



UNIVERSIDADE DO MINHO
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



Reabilitação Energética de Edifícios Residenciais

Soluções de Custo Ótimo

Manuela Almeida | Universidade do Minho

Seminário
**EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**
Que Futuro?

AUDITÓRIO CÂMARA MUNICIPAL DE BARCELOS
21 de Fevereiro de 2014

Organização: BARCELOS

Apotec JOMASO DAIKIN



A Reabilitação Energética é, no contexto atual, o setor com maior potencial de evolução tanto a nível nacional como a nível Europeu



- A nível europeu, os **edifícios** (residencial e serviços) são o sector **maior consumidor** de energia **(40%)**



- Nos edifícios, há um **potencial significativo de poupanças com viabilidade económica - ~30%**

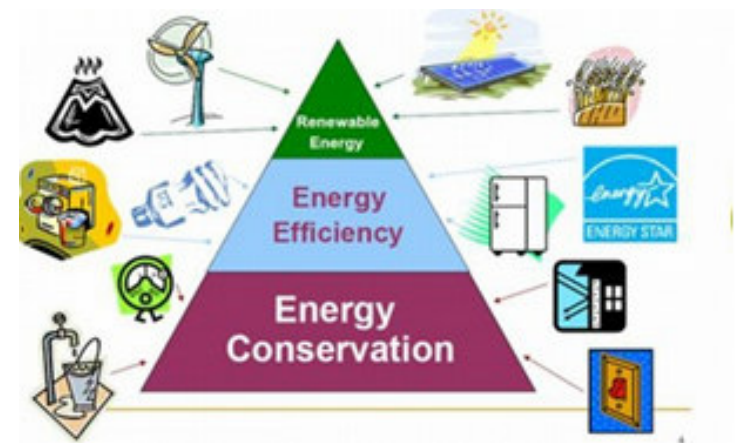
A Política da UE e seus Instrumentos

Diretiva dos Serviços Energéticos (ESD) Diretiva 2006/32/EC

Obriga a que os EM reduzam o seu consumo de energia em 1%/ano até 2015 – algo impossível de atingir sem se intervir nos edifícios

Plano de Ação Estratégico para a Energia Estratégia 20-20-20 (2007):

- 20% de redução das emissões de carbono
- 20% de aumento da eficiência energética
- 20% da energia obtida através de fontes renováveis





A Política da UE e seus Instrumentos

**Diretiva para Desempenho Energético dos Edifícios
(EPBD)
Diretiva 2002/91/EC**

Revisão da legislação térmica

**Diretiva para Desempenho Energético dos Edifícios reformulada
(EPBD-recast)
Diretiva 2010/31/EU**

Motivação

- **Redução das Emissões de Carbono como forma de combater as alterações climáticas**
- **Promover o desenvolvimento de soluções sustentáveis e de eficiência energética**



A Política da UE e seus Instrumentos

Diretiva relativa à Eficiência Energética (EDD)

Diretiva 2012/27/EU

em vigor desde 4 de Dezembro de 2012

Aspetos mais relevantes:

- **Art.º 4 – Estratégias de renovação a longo prazo**
A partir de 30 de Abril de 2014 os Estados Membros devem apresentar os seus planos de reabilitação
- **Art.º 5 – Edifícios pertencentes aos governos centrais devem ser renovados a uma taxa de 3% ao ano (em vigor a partir de Janeiro de 2014 – os edifícios devem ser renovados de modo a cumprir os requisitos regulamentares em vigor)**

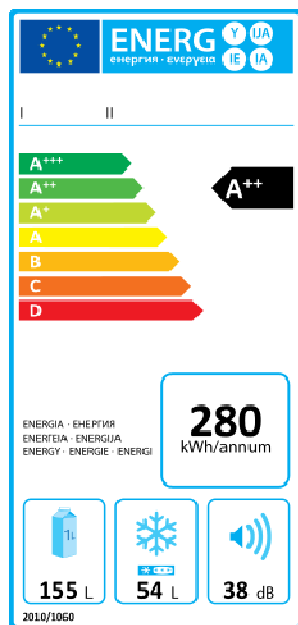


A Política da UE e seus Instrumentos

A Diretiva para o EcoDesign DIRECTIVA 2009/125/CE

Impõe requisitos mínimos de desempenho para produtos, soluções de envolvente sistemas/equipamentos

Ex., substituir uma caldeira, substituir os aparelhos de AVAC, substituir janelas, renovar a cobertura,...



Air conditioners, cooling EER in W/W

A	B	C	D	E	F	G
>3.2	3.0-3.2	2.8-3.0	2.6-2.8	2.4-2.6	2.2-2.4	<2.2

Air conditioners, heating COP in W/W

A	B	C	D	E	F	G
>3.6	3.4-3.6	3.2-3.4	3.0-3.2	2.8-3.0	2.6-2.8	2.4-2.6



A Política da UE e seus Instrumentos

**Diretiva para Desempenho Energético dos Edifícios reformulada (EPBD-Recast)
Diretiva 2010/31/EU**

Surgiu um novo conceito – Edifícios de Balanço Energético Quase Nulo

- **Obrigatório para todos os novos edifícios a partir de 2020**
- **Obrigatório para edifícios públicos a partir de 2018**

O conceito de edifícios de balanço energético quase nulo não está ainda completamente clarificado, devendo cada Estado Membro defini-lo tendo em conta as especificidades locais

Processo em curso...

... em Portugal: O novo Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto define:



A Política da UE e seus Instrumentos

... em Portugal: O novo Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto define:

Artigo 16.º

Edifícios com necessidades quase nulas de energia

5 - Os edifícios com necessidades quase nulas de energia são dotados de:

a) Componente eficiente **compatível com o limite mais exigente dos níveis de viabilidade económica que venham a ser obtidos com a aplicação da metodologia de custo ótimo, diferenciada para edifícios novos e edifícios existentes e para diferentes tipologias**, definida na portaria a que se refere o número anterior; e de

b) Formas de **captação local de energias renováveis que cubram grande parte do remanescente das necessidades energéticas previstas**, de acordo com os modelos do REH e do RECS, de acordo com as seguintes formas de captação:

i) Preferencialmente, no próprio edifício ou na parcela de terreno onde está construído;

ii) Em complemento, em infraestruturas de uso comum tão próximas do local quanto possível, quando não seja possível suprir as necessidades de energia renovável com recurso à captação local prevista especificamente para o efeito.



A nova diretiva EPBD Recast (Diretiva 2010/31/EU):

Após 2020 todos os edifícios novos na EU devem ser edifícios de muito baixo consumo energético

Tal significa que:

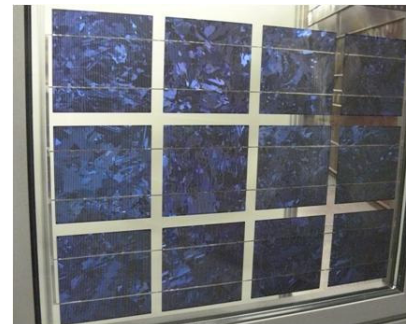
- **Edifícios com baixas necessidades energéticas devidas à envolvente**
- **Equipamentos eficientes**
- **Tanto quanto possível, as necessidades energéticas remanescentes devem ser asseguradas pela utilização de fontes de energia renovável**





O conceito de edifícios de balanço energético quase nulo implica:

- **Um forte investimento na envolvente dos edifícios**
- **Aplicação de sistemas de alta eficiência para o aquecimento, arrefecimento, iluminação e AQS;**
- **Integração de energias renováveis (utilização e produção)**





- **No entanto é impossível atingir os objetivos estabelecidos se não se atuar nos edifícios existentes**
- **Caso a atuação se centre apenas em novos edifícios, ou até em grandes reabilitações, o período de tempo necessário para atingir os objetivos propostos será demasiado longo**
- **É urgente encontrar meios para reabilitar edifícios de forma eficaz, eficiente e rentável do ponto de vista económico, de modo a atingir as metas de balanço energético / emissões de carbono quase nulo(as)**



Source: IEA ECBCS - Annex 50





Como fazer?

Tendo em conta as Diretivas Europeias em vigor no que se refere à Eficiência Energética, e no contexto atual, os países membros da EU enfrentam Grandes Desafios para os quais terão que encontrar uma resposta

- **Como reabilitar energeticamente o edificado tendo como objectivo as grandes metas da UE?**
- **Como faze-lo de forma sustentável e numa perspectiva de optimização da relação custo/benefício?**



Como fazer?

Tendo em conta as Diretivas existentes, cada estado membro da EU tem que elaborar os seus Planos de Reabilitação

Para tal será necessário:

- **Definir metas para consumos de energia e emissões de CO2 para os edifícios existentes**
- **Encontrar as melhores estratégias de reabilitação numa perspetiva de otimização da relação custo/benefício**





Como fazer?

EPBD-recast - Diretiva 2010/31/EU

REGULAMENTO DELEGADO nº 244/2012 EU de 16 de janeiro de 2012

(estabelece o quadro metodológico comparativo para o cálculo dos níveis ótimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios e componentes de edifícios)

- **Requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios definidos com base em níveis ótimos de rentabilidade**
- **Edifícios novos com necessidades quase nulas de energia a partir de 2020 (para edifícios públicos a partir de 2018)**
- **Reabilitação dos edifícios existentes com os mesmos requisitos de desempenho energético, na medida em que tal seja possível do ponto de vista técnico, funcional e económico**



Metodologia para obtenção dos níveis de rentabilidade ótimos (aplicável aos edifícios novos e também na reabilitação dos existentes)

Como fazer?

É necessário definir edifícios de referência

É necessário definir uma solução de referência em termos de desempenho energético e custos associados à sua implementação

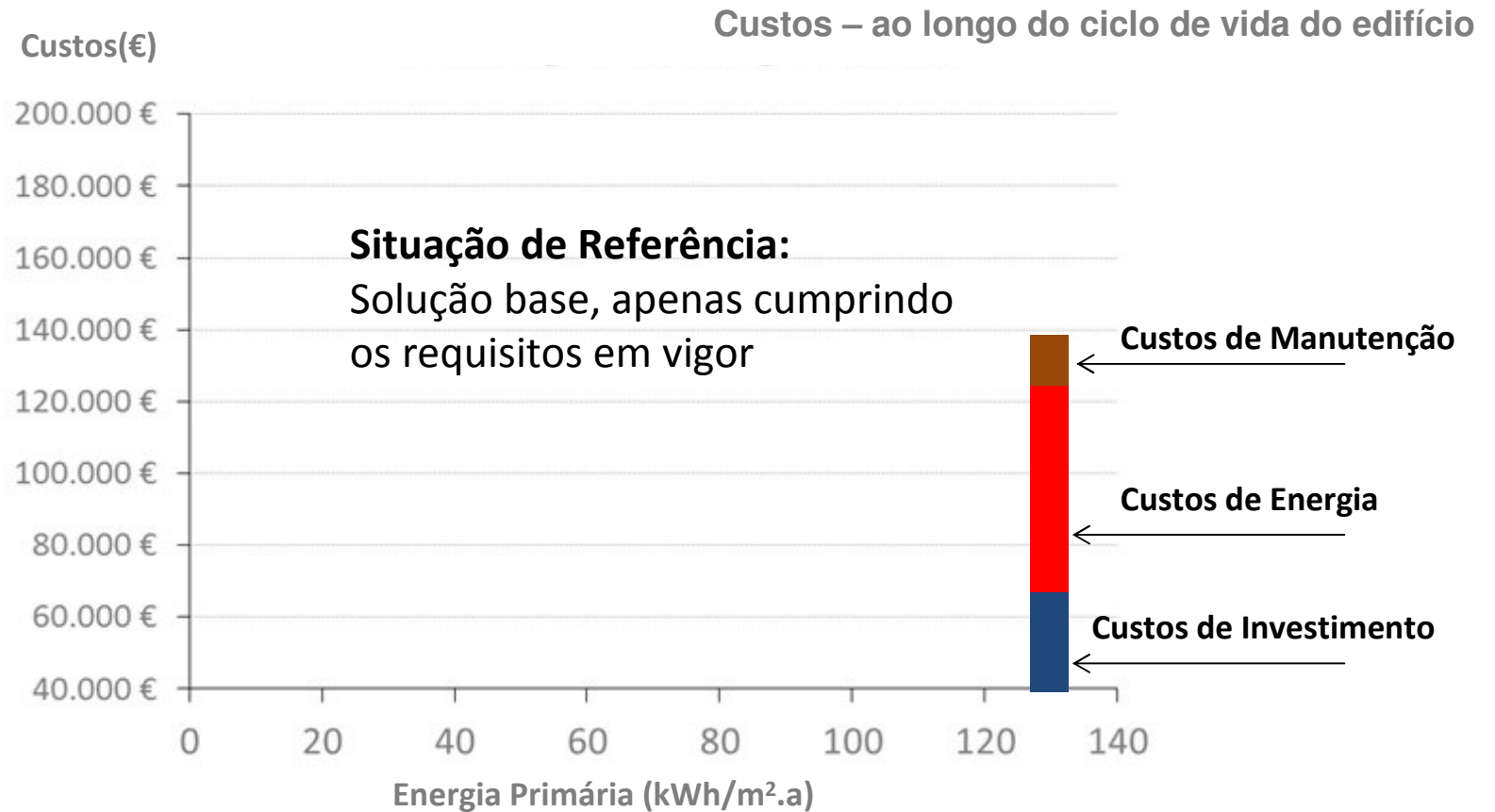
É necessário analisar diversas combinações de soluções e determinar qual a que conduz à solução de custo ótimo

É necessário identificar as melhores estratégias que têm que ter em conta as três linhas de intervenção possíveis:

- Envolvente
- Equipamentos
- Integração de renováveis

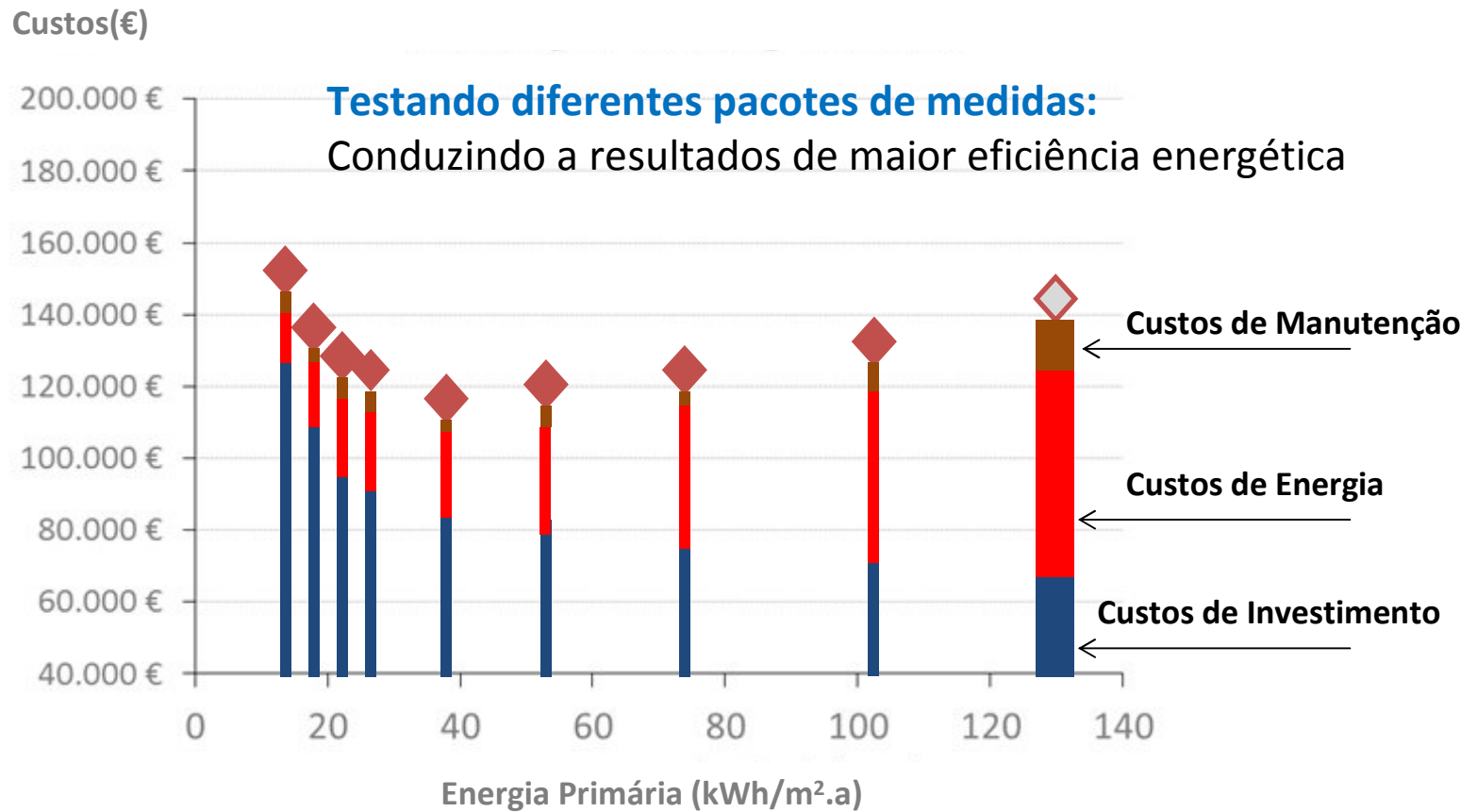


Metodologia para obtenção dos níveis de rentabilidade ótimos (aplicável aos edifícios novos e também na reabilitação dos existentes)



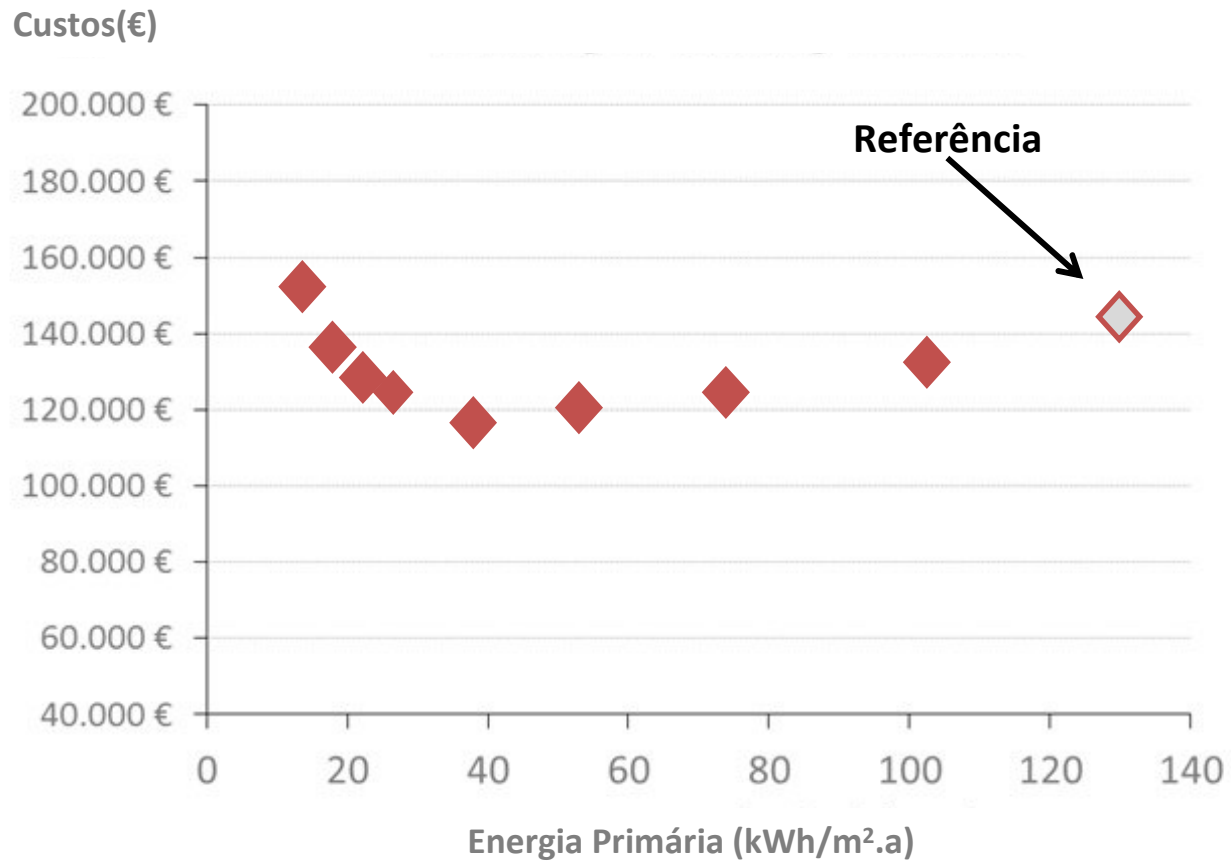


Metodologia para obtenção dos níveis de rentabilidade ótimos



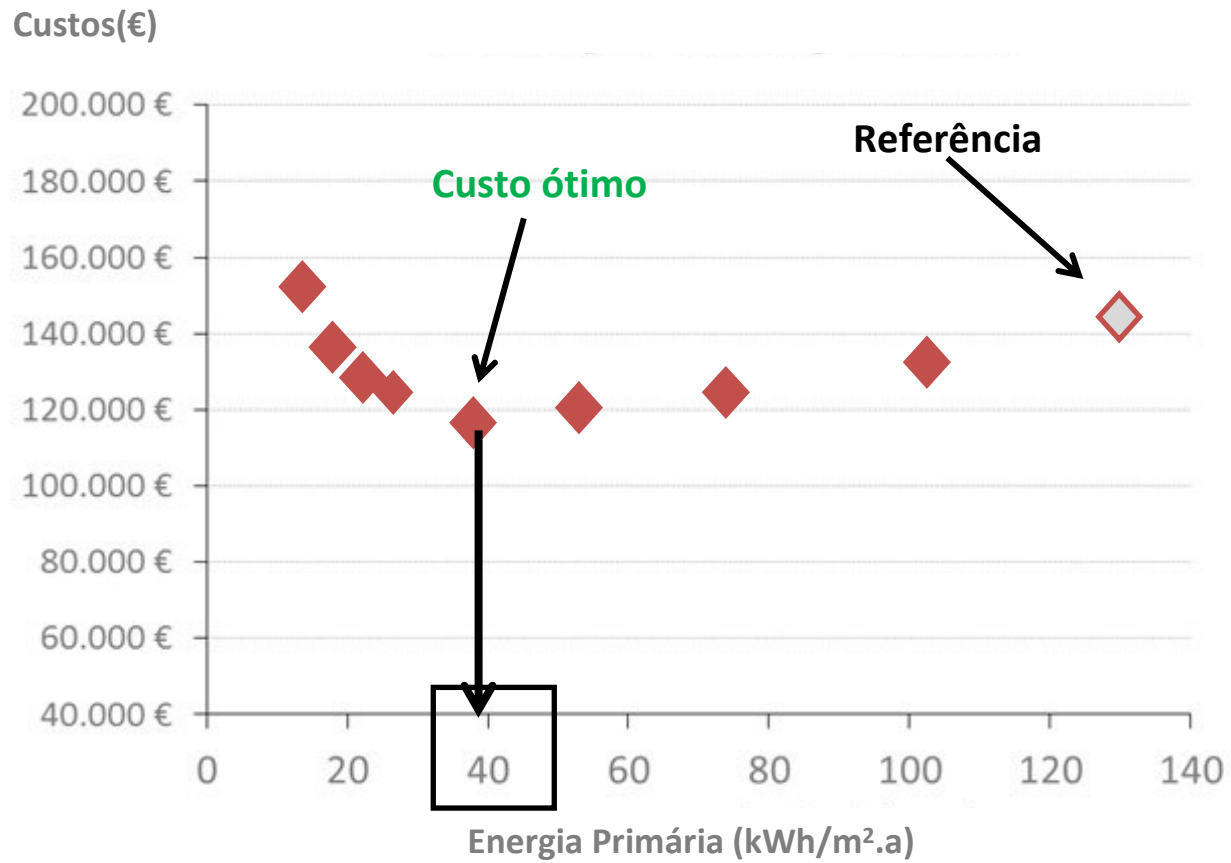


Metodologia para obtenção dos níveis de rentabilidade ótimos



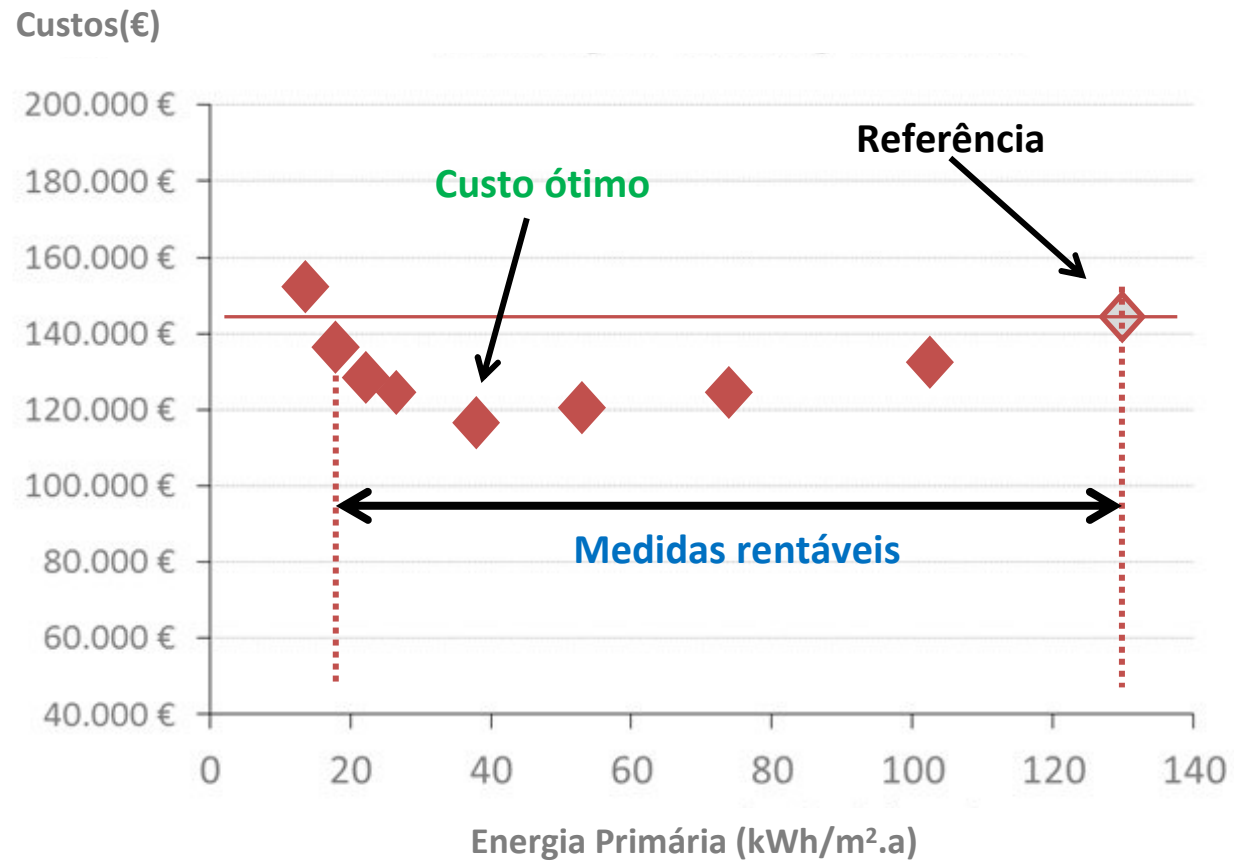


Metodologia para obtenção dos níveis de rentabilidade ótimos



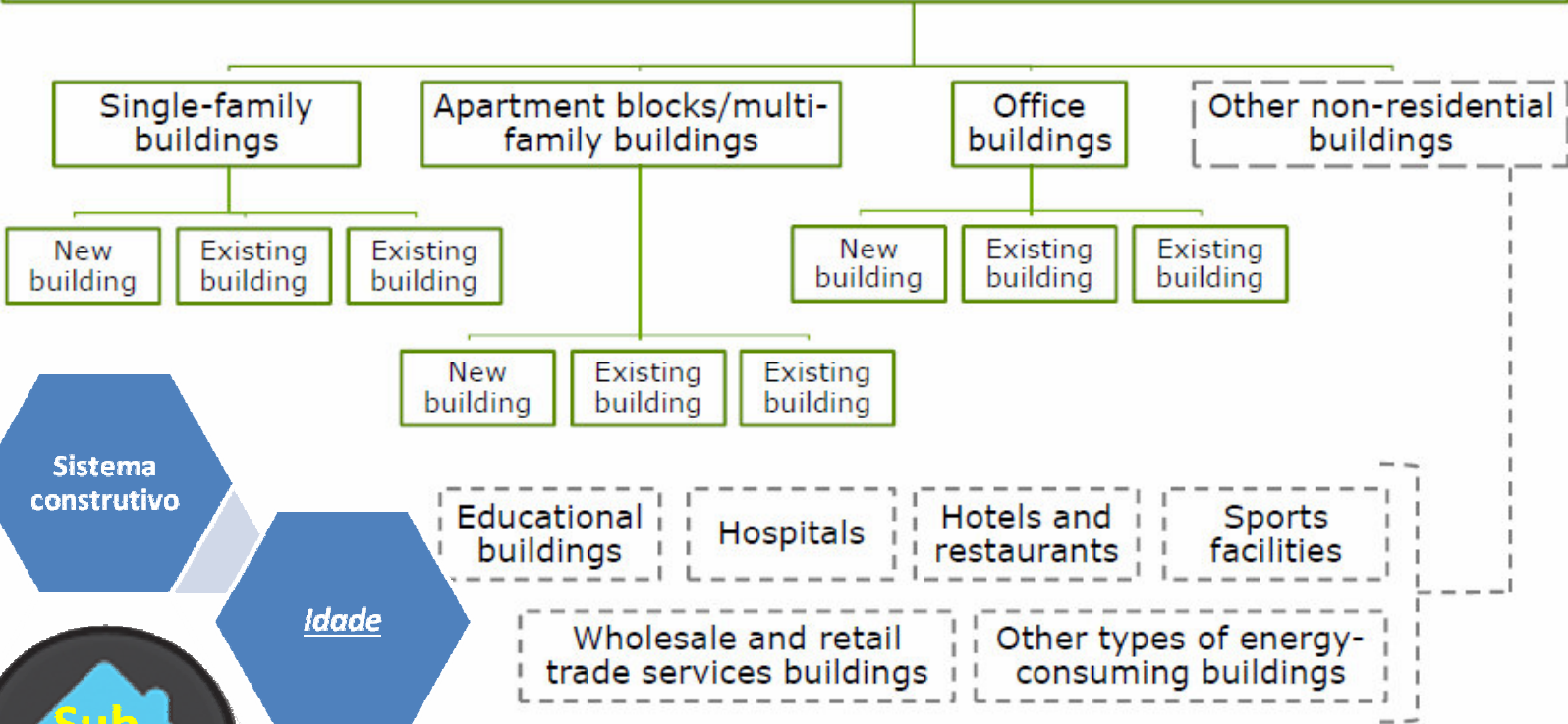


Solução de Custo Ótimo e gama de medidas rentáveis

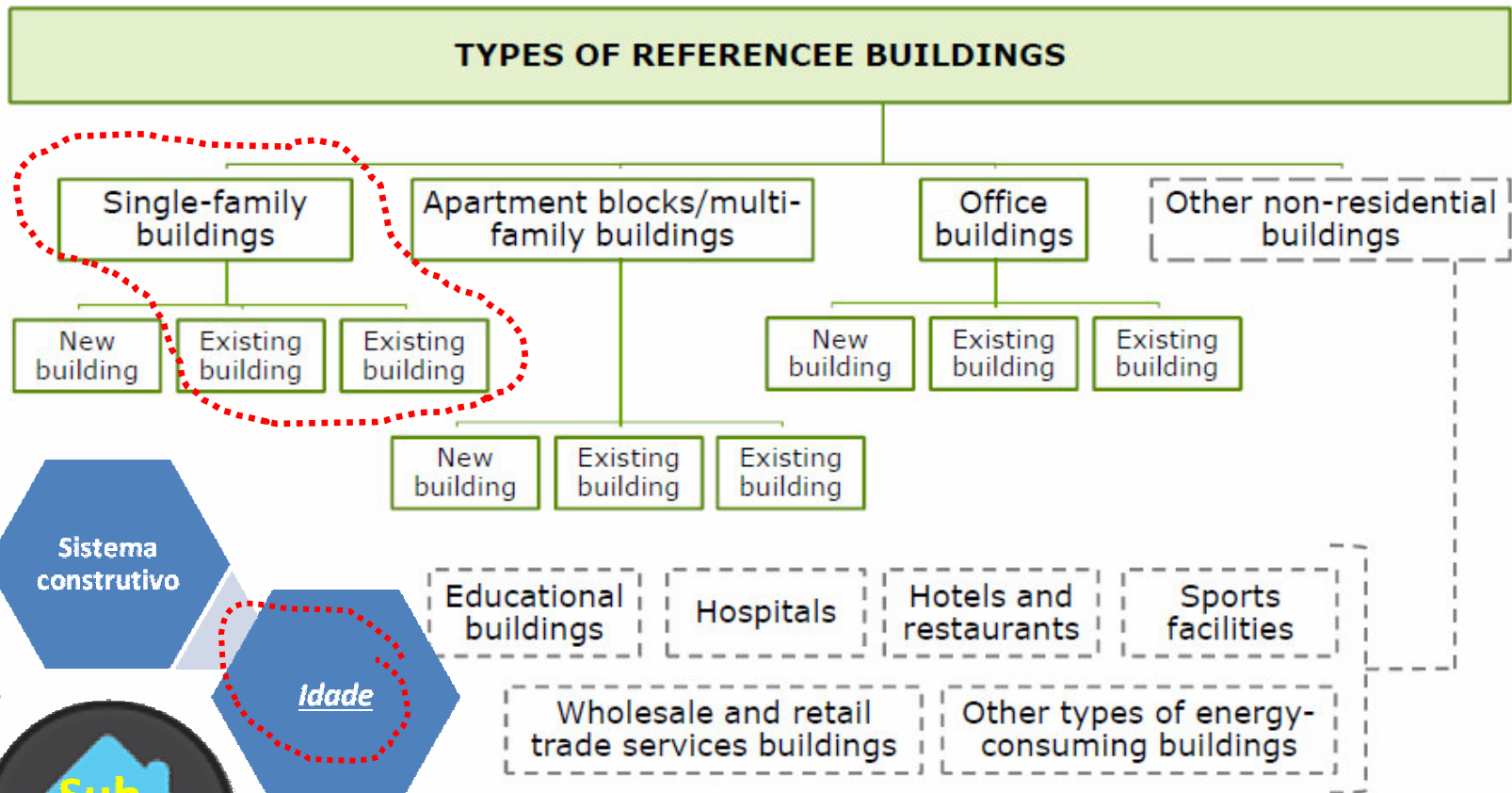




TYPES OF REFERENCEE BUILDINGS



Categorias e sub-categorias de edifícios de referência



Categorias e sub-categorias de edifícios de referência



EDIFÍCIOS DE REFERÊNCIA

Nível ótimo de rentabilidade para reabilitação de edifícios unifamiliares
(*épocas de construção*)

Antes de 1960



Área útil_80m²
1 piso (sob e sobre ENU)
Tipologia T2

Coeficientes de transmissão térmica (W/m2.°C)			
Parede	Cobertura	Pavimento	Janelas
2,00	2,80	1,65	5,1

1960 a 1990



Área útil_100m²
1 piso (sob e sobre ENU)
Tipologia T3

Coeficientes de transmissão térmica (W/m2.°C)			
Parede	Cobertura	Pavimento	Janelas
1,76	2,80	1,65	4,1

1990 a 2013



Área útil_155m²
2 pisos (sob e sobre ENU)
Tipologia T3

Coeficientes de transmissão térmica (W/m2.°C)			
Parede	Cobertura	Pavimento	Janelas
0,92	0,94	0,71	3,1



EDIFÍCIOS DE REFERÊNCIA

Nível ótimo de rentabilidade para reabilitação de edifícios unifamiliares
(localizações)

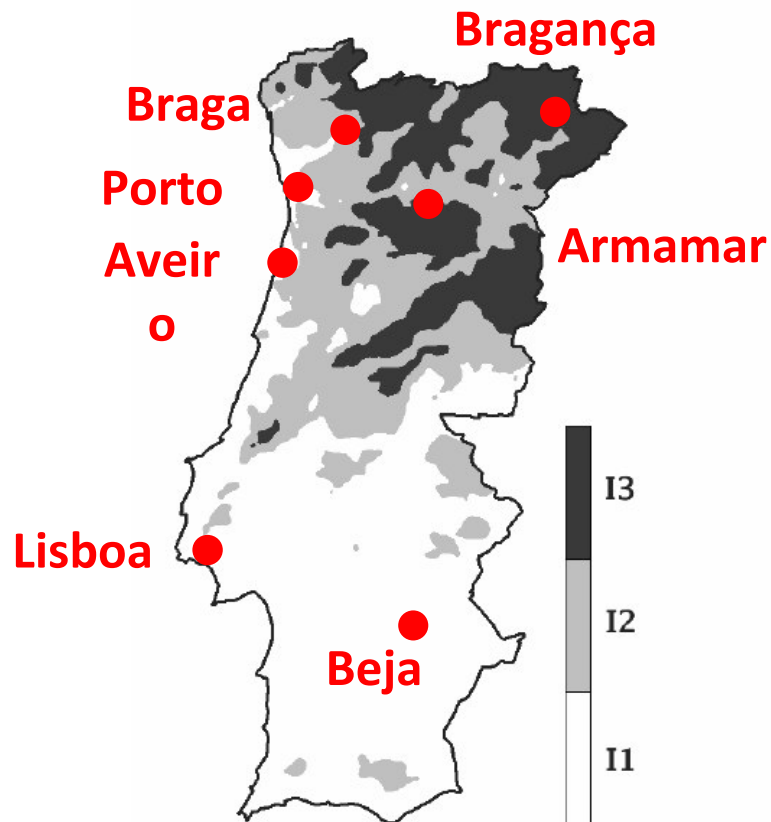


Fig. 01.01 - Zonas climáticas de inverno no continente

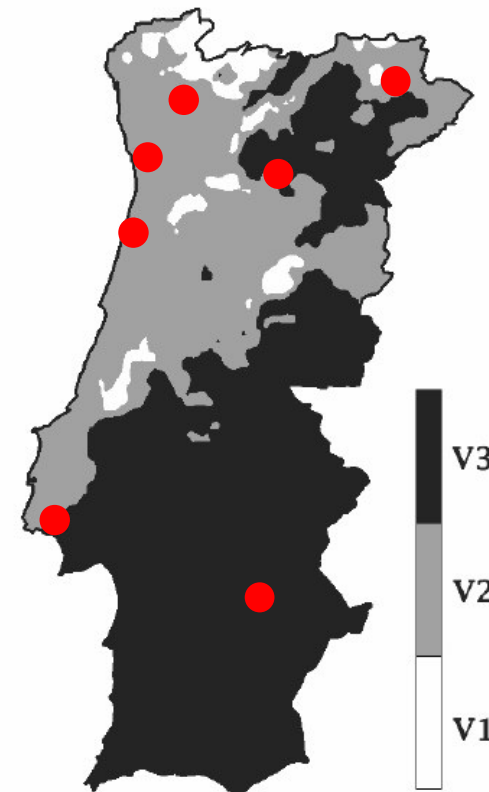


Fig. 01.02 - Zonas climáticas de verão no continente



MEDIDAS DE REABILITAÇÃO

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar

- **Medidas testadas ao nível do isolamento das paredes exteriores:**
ETICS com EPS de 40, 50, 60, 80, 100 e 160mm;
- **Medidas testadas ao nível do isolamento da cobertura e pavimentos exteriores:**
Introdução de lã de rocha de 100, 120 e 140mm;
- **Medidas testadas ao nível do isolamento de elementos em contacto com espaços não úteis:**
Introdução de XPS de 40, 60 e 80mm;
- **Medidas testadas ao nível das janelas:**
PVC com vidro duplo e U de 2,1 e 2,4;
- **Medidas testadas ao nível do sistema de aquecimento:**
Caldeira a gás natural, bomba de calor, caldeira de biomassa e ar condicionado;
- **Medidas testadas ao nível do sistema de arrefecimento:**
Bomba de calor e ar condicionado;
- **Medidas testadas ao nível do sistema de aquecimento de águas:**
Esquentador a gás, caldeira a gás natural, bomba de calor e caldeira a biomassa
- **Medidas testadas ao nível dos sistemas de produção de energia de origem renovável:**
Painéis solares térmicos e painéis fotovoltaicos;

CUSTOS

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar (cálculo dos custos e energia primária)

- **Custos de Investimento**

Custos totais (não diferenças de custos entre medidas)

Fonte gerador de preços CYPE

- **Custos de Energia**

Custos incluindo taxas e sem subsídios

Eletricidade €0,208 por kWh

Gás natural €0,084 por kWh

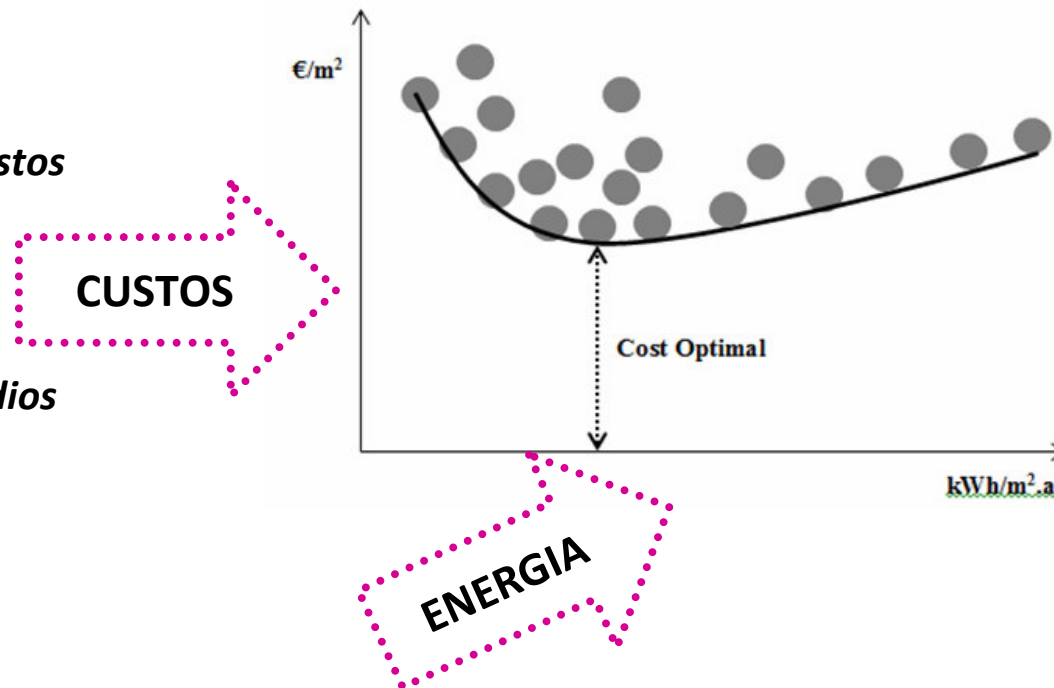
- **Custos de Manutenção**

Fonte gerador de preços CYPE

Taxa de desconto de 6%

Período de cálculo 30 anos

Evolução preço energia "EU trends 2030"



- **Energia primária em kWh/m² por ano**

$Nic \cdot \eta_i \cdot F_{pui} + Nvc \cdot \eta_v \cdot F_{puv} + Nac \cdot \eta_a \cdot F_{pua}$

F_{pu} para eletricidade = 2,5

F_{pu} para gás natural = 1

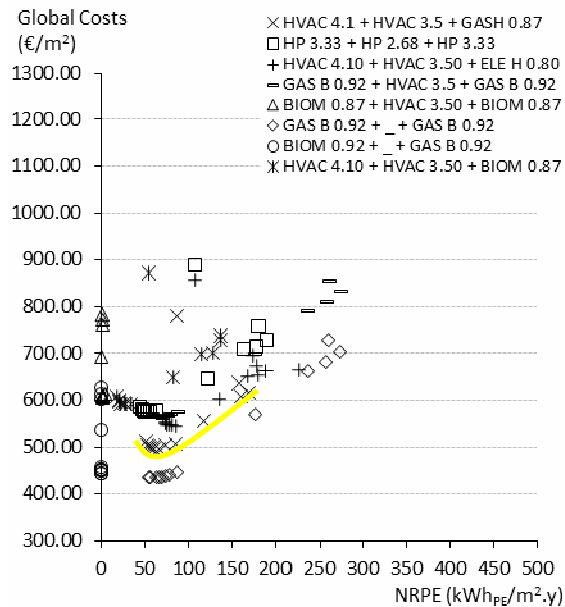
• **Temperaturas de conforto 20°C - 25°C**



Efeitos da variação dos equipamentos de climatização e AQS

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar

Antes de 1960
Porto



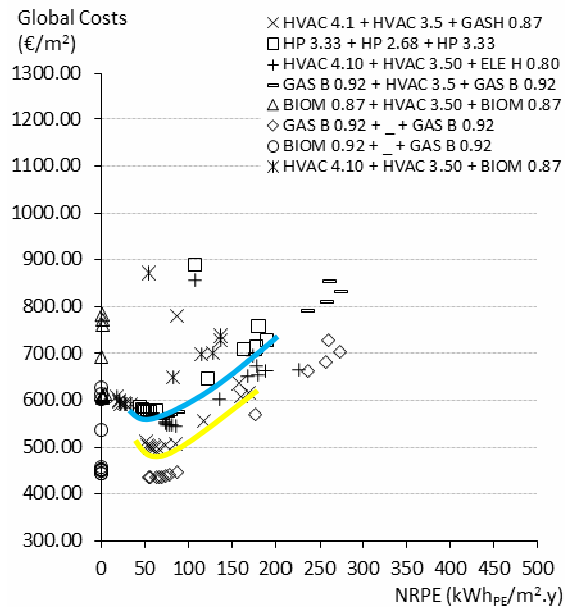
Combinação de equipamentos	NRPE (kWh/m².a)	Coeficiente de transmissão térmica (W/m2.°C)			
		Parede	Cobertura	Pavimento	Janelas
HVAC (Aquec. + Arref.) + Esquentador Gás (AQS)	60,06	0,67	0,35	0,62	2,40



Efeitos da variação dos equipamentos de climatização e AQS

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar

Antes de 1960
Porto



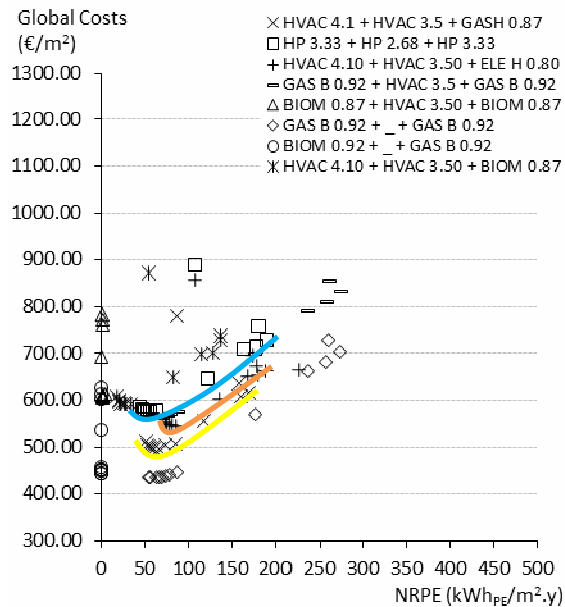
Combinação de equipamentos	NRPE (kWh/m ² .a)	Coeficiente de transmissão térmica (W/m ² .°C)			
		Parede	Cobertura	Pavimento	Janelas
HVAC (Aquec. + Arref.) + Esquentador Gás (AQS)	60,06	0,67	0,35	0,62	2,40
Bomba Calor (Aquec. + Arref. + AQS)	49,82	0,40	0,26	0,38	2,40



Efeitos da variação dos equipamentos de climatização e AQS

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar

Antes de 1960
Porto



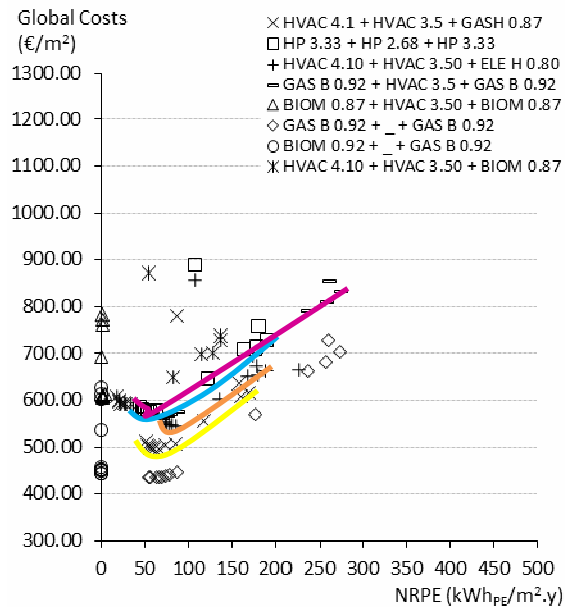
Combinação de equipamentos	NRPE (kWh/m².a)	Coeficiente de transmissão térmica (W/m2.°C)			
		Parede	Cobertura	Pavimento	Janelas
HVAC (Aquec. + Arref.) + Esquentador Gás (AQS)	60,06	0,67	0,35	0,62	2,40
Bomba Calor (Aquec. + Arref. + AQS)	49,82	0,40	0,26	0,38	2,40
HVAC (Aquec. + Arref.) + Termoacumulador (AQS) + Solar Térmico	86,20	0,67	0,35	0,62	2,40



Efeitos da variação dos equipamentos de climatização e AQS

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar

Antes de 1960
Porto



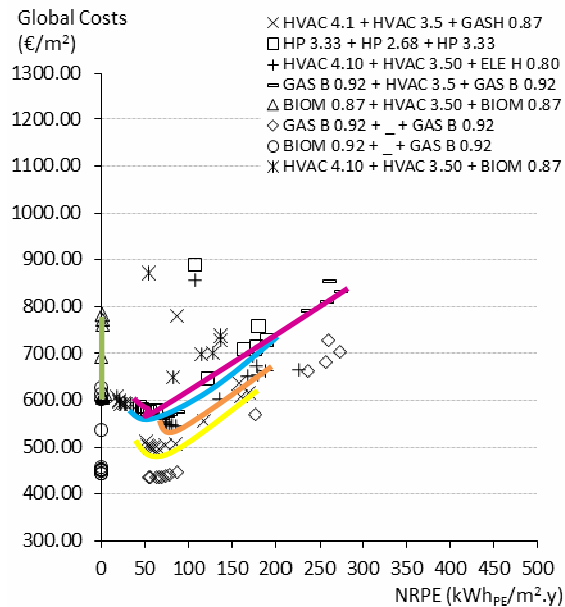
Combinação de equipamentos	NRPE (kWh/m².a)	Coeficiente de transmissão térmica (W/m².°C)			
		Parede	Cobertura	Pavimento	Janelas
HVAC (Aquec. + Arref.) + Esquentador Gás (AQS)	60,06	0,67	0,35	0,62	2,40
Bomba Calor (Aquec. + Arref. + AQS)	49,82	0,40	0,26	0,38	2,40
HVAC (Aquec. + Arref.) + Termoacumulador (AQS) + Solar Térmico	86,20	0,67	0,35	0,62	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	70,48	0,40	0,26	0,38	2,40



Efeitos da variação dos equipamentos de climatização e AQS

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar

Antes de 1960
Porto



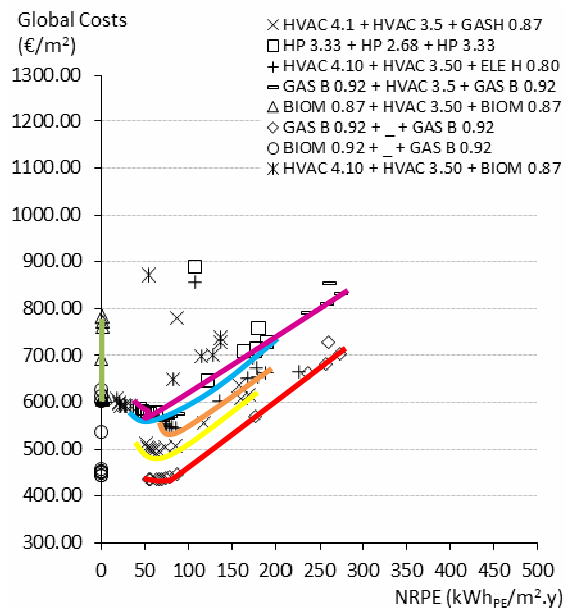
Combinação de equipamentos	NRPE (kWh/m ² .a)	Coeficiente de transmissão térmica (W/m ² .°C)			
		Parede	Cobertura	Pavimento	Janelas
HVAC (Aquec. + Arref.) + Esquentador Gás (AQS)	60,06	0,67	0,35	0,62	2,40
Bomba Calor (Aquec. + Arref. + AQS)	49,82	0,40	0,26	0,38	2,40
HVAC (Aquec. + Arref.) + Termoacumulador (AQS) + Solar Térmico	86,20	0,67	0,35	0,62	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	70,48	0,40	0,26	0,38	2,40
Caldeira Biomassa (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	1,84	0,40	0,26	0,38	2,40



Efeitos da variação dos equipamentos de climatização e AQS

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar

Antes de 1960
Porto



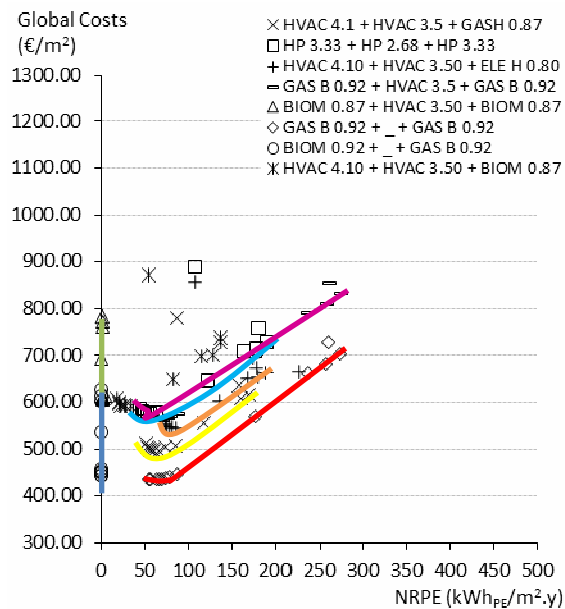
Combinação de equipamentos	NRPE (kWh/m ² .a)	Coeficiente de transmissão térmica (W/m ² .°C)			
		Parede	Cobertura	Pavimento	Janelas
HVAC (Aquec. + Arref.) + Esquentador Gás (AQS)	60,06	0,67	0,35	0,62	2,40
Bomba Calor (Aquec. + Arref. + AQS)	49,82	0,40	0,26	0,38	2,40
HVAC (Aquec. + Arref.) + Termoacumulador (AQS) + Solar Térmico	86,20	0,67	0,35	0,62	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	70,48	0,40	0,26	0,38	2,40
Caldeira Biomassa (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	1,84	0,40	0,26	0,38	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS)	55,61	0,22	0,26	0,38	2,40



Efeitos da variação dos equipamentos de climatização e AQS

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar

Antes de 1960
Porto



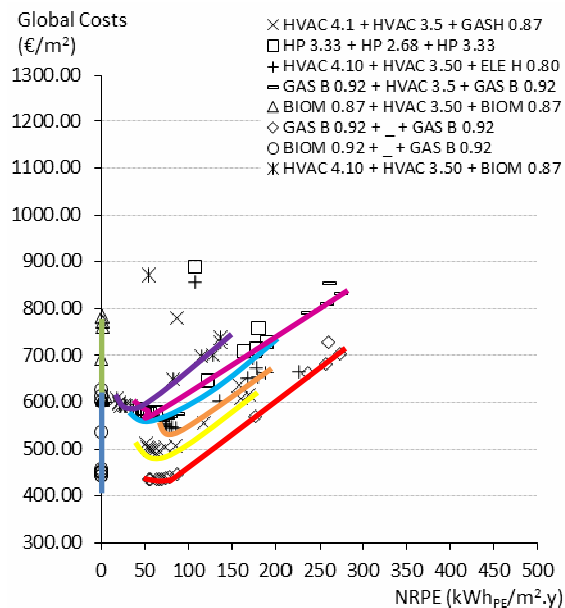
Combinação de equipamentos	NRPE (kWh/m ² .a)	Coeficiente de transmissão térmica (W/m ² .°C)			
		Parede	Cobertura	Pavimento	Janelas
HVAC (Aquec. + Arref.) + Esquentador Gás (AQS)	60,06	0,67	0,35	0,62	2,40
Bomba Calor (Aquec. + Arref. + AQS)	49,82	0,40	0,26	0,38	2,40
HVAC (Aquec. + Arref.) + Termoacumulador (AQS) + Solar Térmico	86,20	0,67	0,35	0,62	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	70,48	0,40	0,26	0,38	2,40
Caldeira Biomassa (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	1,84	0,40	0,26	0,38	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS)	55,61	0,22	0,26	0,38	2,40
Caldeira Biomassa (Aquec. + AQS)	0	0,50	0,26	0,47	2,40



Efeitos da variação dos equipamentos de climatização e AQS

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar

Antes de 1960
Porto



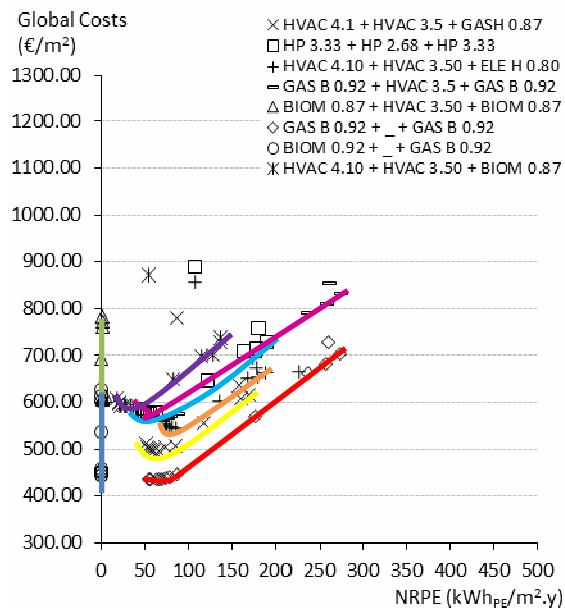
Combinação de equipamentos	NRPE (kWh/m ² .a)	Coeficiente de transmissão térmica (W/m ² .°C)			
		Parede	Cobertura	Pavimento	Janelas
HVAC (Aquec. + Arref.) + Esquentador Gás (AQS)	60,06	0,67	0,35	0,62	2,40
Bomba Calor (Aquec. + Arref. + AQS)	49,82	0,40	0,26	0,38	2,40
HVAC (Aquec. + Arref.) + Termoacumulador (AQS) + Solar Térmico	86,20	0,67	0,35	0,62	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	70,48	0,40	0,26	0,38	2,40
Caldeira Biomassa (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	1,84	0,40	0,26	0,38	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS)	55,61	0,22	0,26	0,38	2,40
Caldeira Biomassa (Aquec. + AQS)	0	0,50	0,26	0,47	2,40
HVAC (Aquec. + Arref.) + Caldeira Biomassa (AQS)	33,35	0,67	0,35	0,62	2,40



Efeitos da variação dos equipamentos de climatização e AQS

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar

Antes de 1960
Porto



Combinação de equipamentos	NRPE (kWh/m ² .a)	Coeficiente de transmissão térmica (W/m ² .°C)			
		Parede	Cobertura	Pavimento	Janelas
HVAC (Aquec. + Arref.) + Esquentador Gás (AQS)	60,06	0,67	0,35	0,62	2,40
Bomba Calor (Aquec. + Arref. + AQS)	49,82	0,40	0,26	0,38	2,40
HVAC (Aquec. + Arref.) + Termoacumulador (AQS) + Solar Térmico	86,20	0,67	0,35	0,62	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	70,48	0,40	0,26	0,38	2,40
Caldeira Biomassa (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	1,84	0,40	0,26	0,38	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS)	55,61	0,22	0,26	0,38	2,40
Caldeira Biomassa (Aquec. + AQS)	0	0,50	0,26	0,47	2,40
HVAC (Aquec. + Arref.) + Caldeira Biomassa (AQS)	33,35	0,67	0,35	0,62	2,40

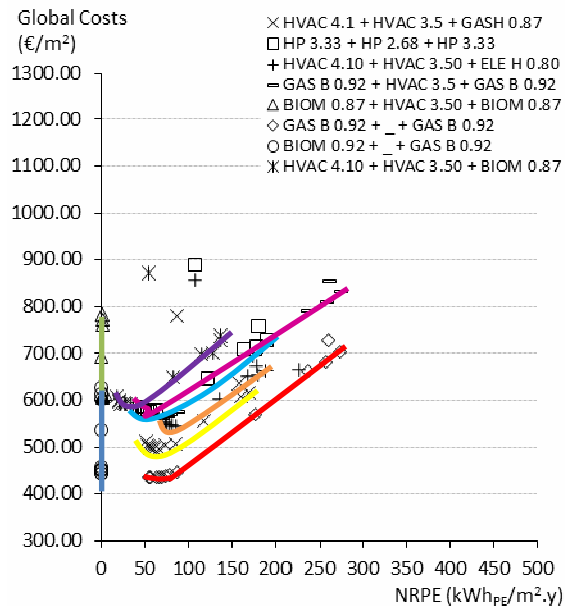
- **As soluções de rentabilidade ótima dependem dos equipamentos utilizados**



Efeitos da variação dos equipamentos de climatização e AQS

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar

Antes de 1960
Porto



Combinação de equipamentos	NRPE (kWh/m ² .a)	Coeficiente de transmissão térmica (W/m ² .°C)			
		Parede	Cobertura	Pavimento	Janelas
HVAC (Aquec. + Arref.) + Esquentador Gás (AQS)	60,06	0,67	0,35	0,62	2,40
Bomba Calor (Aquec. + Arref. + AQS)	49,82	0,40	0,26	0,38	2,40
HVAC (Aquec. + Arref.) + Termoacumulador (AQS) + Solar Térmico	86,20	0,67	0,35	0,62	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	70,48	0,40	0,26	0,38	2,40
Caldeira Biomassa (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	1,84	0,40	0,26	0,38	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS)	55,61	0,22	0,26	0,38	2,40
Caldeira Biomassa (Aquec. + AQS)	0	0,50	0,26	0,47	2,40
HVAC (Aquec. + Arref.) + Caldeira Biomassa (AQS)	33,35	0,67	0,35	0,62	2,40

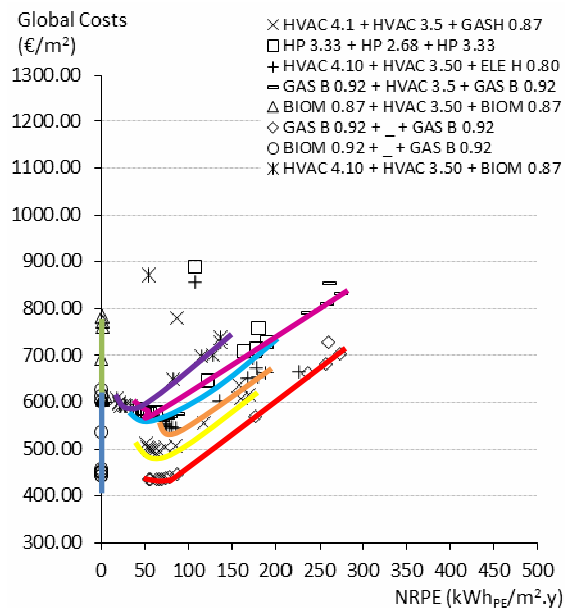
- *As soluções de rentabilidade ótima dependem dos equipamentos utilizados*
- *Independentemente das combinações de equipamentos utilizadas, as soluções de rentabilidade ótima implicam intervir em todos os elementos da envolvente*



Efeitos da variação dos equipamentos de climatização e AQS

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar

Antes de 1960
Porto



Combinação de equipamentos	NRPE (kWh/m ² .a)	Coeficiente de transmissão térmica (W/m ² .°C)			
		Parede	Cobertura	Pavimento	Janelas
HVAC (Aquec. + Arref.) + Esquentador Gás (AQS)	60,06	0,67	0,35	0,62	2,40
Bomba Calor (Aquec. + Arref. + AQS)	49,82	0,40	0,26	0,38	2,40
HVAC (Aquec. + Arref.) + Termoacumulador (AQS) + Solar Térmico	86,20	0,67	0,35	0,62	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	70,48	0,40	0,26	0,38	2,40
Caldeira Biomassa (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	1,84	0,40	0,26	0,38	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS)	55,61	0,22	0,26	0,38	2,40
Caldeira Biomassa (Aquec. + AQS)	0	0,50	0,26	0,47	2,40
HVAC (Aquec. + Arref.) + Caldeira Biomassa (AQS)	33,35	0,67	0,35	0,62	2,40

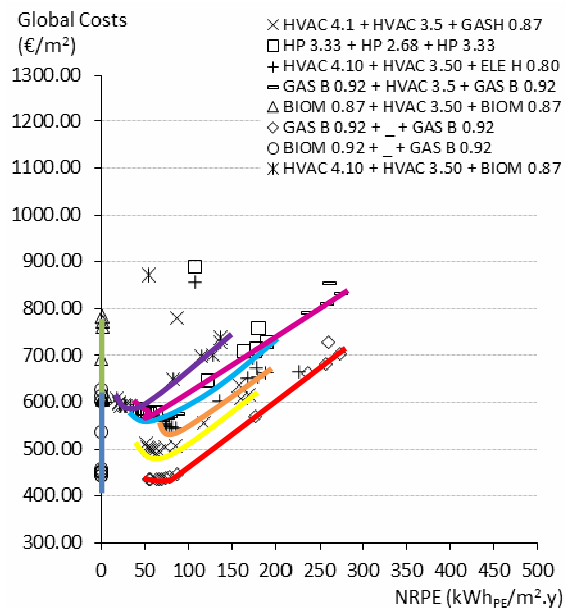
- *Para equipamentos de aquecimento ambiente menos eficientes o aumento da qualidade da envolvente aumenta a rentabilidade da solução*



Efeitos da variação dos equipamentos de climatização e AQS

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar

Antes de 1960
Porto



Combinação de equipamentos	NRPE (kWh/m ² .a)	Coeficiente de transmissão térmica (W/m ² .°C)			
		Parede	Cobertura	Pavimento	Janelas
HVAC (Aquec. + Arref.) + Esquentador Gás (AQS)	60,06	0,67	0,35	0,62	2,40
Bomba Calor (Aquec. + Arref. + AQS)	49,82	0,40	0,26	0,38	2,40
HVAC (Aquec. + Arref.) + Termoacumulador (AQS) + Solar Térmico	86,20	0,67	0,35	0,62	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	70,48	0,40	0,26	0,38	2,40
Caldeira Biomassa (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	1,84	0,40	0,26	0,38	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS)	55,61	0,22	0,26	0,38	2,40
Caldeira Biomassa (Aquec. + AQS)	0	0,50	0,26	0,47	2,40
HVAC (Aquec. + Arref.) + Caldeira Biomassa (AQS)	33,35	0,67	0,35	0,62	2,40

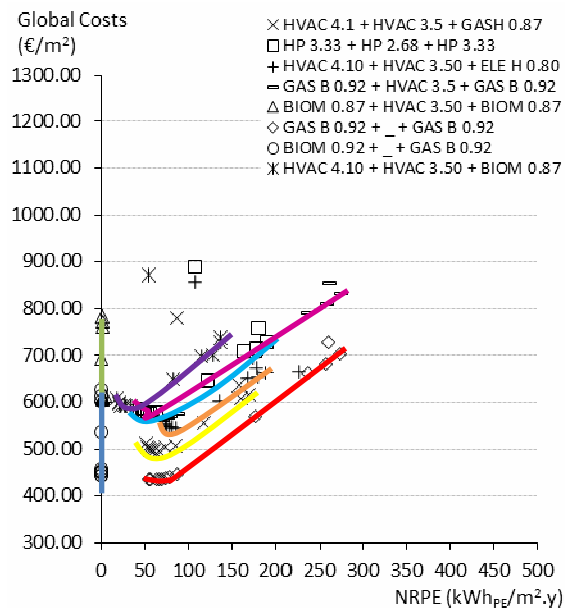
- **Para equipamentos de aquecimento ambiente menos eficientes o aumento da qualidade da envolvente aumenta a rentabilidade da solução**
- **Para equipamentos mais eficientes a qualidade da envolvente tem menor impacto**



Efeitos da variação dos equipamentos de climatização e AQS

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar

Antes de 1960
Porto



Combinação de equipamentos	NRPE (kWh/m².a)	Coeficiente de transmissão térmica (W/m2.°C)			
		Parede	Cobertura	Pavimento	Janelas
HVAC (Aquec. + Arref.) + Esquentador Gás (AQS)	60,06	0,67	0,35	0,62	2,40
Bomba Calor (Aquec. + Arref. + AQS)	49,82	0,40	0,26	0,38	2,40
HVAC (Aquec. + Arref.) + Termoacumulador (AQS) + Solar Térmico	86,20	0,67	0,35	0,62	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	70,48	0,40	0,26	0,38	2,40
Caldeira Biomassa (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	1,84	0,40	0,26	0,38	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS)	55,61	0,22	0,26	0,38	2,40
Caldeira Biomassa (Aquec. + AQS)	0	0,50	0,26	0,47	2,40
HVAC (Aquec. + Arref.) + Caldeira Biomassa (AQS)	33,35	0,67	0,35	0,62	2,40
Valores de referência RCCTE 2013		0,50	0,40	0,40	2,90

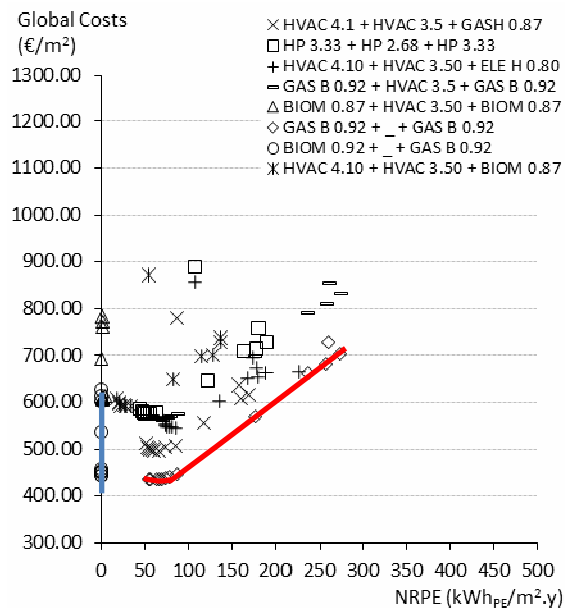
- **Comparação com os valores de referência de U propostos pelo REH**



Efeitos da variação dos equipamentos de climatização e AQS

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar

Antes de 1960
Porto



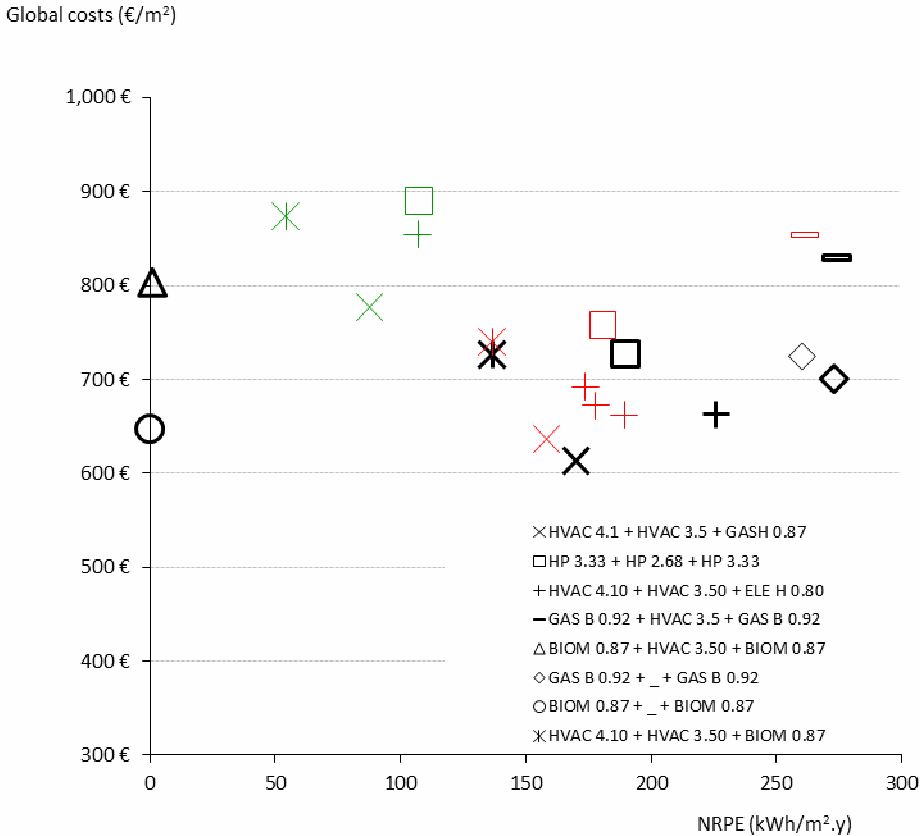
Combinação de equipamentos	NRPE (kWh/m².a)	Coeficiente de transmissão térmica (W/m2.°C)			
		Parede	Cobertura	Pavimento	Janelas
HVAC (Aquec. + Arref.) + Esquentador Gás (AQS)	60,06	0,67	0,35	0,62	2,40
Bomba Calor (Aquec. + Arref. + AQS)	49,82	0,40	0,26	0,38	2,40
HVAC (Aquec. + Arref.) + Termoacumulador (AQS) + Solar Térmico	86,20	0,67	0,35	0,62	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	70,48	0,40	0,26	0,38	2,40
Caldeira Biomassa (Aquec. + AQS) + HVAC (Arref.)	1,84	0,40	0,26	0,38	2,40
Caldeira Gás (Aquec. + AQS)	55,61	0,22	0,26	0,38	2,40
Caldeira Biomassa (Aquec. + AQS)	0	0,50	0,26	0,47	2,40
HVAC (Aquec. + Arref.) + Caldeira Biomassa (AQS)	33,35	0,67	0,35	0,62	2,40

- *Os equipamentos com os quais são obtidas os níveis ótimos de rentabilidade não garantem o arrefecimento*
- *Eliminar as necessidades de arrefecimento ativo através de medidas passivas é fundamental*



Efeito das Renováveis (geração) – Solar Térmico e Fotovoltaico

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar



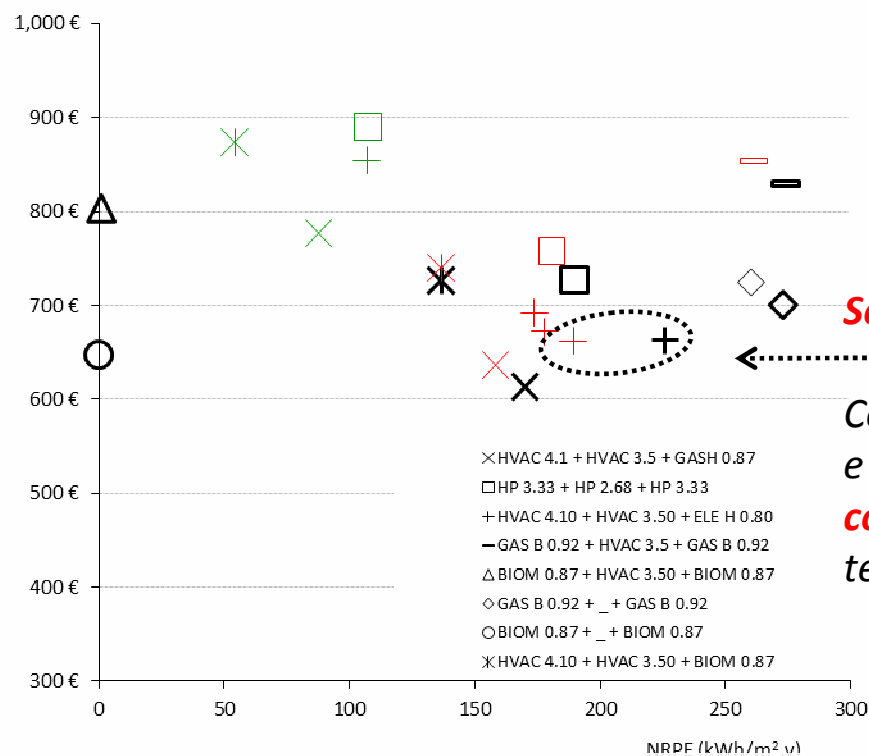
- **A negro sem solar térmico ou fotovoltaico;**
- **A vermelho com solar térmico;**
- **A verde com fotovoltaico**



Efeito das Renováveis (geração) – Solar Térmico e Fotovoltaico

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar

Global costs (€/m²)



Solar térmico

Considerando custos de investimento, manutenção e substituição ao fim de 20 anos, **só é rentável com equipamentos de AQS pouco eficientes** (ex. termoacumulador elétrico)

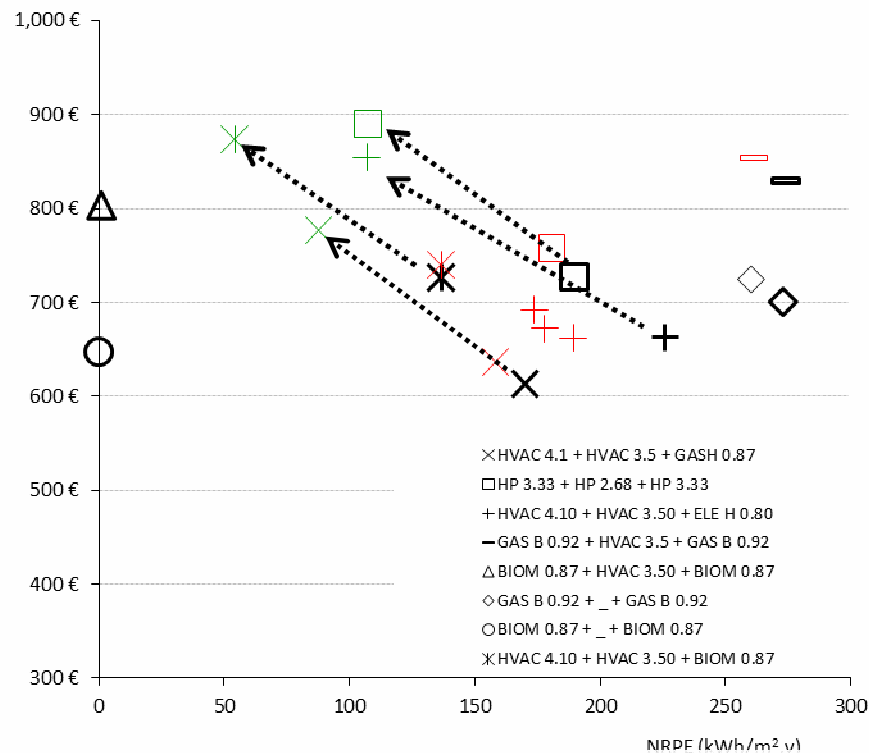
- Sem solar térmico ou fotovoltaico;
- Com solar térmico;
- Com fotovoltaico



Renováveis (geração) – Solar Térmico e Fotovoltaico

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar

Global costs (€/m²)



Fotovoltaico
Rentabilidade negativa em todos os casos
(sem subsidiação, considerando contrato de manutenção anual como todos os restantes equipamentos e substituição após 25 anos)

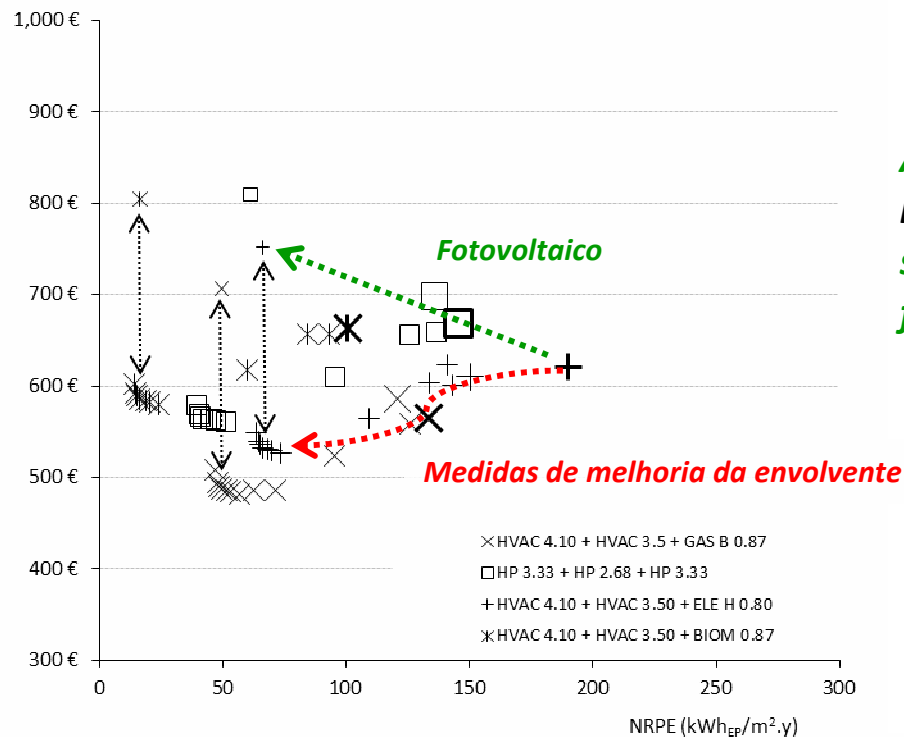
- **Sem solar térmico ou fotovoltaico;**
- **Com solar térmico;**
- **Com fotovoltaico**



Fotovoltaico vs Eficiência Energética

Nível ótimo de rentabilidade para a reabilitação de edifício unifamiliar

Global costs (€/m²)



As medidas de melhoria da envolvente, mesmo até níveis para além do ponto ótimo, são mais rentáveis que a utilização apenas de fotovoltaico.

Comparação entre níveis idênticos de consumo de energia primária com utilização de fotovoltaico e com medidas de melhoria da envolvente



Conclusões

- **É fundamental intervir na envolvente dos edifícios, preferencialmente em todos os seus elementos;**
- **A intervenção na envolvente deve anular a necessidade de arrefecimento ativo;**
- **Esta melhoria do desempenho energético da envolvente permite selecionar equipamentos de aquecimento menos potentes e mais simples, diminuindo os custos de investimento e manutenção com equipamentos;**
- **A utilização de equipamentos mais eficientes permite aliviar a profundidade da intervenção na envolvente, o que pode ser importante em situações de fortes constrangimentos a essa intervenção;**
- **O solar térmico é rentável no apoio a termoacumuladores elétricos. Quando o aquecimento das AQS é realizado por equipamentos mais eficientes perde rentabilidade;**
- **A utilização de fotovoltaico, importante para atingir os edifícios de energia quase zero, tem menor rentabilidade que medidas de melhoria da envolvente, mesmo para além do nível ótimo.**



Conclusões

- **Criar metas e objetivos específicos para a reabilitação**
- **Flexibilizar a aplicação regulamentar tendo em conta as especificidades e constrangimentos dos edifícios existentes**
- **Aliviar o peso das medidas de eficiência energética na presença de constrangimentos**
- **Incentivar o aumento de qualidade da envolvente dos edifícios**
- **Encontrar as melhores estratégias de reabilitação numa perspetiva de otimização da relação custo/benefício**
- **Compatibilização dos vários regulamentos**
- **Incentivos à reabilitação**

OBRIGADA

Manuela Almeida (malmeida @civil.uminho.pt)
Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil