais da Construção;
- Sistemas Preditivos (Industria 4.0):

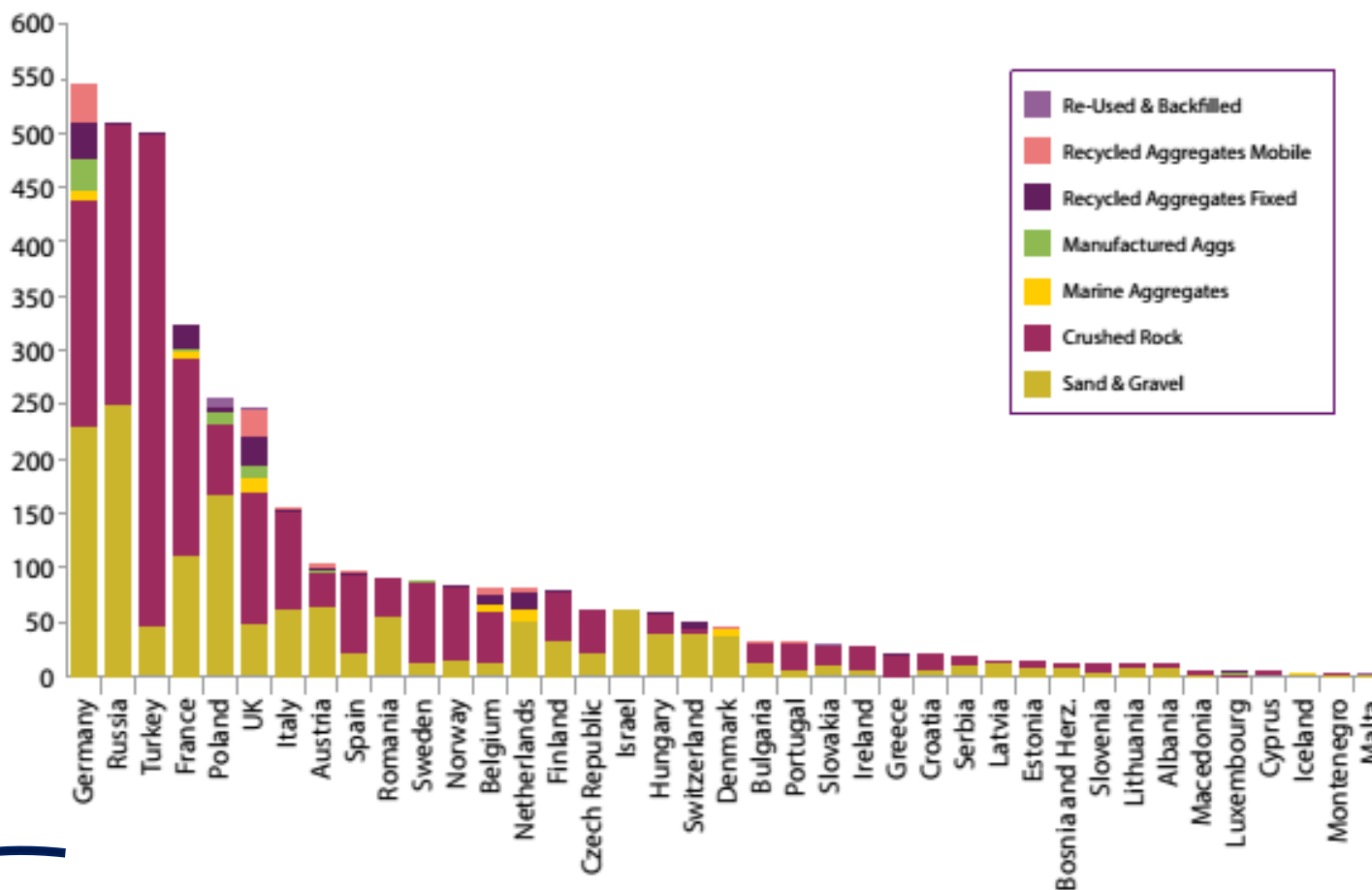
Digitalização → Sensorização → BIM (Building Information Modeling) → FM

INCENTIVAR A VALORIZAÇÃO DOS RCD

- Definição de metas para a incorporação dos RCD;
- Obrigação da redução da extração de recursos naturais e na redução do desvio para aterro;
- Promover a I&D por forma a aumentar o valor acrescentado dos RCD.

Consumo de agregados na Europa

2015 National Production by Country (mt)



Necessidade de aumentar a reutilização de produtos

Dados Estatísticos: Necessidade da Reutilização de Resíduos

Segundo os dados de “Global Footprint Network”, **CONSUMIMOS ANUALMENTE O EQUIVALENTE A 1,7 PLANETAS** equivalentes ao planeta Terra!



dados Estatísticos: Necessidade da Reutilização de Resíduos

Se não forem tomadas medidas urgentes, os resíduos gerados aumentarão **70%**, ou seja teremos **3.400 MILHÕES DE TONELADAS em 2050!**

Quando terminar esta apresentação, a população mundial terá aumentado numa razão de **2,8 HUMANOS POR HECTÁRE**. Até **2030**, aumentará **MAIS MIL MILHÕES**, com a sua respetiva cota de consumo de recursos.

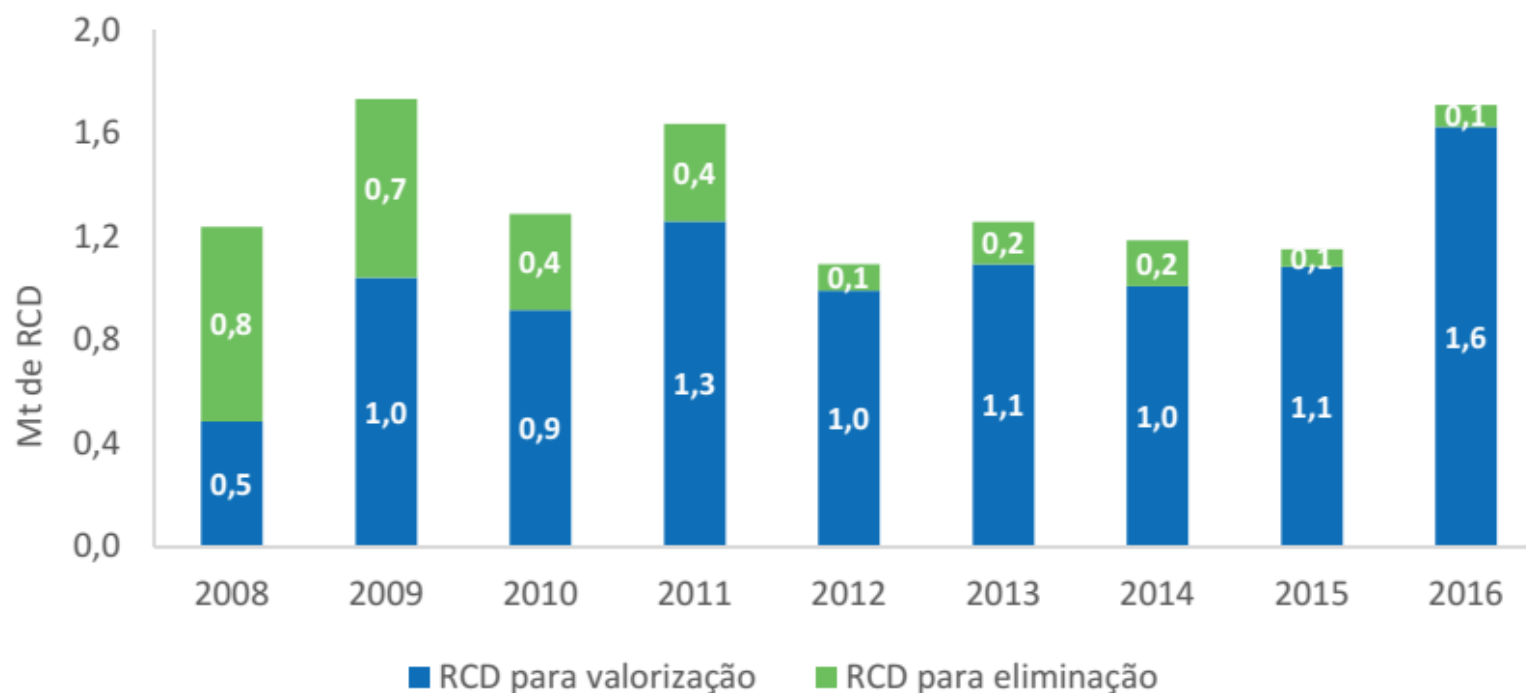
A UE estima que com a adoção dos princípios da **ECONOMIA CIRCULAR** poderá existir uma **ECONOMIA CIRCULAR** de **2.000.000 MILHÕES DE EUROS PARA AS EMPRESAS EUROPEIAS EM 2030** (8% do volume de negócios anual)

A **ECONOMIA CIRCULAR** poderá gerar **2.000.000 POSTOS DE TRABALHO NA UE** durante os próximos 12 anos

Dados Estatísticos Produção/Consumo de Resíduos da Construção

- Dados de produção de resíduos pelo setor da Construção

	2004	2006	2008	2010	2012	2014
União Europeia	766 250 000	836 290 000	864 450 000	858 730 000	838 260 000	858 750 000
Portugal	2 625 939	3 607 449	1 364 419	1 779 897	928 394	1 512 950



dos Estatísticos Produção/Consumo de Resíduos da Construção

Setor da construção é responsável por:

- 24% dos recursos naturais extraídos;
- 25 a 40 % do total de resíduos produzidos.

No que respeita aos resíduos produzidos:

- Quantidades muito significativas;
- Constituição heterogénea;
- Frações de dimensões variadas;
- Diferentes níveis de perigosidade;
- **ELEVADO POTENCIAL DE VALORIZAÇÃO.**

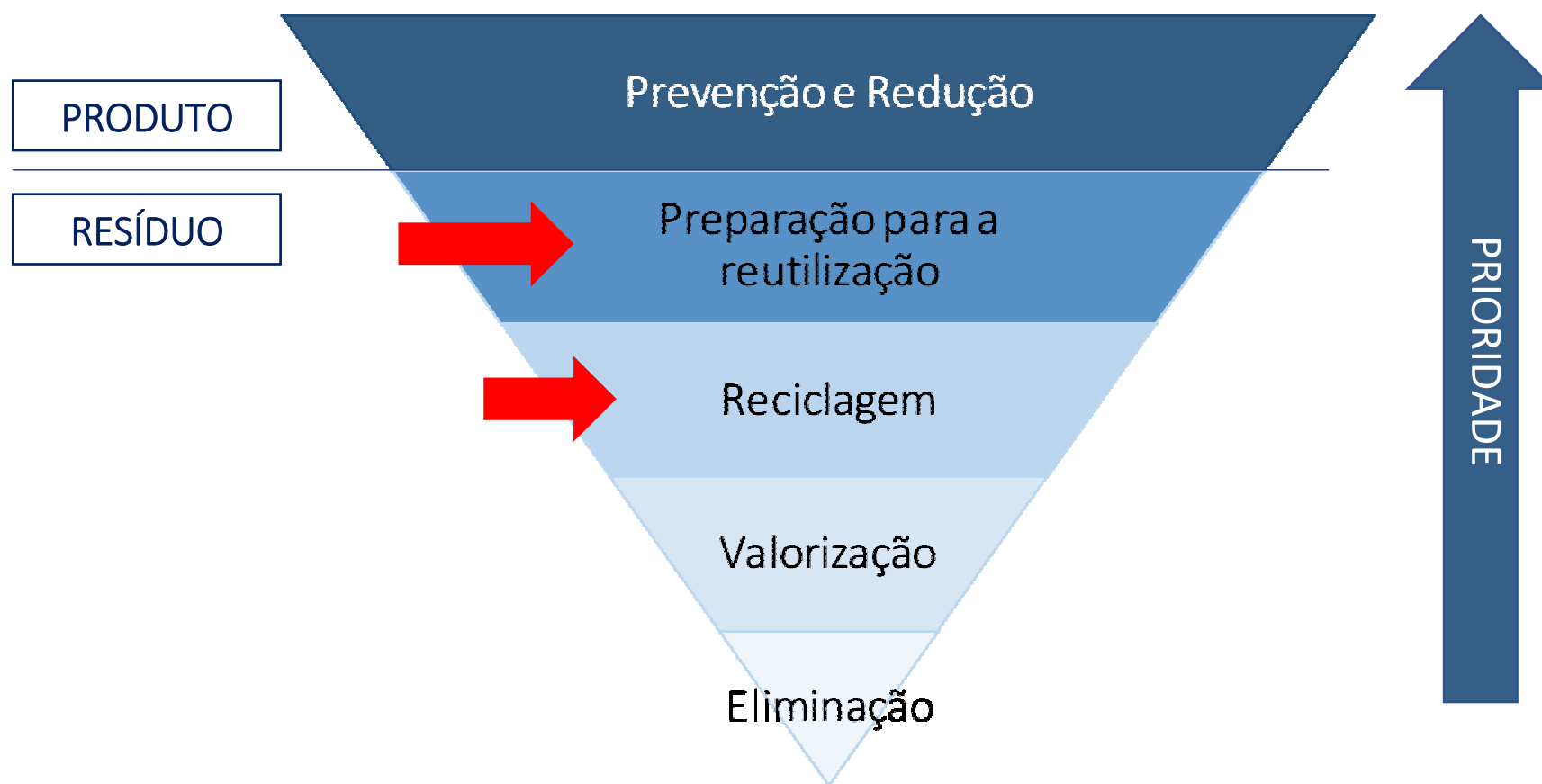
Fonte: APA 200

MÁ GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E
DEMOLIÇÃO (RCD)

Incorreta utilização no enchimento de pedreiras
ou em outros projetos de reabilitação paisagística

Deposição ilegal de resíduos no meio ambiente

Hierarquia de Gestão de Resíduos



Valorização: Valorização de Resíduos

Diretiva 2008/98/CE

DL 178/2006 na redação dada pelo DL 73/2011]

- Estabelecimento da meta de **70%** relativa à necessidade reutilização, reciclagem e outras formas de valorização de materiais de RCD, para ser alcançado em **2020**.



DL 178/2006 na redação dada pelo DL 73/2011]

- Obrigatoriedade de utilização de pelo menos **5% de materiais reciclados** na construção e manutenção de infraestruturas no Código de Contratação Pública.

Regulamentação: Especificações LNEC

LNEC tem demonstrado preocupação no sentido da evolução para uma construção circular e tem vindo a desenvolver especificações para a utilização dos RCD no setor da construção:

E 485 | Utilização de **materiais provenientes de resíduos de construção e demolição** em preenchimento de valas

E 484 | Utilização de **materiais provenientes de resíduos de construção e demolição** em caminhos rurais e floresta

E 483 | Utilização de **agregados reciclados provenientes de misturas betuminosas** recuperadas para camadas não ligadas de pavimentos rodoviários

E 474 | Utilização de **materiais reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição** em aterro e camadas não ligadas de leito de infraestruturas de transporte

E 473 | Utilização de **agregados reciclados** em camadas não ligadas de pavimentos

E 472 | **Reciclagem de misturas betuminosas a quente** em central

E 471 | Utilização de **agregados reciclados grossos em betões** de ligantes hidráulicos

Potencial de Reutilização e Valorização de Materiais/Resíduos na Construção: Casos de Estudo

Cais norte do aeroporto de Lisboa

- Área bruta de 13.000 m²
- Total: 15650 ton RCD
- Os RCD das lajes de betão após britagem foram caracterizados e utilizados *in situ* como agregados reciclados.
- Taxa de reciclagem de **96%**



Construção do cais norte do aeroporto de Lisboa

Potencial de Reutilização e Valorização de Materiais/Resíduos na Construção: Casos de Estudo

Estoril – Sol Residence

- Área bruta de 30.000 m²
- Total: 4250 ton RCD (2400 ton de betão) valorizados por operadores de gestão de resíduos.

- Taxa de reciclagem de **99%**



Potencial de Reutilização e Valorização de Materiais/Resíduos nas Infraestruturas Viárias

- CONSUMO DE 90 A 95% DE RECURSOS NATURAIS
- CUSTOS PT: 60 A 70% EM RECURSOS NATURAIS
- MÉDIA EU: 30 A 50% DO CUSTOS EM RECURSOS NATURAIS
- > EFICIÊNCIA EM 30% ATÉ 2030 = POUPANÇAS ANUAIS 600 kM€ (EU)

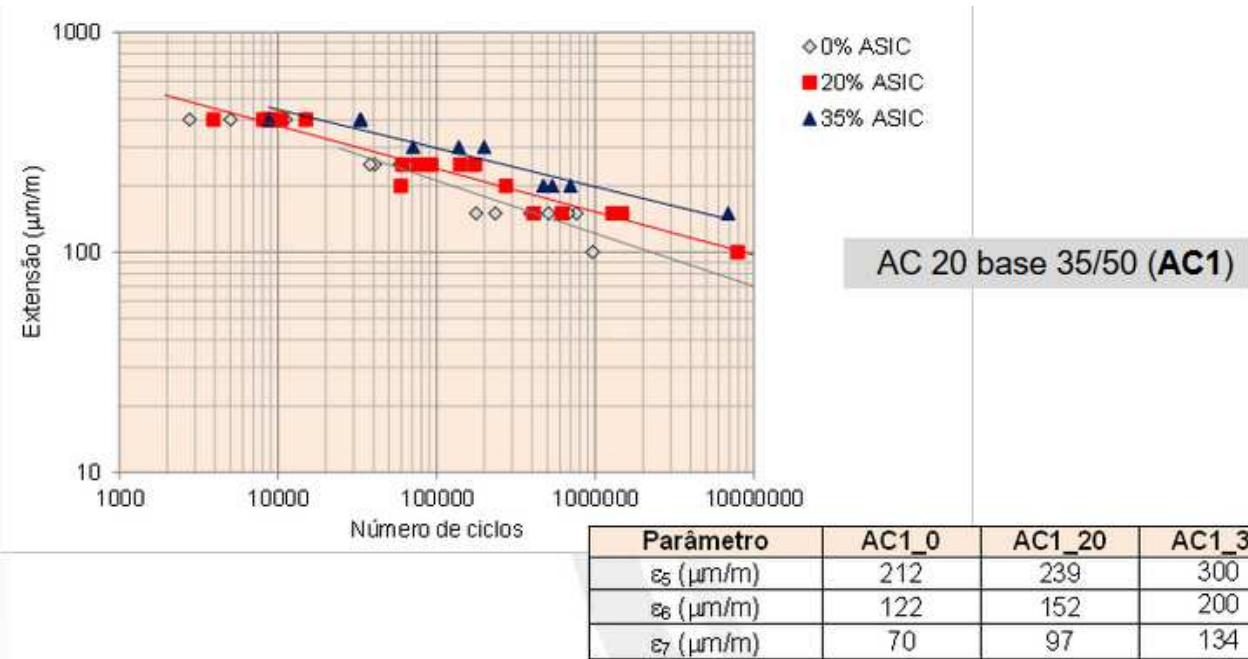
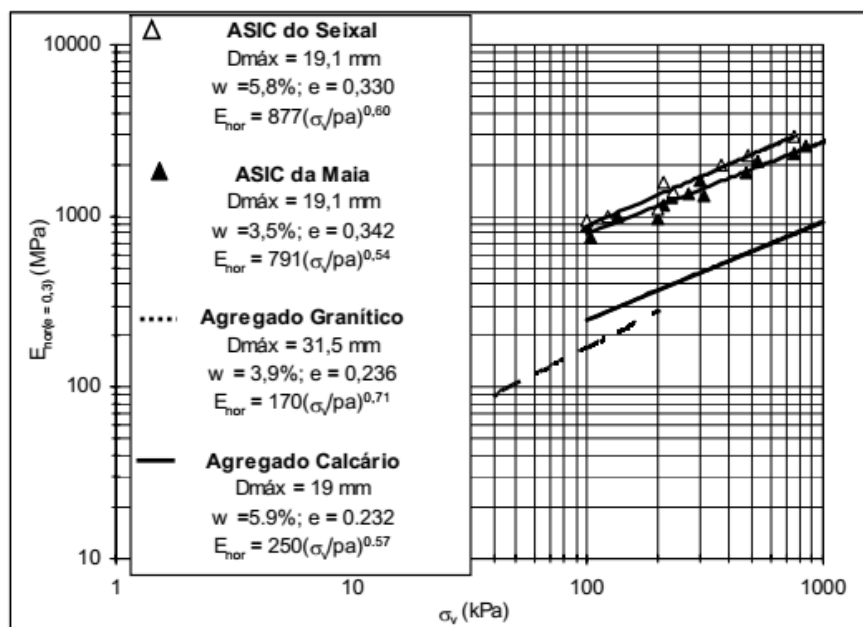


Exemplos de Reutilização de Materiais/Resíduos nas Infraestruturas Viárias

Incorporação de **Agregado Siderúrgico Inerte para a Construção (ASIC)** em misturas betuminosas:
Exemplos de resultados em estudos de investigação

Agregados:

Misturas Betuminosas (Fadiga):



Exemplos de Reutilização de Materiais/Resíduos nas Infraestruturas Viárias

Incorporação de **Resíduos Plásticos**, como agregado, em misturas betuminosas, como por ex.:

- Borracha reciclada de pneus;
- Polietileno (PE);
- Polietileno de alta densidade (PEAD);
- PEX, etc.

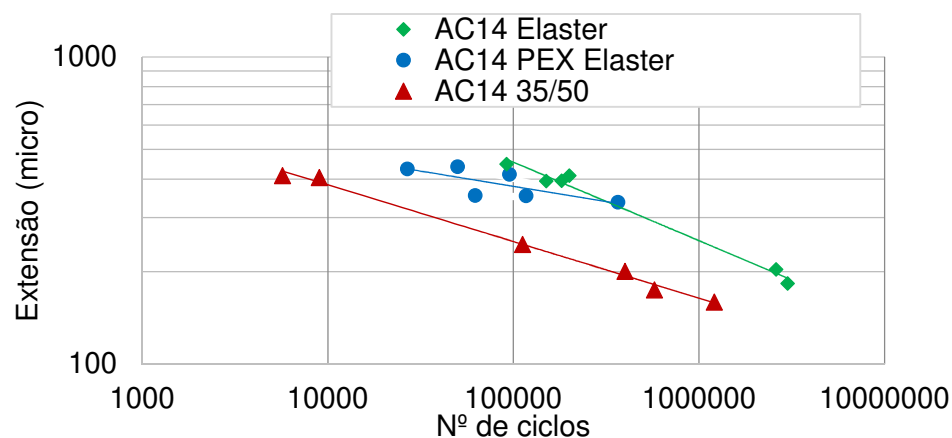
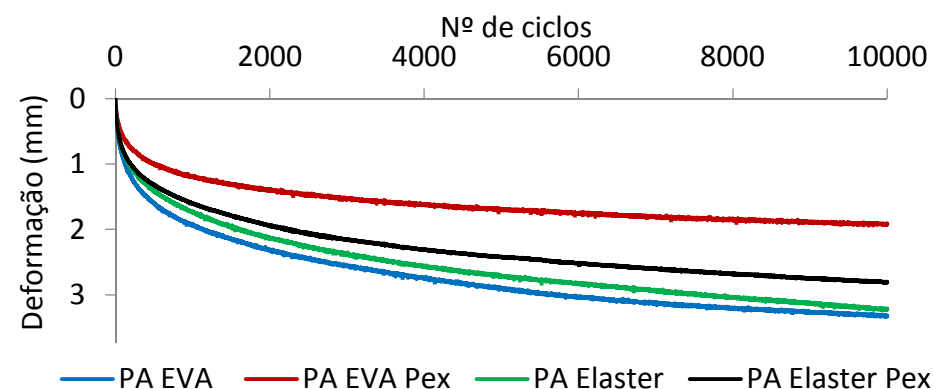


Exemplos de Reutilização de Materiais/Resíduos nas Infraestruturas Viárias

incorporação de **Resíduos Plásticos**, como agregado, em misturas betuminosas: Exemplo de estudo de reutilização de **PEX como agregado**

A adição de PEX como parte dos agregados aumenta a resistência à deformação permanente (rigidez da mistura).

As misturas com PEX como agregado apresentam maior resistência à fadiga que a mistura apenas com agregados minerais, provavelmente devido ao seu superior teor em ligante.



Exemplos de Reutilização de Materiais/Resíduos nas Infraestruturas Viárias

Reutilização de Resíduos da Construção e Demolição nas infraestruturas viárias:



Exemplos de Reutilização de Materiais/Resíduos nas Infraestruturas Viárias

Reutilização de Resíduos da Construção e Demolição nas infraestruturas viárias:

RCD utilizados para diferentes fins:

- Material para misturas betuminosas;
- Material para bermas;
- Material para aterros;
- Material para sub-base e base não ligadas ou ligadas com ligantes hidráulicos de pavimentos rodoviários;
- Material para caminhos rurais e florestais;
- Material para valas .



Exemplos de Reutilização de Materiais/Resíduos nas Infraestruturas Viárias

Reutilização de Resíduos da Construção e Demolição nas infraestruturas viárias:

Para utilização em camadas não ligadas de pavimentos rodoviários, os agregados reciclados são agrupados em duas classes (B ou C) (E 473 LNEC):

Classe	Proporção dos constituintes EN 13242:2002+A1:2007					
	$R_c + R_u + R_g$	R_g	R_b	R_a	FL	X
B	≥ 90	≤ 5	≤ 10	≤ 5	≤ 5	≤ 1
C	≥ 50	≤ 5	≤ 10	≤ 30	≤ 5	≤ 1

CONSTITUINTES (EN 933-11):

- R_c – betão, produtos de betão e argamassas;
- R_u – agregados não ligados, pedra natural, agregados tratados com liantes hidrúlicos;
- R_a – materiais betuminosos;
- R_b – elementos de alvenaria de materiais argilosos (tijolo, ladrilhos, telhas) e elementos de alvenaria de silicatos de cálcio e betão celular não flutuante;
- R_g – vidro;
- FL – material flutuante em volume;
- X – outros: materiais coesivos (p.ex. solos argilosos), plásticos, borrachas, metais (ferrosos e não ferrosos); madeira não flutuante e estuque.

Exemplos de Reutilização de Materiais/Resíduos nas Infraestruturas Viárias

Reutilização de Resíduos da Construção e Demolição nas infraestruturas viárias:

Reciclagem a frio “in situ” com recicladora Wirgen:

Técnica que permite o consumo de grande quantidade de RCD, juntamente com o solo + cimento, em camadas de base ou sub-base.



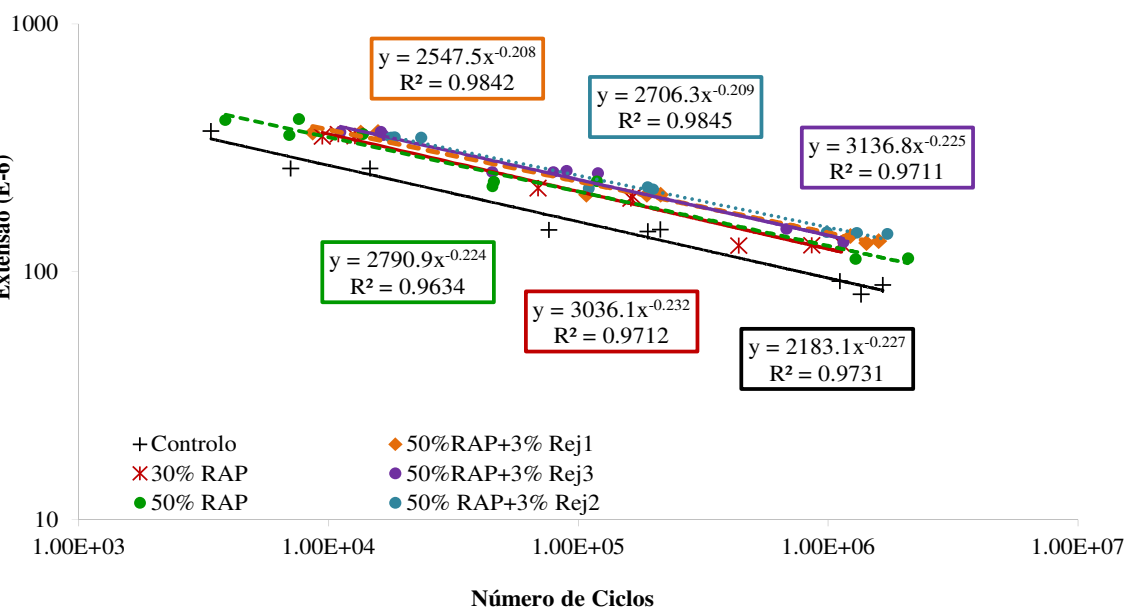
Exemplos de Reutilização de Materiais/Resíduos nas Infraestruturas Viárias

Incorporação de **Material Fresado dos Pavimentos** em misturas betuminosas:

	Em Central		"In situ"	
	A Quente	A Frio	A Quente	A Frio
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Adicionado a frio em central; ▪ Adicionado a quente no tambor-secador em fluxo paralelo; ▪ Adicionado diretamente no tambor-secador. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Misturado com agregados e cimento; ▪ Misturado com emulsão betuminosa. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Renovação/ Correção; ▪ Repavimentação; ▪ rejuvenescimento. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Misturado com cimento em camadas não ligadas; ▪ Misturado com agregados e cimento; ▪ Misturado com emulsão.
duto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Misturas betuminosas em camada de base e de desgaste. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Camadas de ligação. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Misturas betuminosas em camada de desgaste. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Material para camada de ligação e misturas betuminosas em camadas de base.

Exemplos de Reutilização de Materiais/Resíduos nas Infraestruturas Viárias

Incorporação de **Material Fresado dos Pavimentos** em misturas betuminosas: Exemplo de estudo em Projeto de Investigação (Elevo)



Misturas Betuminosas (Fadiga):

	N ₁₀₀	ε ₆
Controlo	735074	93.1
30% RAP	2282512	121.8
50% RAP	2525590	123.9
50%RAP + 3% Rej1	5318151	142.4
50%RAP + 3% Rej2	6828035	150.3
50%RAP + 3% Rej3	4003494	137.9

Considerações Finais

Necessidade de **Mudança de Paradigma** de uma construção linear para uma construção circular;

Fomentar a **utilização sustentável de agregados reciclados** na construção rodoviária, o que permite o uso mais eficiente de recursos naturais;

A **reciclagem permite a reutilização dos RCDs**, evitando a sua deposição em aterro e eliminando assim os impactos negativos associados à má gestão destes resíduos;

Necessária uma correta **avaliação e classificação dos agregados de RCD**, de forma a garantir a viabilidade da sua utilização nas infraestruturas viárias e a garantir a qualidade estrutural dos pavimentos;

Necessário continuar a desenvolver **regras técnicas** que tenham em conta a reutilização materiais reciclado.



OBRIGADO

✉ paulo.fonseca@elevogroup.com

“The earth is what we all have in common.”

Wendell