Renovações nZEB de Edifícios Municipais – As Soluções CERtuS

Pedro Moura – ISR-Universidade de Coimbra

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

© Copyright CERTUS Project 2015 - All Rights Reserved
Grant agreement no.: *620906*

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Planos de Renovação nZEB

Edifícios Analisados

- Escola Primária da Solum

- Casa da Cultura

- Câmara Municipal de Coimbra

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Planos de Renovação nZEB

Opções de Renovação Gerais

- As opções de renovação selecionadas são o resultado de uma reflexão crítica sobre o equilíbrio entre eficiência energética, perfil de utilização, conforto e conservação.

- As opções foram selecionadas com os principais objetivos de **maximizar o uso da geração de energia renovável e conseguir um curto tempo de retorno.**

- Todos os edifícios têm boas áreas para a instalação de painéis fotovoltaicos e, por conseguinte, uma prioridade foi aproveitar estas condições para alcançar uma elevada quota de geração renovável.

- As opções de redução do consumo **concentraram-se nos dois sistemas com maior impacto no consumo de energia: iluminação e AVAC**. O objetivo foi atingir um alto impacto com o uso de um pequeno grupo de tecnologias (para alcançar ganhos de escala) com alta rentabilidade.

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

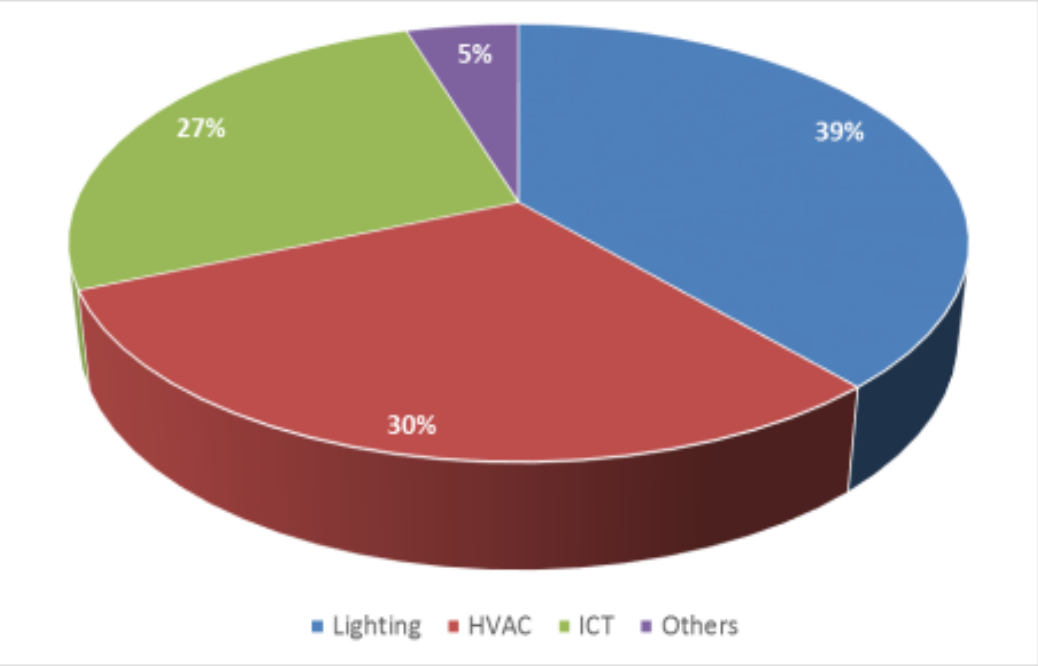
Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

Condições Atuais do Edifício

Consumo de Energia - Cenário Atual

Consumo de Eletricidade	521 MWh
Custo de Eletricidade	84 k€
Consumo de Gás	0 MWh
Custo do Gás	0 k€



© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

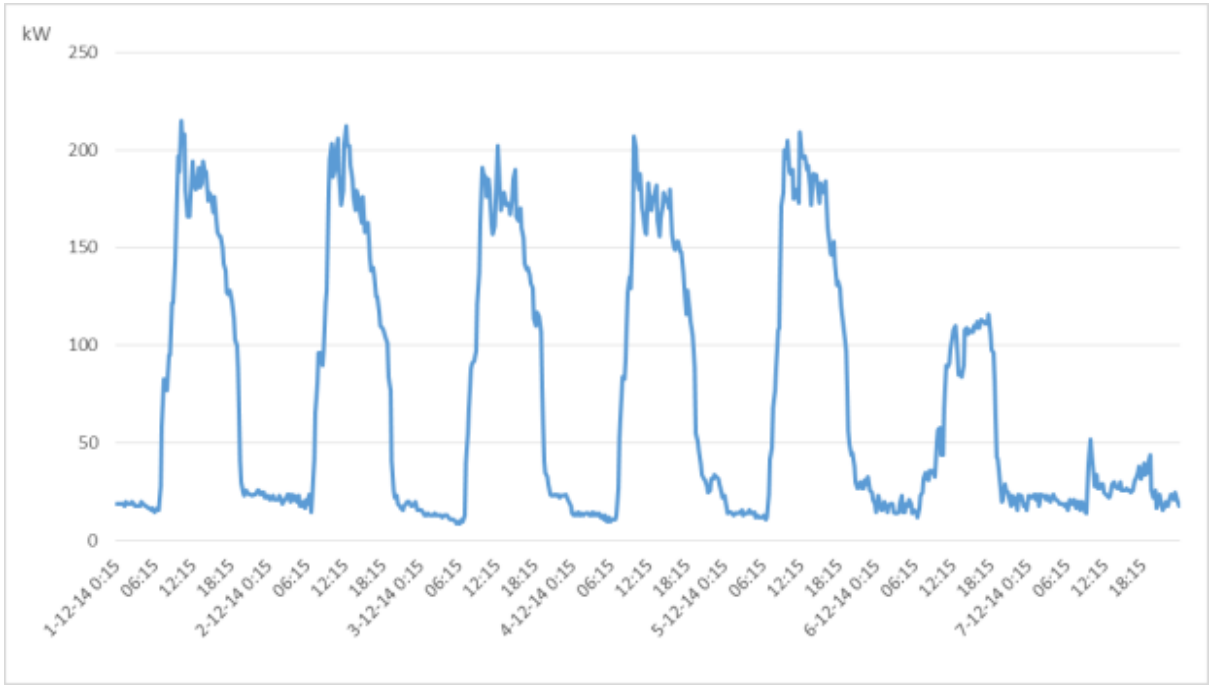
Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

Condições Atuais do Edifício

Consumo de Energia - Cenário Atual

Ponta	21.2%
Cheio	63.1%
Vazio	11.3%
Super Vazio	4.3%



© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

Objetivos

- Objetivos iniciais do projeto:
  - Uma redução média da energia primária entre **75% e 80% da procura** atual
  - Assegurar que entre **50% e 90%** da energia consumida seja produzida por **fontes de energia renováveis** instaladas no edifício

- Uma vez que existe uma área de telhado disponível, sem sombras e com bons níveis de radiação solar, o objetivo foi redefinido para atingir:
  - uma **redução mínima de energia primária de 95%**, assegurando,
  - pelo menos, **95% do consumo com fontes de energia renováveis**, alcançando o Nível de Energia Zero.

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

Cenários Analisados

- Em cada área foram analisadas diferentes cenários de renovação:
  - PV
    - Área de painéis elevada
    - Área de painéis reduzida
  - Iluminação
    - Substituição total por lâmpadas fluorescentes
    - Substituição total por LEDs
  - AVAC
    - Substituição total por equipamentos de COP/EER médio
    - Substituição total por equipamentos de COP/EER elevado

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

Obstáculos

- Parte do **Piso -2 é um Refeitório da Universidade de Coimbra**. No entanto, este Refeitório recebe eletricidade da Casa da Cultura sem qualquer medição individual. Portanto, seu consumo está incluído no consumo total do edifício, mas esse consumo de energia não pode ser considerado como um consumo do edifício estudado.
  - O consumo do Refeitório foi avaliado (considerado como 17% do consumo total de energia) e subtraído do total considerado para o edifício. Portanto, o nível de consumo considerado no plano de renovação exclui o consumo do Refeitório.

- Foi detetado que **4 dos 9 sistemas de controlo de temperatura e humidade (THC) não estão em funcionamento** e, portanto, a linha de base foi corrigida para levar em conta o consumo de todos os 9 sistemas.
  - Portanto, o nível de consumo considerado no plano de renovação inclui o consumo de 9 sistemas de THC.

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

Cenários Escolhido

PV1+Light2+AVAC1
(Critério: Próximo de um consumo líquido nulo com um bom equilíbrio entre tecnologias)

- Instalação de 181 kWp de painéis fotovoltaicos (770 painéis)
- Instalação de 1254 lâmpadas LED
- Instalação de sistemas AVAC multi e mono-split de alta eficiência com uma potência total de 494,5 kW

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

Iluminação

- A Iluminação é geralmente assegurada por **lâmpadas fluorescentes**. A maioria das salas têm um teto falso em madeira com pequenos buracos quadrados, sendo os luminárias instaladas acima do teto falso;
- As luminárias são **luminárias abertas com refletor duplo** e têm 2 ou 3 lâmpadas;
- A instalação das lâmpadas acima do teto falso provoca uma **elevada perda de luminosidade**, que é agravada pela dificuldade de manutenção de tais luminárias, sendo muito comum encontrar lâmpadas defeituosas. Estas situações levam a uma baixa visibilidade em algumas áreas;

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

Iluminação

- Nas áreas de circulação as lâmpadas são geralmente de 18 W e nas restantes áreas são de 58 W. Quase todas as lâmpadas **são T8 com balastros ferromagnéticos**. A exceção é apenas uma área de circulação onde as lâmpadas T5 com balastros eletrónicos (escadas da área 52 - Piso 0 a -2) já são usadas.;

- Algumas salas com teto de altura dupla utilizam **incandescentes e lâmpadas de halogéneo**;

- Os casas de banho tinham lâmpadas **incandescentes**. No entanto, algumas lâmpadas já foram substituídos por **CFL e** uma casa de banho (perto da receção no Piso 0), recentemente renovado, já tem lâmpadas **LED**;

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

Iluminação

O Sistema de Iluminação é constituído principalmente por lâmpadas fluorescentes T8 lineares com reator eletromagnético.

Tipo de Lâmpada	Quantidade n	Potência W
Fluorescente Linear T8 F60	9	211
Fluorescente Linear T8 F120	803	37,580
Fluorescente Linear T8 F150	312	21,091
Fluorescente Linear T5 F60	8	136
Incandescente	23	1,380
Projetor de Halogéneo	24	7,200
Spot de Halogéneo	5	250
CFL	70	1,260
Spot LED	12	66
Total	**1,266**	**69,174**

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

Iluminação

- 1.254 lâmpadas têm de ser substituídas.
- A tabela seguinte apresenta a nova distribuição de lâmpadas. Como pode ser visto, a potência total diminui para 27.095 W (**redução de 61%**).

Tipo de Lâmpada	Quantidade n	Potência W
LED Linear F150	312	7,488.0
LED Linear F120	803	16,060.0
LED Linear F60	17	170.0
LED Bulb	93	883.5
LED Projector	24	2,400.0
LED Spot	17	93.5
	1,266	**27,095**

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

AVAC

AVAC – Ar condicionado e Sistemas de Aquecimento

- Quase todos as salas de trabalho, bem como todas as zonas de receção têm climatização. As áreas de circulação não têm climatização. A área total climatizada é de cerca de 6.900 m^2.
- O edifício não possui um sistema AVAC centralizado, mas im várias unidades mono-split, que foram gradualmente instaladas.
- A exceção são os silos / áreas de arquivo que têm sistemas (um em cada silo) de controlo de temperatura e humidade com canalizações para proteger as publicações.

O número total de dispositivos AVAC é:

- **9** sistemas de controlo de temperatura e humidade com tubagem com uma potência total de **301 kW**
- **36** sistemas mono-split com bombas de calor instalados na parede ou no telhado com uma potência total de **239,27 kW**

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

AVAC

O número total de dispositivos AVAC é:

- **9** sistemas de controlo de temperatura e humidade com tubagem com uma potência total de **301 kW**
- **36** sistemas mono-split com bombas de calor instalados na parede ou no telhado com uma potência total de **239,27 kW**

- A potência total do Sistema de AVAC é de **540,27 kW.**

- Foi detetado que 4 dos 9 sistemas de controle de temperatura e humidade não funcionam (os funcionários que trabalham na biblioteca não sabem o motivo). Estes sistemas controlam as condições nos silos situados na frente do edifício.

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

AVAC

Foi considerada a substituição por outros sistemas mono-split com maior eficiência, mantendo a mesma quantidade total de energia.

Dados Técnicos do Sistema AVAC Existente

$P_{cooling\text{-}ther}$ (kW)	EER	$P_{heating\text{-}ther}$ (kW)	COP	Quantidade
29.7	2.43	30.3	2.97	9

Dados Técnicos do novo Sistema AVAC

$P_{cooling\text{-}ther}$ (kW)	EER	$P_{heating\text{-}ther}$ (kW)	COP	Quantidade
28	5.2	31.5	5.74	9

Dados Técnicos dos novos sistemas mono-split

P_{ind} (kW)	EER	COP	Quantidade	P_{total} (kW)
2.5	9.1	5.2	5	12.5
3.5	8.9	5.1	10	35.0
5.2	6.1	3.8	16	83.2
6.8	6.1	3.8	16	108.8
	6.7	**4.1**	**47**	**239.5**

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

PV

- 3 – a inclinação negativa do telhado, levaria a uma estrutura maior com alto impacto visual;
- 4 - potencial reduzido devido ao sombreamento causado pelo piso adicional na área 5;
- 5 - potencial reduzido devido ao sombreamento causado pelo piso adicional;
- 7 - a instalação de painéis fotovoltaicos causaria sombreamento nas claraboias;
- 10 - potencial reduzido devido ao sombreamento causado pelo piso adicional.

Nas restantes áreas, considerou-se a instalação de painéis fotovoltaicos orientados para sul, mas mantendo a orientação do edifício (azimute de 20º) para minimizar o impacto visual dos painéis fotovoltaicos.

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

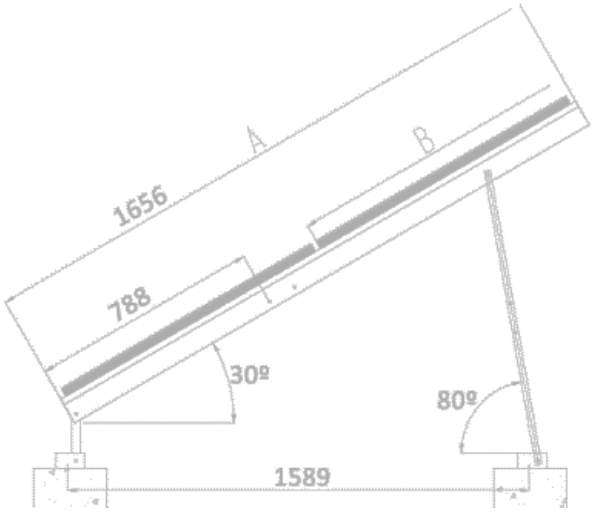
Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

PV

Considerando a área disponível, o espaçamento necessário entre os painéis e a restrição para ter um número total de painéis que podem ser associados em série e paralelo, o número de painéis fotovoltaicos com estrutura inclinada (figura abaixo) que podem ser instalados em cada área são os seguintes:

- Área 1 - 154 módulos
- Área 2 - 34 módulos
- Área 6 - 224 módulos
- Área 8 - 108 módulos
- Área 9 - 168 módulos
- Área 11 - 60 módulos
- Área 12 - 22 módulos



Portanto, foi considerada a instalação de 770 painéis fotovoltaicos, garantindo uma potência instalada de 181 kWp.

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

PV

Este cenário foi simulado com PVSYST usando os seguintes parâmetros para o local e simulação:

Geographical Site	Coimbra
Country	Portugal
Latitude	40.1° N
Longitude	8.2° W
Time	Defined as Legal Time
Time zone	UT+1
Altitude	141 m
Albedo	0.20
Meteo data	Coimbra, Synthetic Hourly data

Collector Plane Orientation	Tilt 30° Azimuth 20°
Horizon	Free Horizon
Near Shadings	No Shadings

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

PV

Foram consideradas 22 módulos em série e 35 strings em paralelo com 5 inversores.

Model	Powador 36 TL3 M
Manufacturer	KACO new energy
Characteristics	Operating Voltage 200-800 V Unit Nom. Power 30 kW AC
Inverter pack	Number of Inverter 5 units Total Power 150 kW AC

PV module	Si-poly
Model	SINPRIME PREMIUM 235
Manufacturer	SINERGIAE
Number of PV modules	In series 22 modules In parallel 35 strings
Total number of PV modules	770
Unit Nom. Power	235 Wp
Array global power	Nominal (STC) 181 kWp At operating cond. 163 kWp (50° C)
Array operating characteristics (50° C)	U mpp 593 V I mpp 274 A
Total area	Module area 1248 m² Cell area 462 m²

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

PV

Este cenário garante uma geração de **254,2 MWh/ano**, com uma produção específica de 1.405 kWh/kWp/ano e uma relação de desempenho de 80,8%.

Produced Energy	254.2 MWh/year
Specific prod.	1,405 kWh/kWp/year
Performance Ratio PR	80.8 %

[6]	GlobHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	EffArrR %	EffSysR %
Jan	61.0	10.00	93.5	90.5	14.59	14.26	12.50	12.22
Feb	73.0	11.00	98.5	95.6	15.21	14.87	12.38	12.10
Mar	129.0	12.50	154.9	150.5	23.71	23.18	12.26	11.99
Apr	140.0	14.00	149.0	144.6	22.53	22.02	12.11	11.84
May	179.0	16.40	175.3	170.1	26.28	25.69	12.01	11.74
Jun	195.0	19.60	182.0	176.5	26.69	26.07	11.75	11.48
Jul	209.0	21.80	198.8	192.8	28.88	28.22	11.64	11.37
Aug	195.0	21.80	200.5	194.8	28.97	28.30	11.58	11.31
Sep	147.0	20.80	169.7	164.9	24.99	24.44	11.80	11.54
Oct	104.0	17.40	136.0	132.0	20.49	20.04	12.07	11.80
Nov	63.0	13.00	92.7	89.8	14.18	13.85	12.25	11.97
Dec	54.0	10.40	87.2	84.3	13.57	13.26	12.47	12.19
Year	**1,549.0**	**15.75**	**1,738.0**	**1,686.3**	**260.09**	**254.21**	**11.99**	**11.72**

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

Impacto do Plano de Renovação

Cenário Escolhido:

Iluminação

	Baseline	Renovação
Consumo (kWh)	166930	65773
Poupanças (kWh)	-	101157
Poupanças (%)	-	60.6%

AVAC

	Baseline	Renovação
Consumo (kWh)	193010	74617
Poupanças (kWh)	-	118393
Poupanças (%)	-	61.3%

PV

	Baseline 0 panels	Renovação 770 panels
Geração (kWh)	0	254200
% do Consumo	0%	52.2%

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

Impacto do Plano de Renovação

Com a renovação, **95,1%** da energia consumida é assegurada por fontes de energia renováveis, atingindo assim o objetivo de 95% de fontes de energia renováveis.

	Consumo de Energia kWh	Geração kWh	Geração %
Renovação	267 279	254 200	**95.1%**

Os resultados também foram avaliados em termos de Energia Final, Energia Primária e Emissões, considerando os seguintes fatores de conversão:

- Eletricidade para energia primária - 2,5
- Eletricidade para as emissões de CO_2 - 139,89 g / kWh

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Casa da Cultura

Impacto do Plano de Renovação

O plano de renovação pode garantir **97,2% de poupança energética final**, 96,8% de poupança de energia primária e emissões de CO_2, atingindo assim o objetivo de 95% de redução de energia primária.

	Energia Final kWh	Densidade. kWh/m²	Ener Primária kWh	Emissões CO_2 kg CO_2 /kWh
Baseline	487,229	49.4	1,218,073	68,158.5
Renovação	13,479	1.4	33,697.5	1,885.6
Poupanças	473,750	48.0	1,184,375	66,272.9
Poupanças (%)	97.2%	97.2%	97.2%	97.2%

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

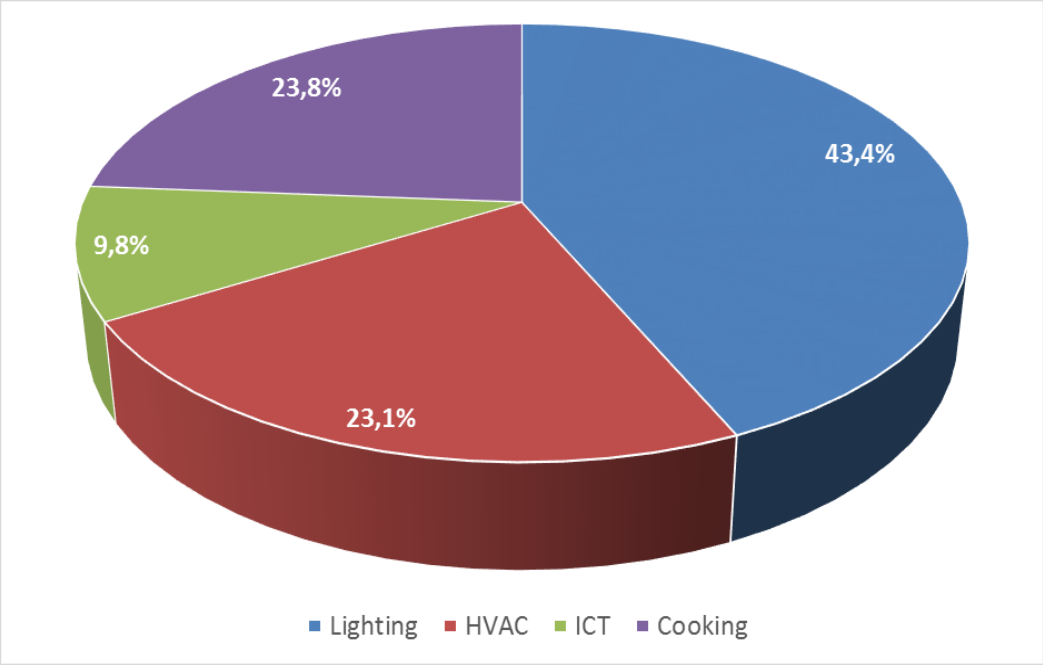
Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Escola Primária da Solum

Condições Atuais do Edifício

Consumo de Energia - Cenário Atual

Consumo de Energia	30.7 MWh
Custo de Eletricidade	6.7 k€
Consumo de Gás	16.7 MWh
Custo de Gás	1.8 k€



© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

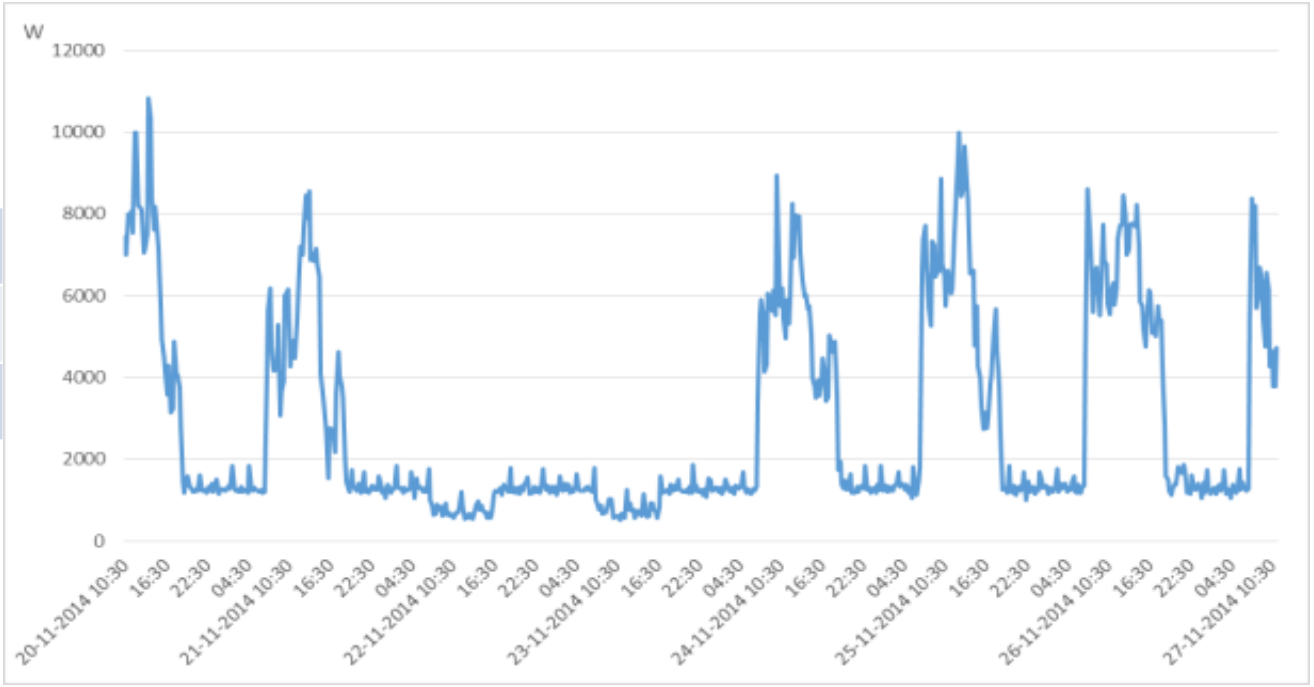
Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Escola Primária da Solum

Condições Atuais do Edifício

Consumo de Energia – Cenário atual

Ponta	18.4%
Cheio	58.0%
Vazio	23.6%



© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Escola Primária da Solum

AVAC

- Os 2 Blocos principais têm radiadores velhos de parede com circulação de água quente. No entanto, o sistema já não está operacional e, portanto, esses edifícios não têm qualquer fonte de aquecimento central.
- Para garantir o aquecimento nos dias mais frios, as salas de aula têm um **radiador a óleo**.

- O Refeitório tem aquecimento central assegurado por uma **caldeira a gás natural**.
- A caldeira não está instalada no Refeitório, é instalada dentro da receção, que fica a **30 metros** (distância reta) do Refeitório.

- O aquecimento de água é assegurado principalmente por um **sistema solar térmico**, sendo o aquecedor elétrico de água apenas um backup.

- A única opção viável de renovação é a **substituição direta da caldeira a gás** utilizada no aquecimento central do Refeitório. Considerou-se que a caldeira real tem um COP de 0,90, substituído por uma **bomba de calor de 11 kW com um COP de 3,57**.

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

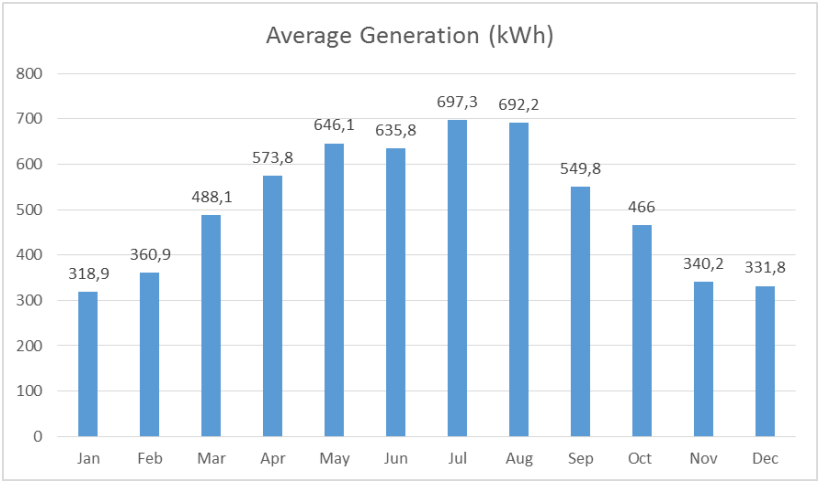
Escola Primária da Solum

PV

Produção de Energia com FER – Cenário atual

- Sistema fotovoltaico com 4230 W - 18 módulos com 235 Wp cada
- Geração de 6100 kWh (20% do consumo).
- Concentrador solar térmico com 2 m^2 (abastecimento de água quente ao Refeitório).

Quantity of modules	18
Type of modules	Polycrystalline Silicon
Total power	4230 W
Total area	29.18 m^2



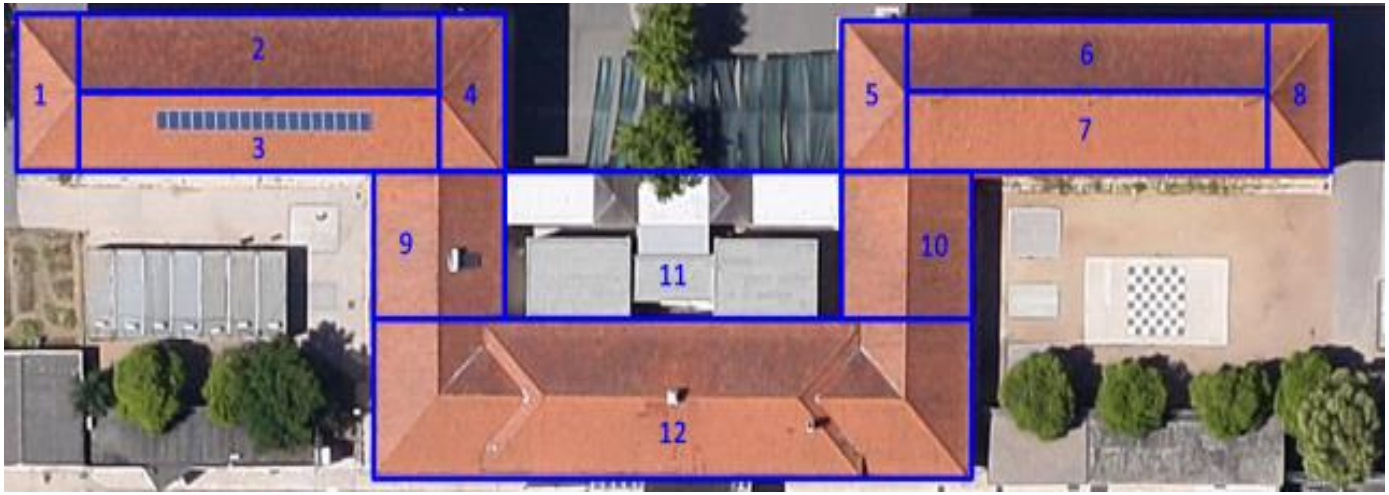
© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Escola Primária da Solum

PV

- A área 12 pertence a outro edifício e não pode ser considerada.
- Na área 11 há algum sombreamento devido ao outro edifício.
- As áreas 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10 não têm uma boa orientação.
- Apenas as áreas 3 e 7 foram selecionadas para a implementação de painéis fotovoltaicos.



- Cenário 1: Duplicar a linha de 18 painéis e usar a mesma estrutura na área 7 (total de 72 painéis) -> **Escolhido**
- Cenário 2: Aumentar a linha para 27 painéis, duplicar a linha e repetir a estrutura na área 7 (total de 108 painéis).

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Escola Primária da Solum

Impacto do Plano de Renovação

- Aumentar o sistema fotovoltaico para 72 painéis fotovoltaicos;
- Substituição de todas as lâmpadas T8 por balastros T5 com balastro eletrônico;
- Substituição da caldeira a gás por uma bomba de calor.

Iluminação

	Baseline	Renovação
Consumo (kWh)	9897	6798
Poupanças (kWh)	-	3099
Poupanças (%)	-	31.3%

AVAC

	Baseline	Renovação
Consumo (kWh)	16775	4901.8
Poupanças (kWh)	-	11873.2
Poupanças (%)	-	70.8%

PV

	Baseline 18 panels	Renovação 72 panels
Geração (kWh)	6100.9	23316
% do Consumo Eletric.	27.1%	103.6%
% do Consumo Energia	15.5%	59.3%

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Escola Primária da Solum

Impacto do Plano de Renovação

Com a renovação, **96,2%** da energia consumida é assegurada por fontes de energia renováveis, alcançando assim o objetivo de 95% de fontes de energia renováveis.

	Consumo de Energia kWh	Geração kWh	Geração %
Renovação	24,244	23,316	**96.2%**

Os resultados também foram avaliados em termos de Energia Final, Energia Primária e Emissões de CO_2, considerando os seguintes fatores de conversão:

- Eletricidade para energia primária - 2,5
- Gás natural para energia primária - 1,0
- Eletricidade para as emissões de CO_2 - 139,89 g / kWh
- Gás natural para as emissões de CO_2 - 202 g / kWh

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Escola Primária da Solum

Impacto do Plano de Renovação

O plano de renovação pode garantir 97,6% de poupança energética final, **96,8% de** poupança em energia primária e 98,0% de poupança de emissões de CO_2, atingindo assim o objetivo de 95% de redução de energia primária.

	Energia Final kWh	Densidade. kWh/m²	Ener Primária kWh	Emissões CO_2 kg CO_2 /kWh
Elect. Base.	22,516	13.60	56,290	3,149.8
Gas Base.	16,775	10.14	16,775	3,388.6
Total Base.	39,291	23.74	73,065	6,538.3
Elect. Renov.	928	0.56	2,320	129.8
Gas Renov.	0	0	0	0
Total Renov.	928	0.56	2,320	129.8
Poupanças	38,363	23.18	70,745	6,408.5
Poupanças (%)	97.6%	97.6%	96.8%	98.0%

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

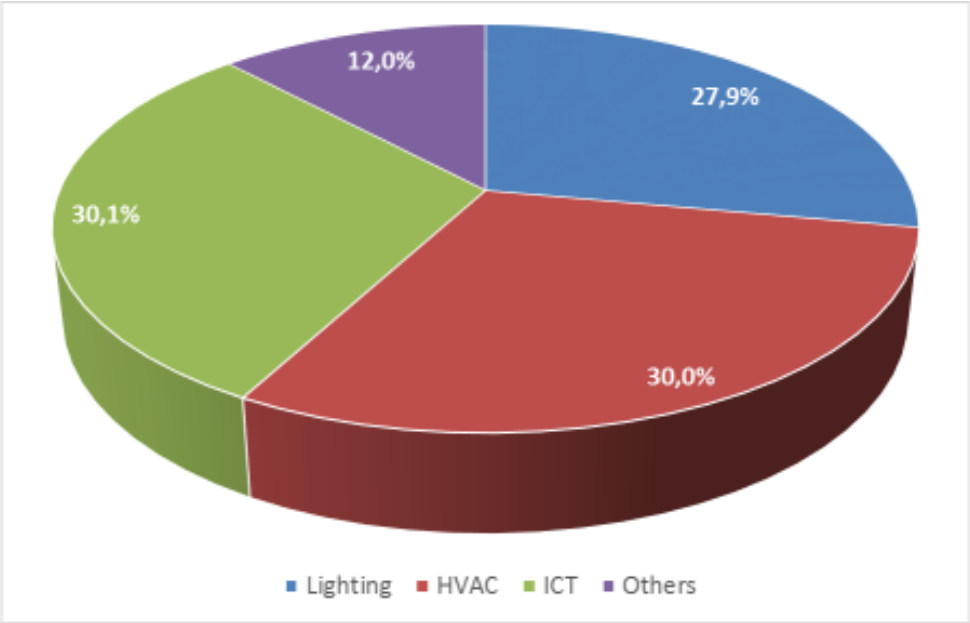
Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Câmara Municipal de Coimbra

Condições Atuais do Edifício

Consumo de Energia - Cenário Atual

Consumo de Energia	305 MWh
Custo de Eletricidade	60 k€
Consumo de Gás	0 MWh
Custo do Gás	0 k€



© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

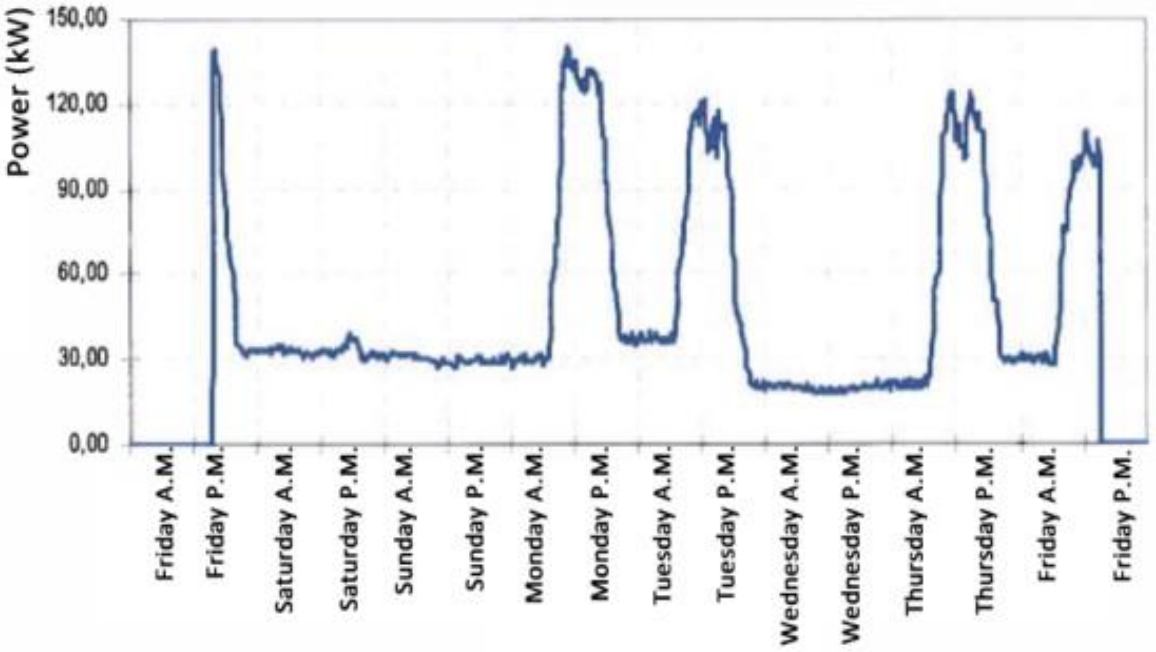
Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Câmara Municipal de Coimbra

Condições Atuais do Edifício

Consumo de Energia - Cenário Atual

Ponta	18.6%
Cheio	53.4%
Vazio	19.4%
Super Vazio	8.5%



© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Câmara Municipal de Coimbra

PV

Uma vez que o edifício faz parte da propriedade "Universidade de Coimbra - Alta e Sofia" inscrito na Lista do **Património Mundial da UNESCO**, são aplicadas várias restrições fortes na renovação. Por conseguinte, não é possível instalar painéis fotovoltaicos standard ou energia eólica no teto ou fachadas.

No entanto, não é possível obter um Edifício de Energia Zero sem produção e uma vez que não existem outras opções disponíveis, deve considerar-se a utilização de energia fotovoltaica, sendo apenas consideradas opções com um pequeno impacto visual. Portanto, foi considerado o uso de telhas solares, para substituir o telhado real.

Foi considerado o uso de telhas fotovoltaicas com películas finas mantendo uma margem nas áreas visíveis.

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

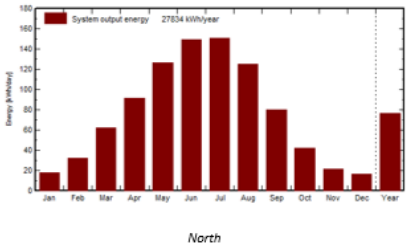
Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Câmara Municipal de Coimbra

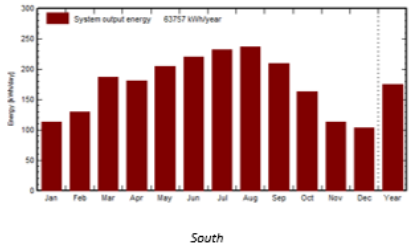
PV

As áreas consideradas de telhas fotovoltaicas nas diferentes direções do telhado (todas com um azimute de -10º) são apresentadas na próxima tabela, assim como a potência fotovoltaica que pode ser instalada. Portanto, foi considerada a instalação de **2,102 m²** de painéis fotovoltaicos de película fina, garantindo uma potência instalada de **126,1 kWp**.

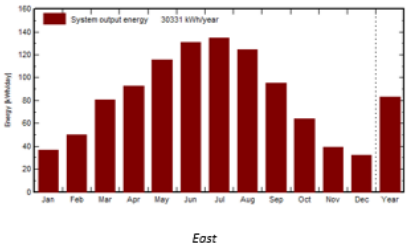
	Area m²	Potência kW
Norte	564	33.8
Sul	767	46.0
Este	468	28.1
Oeste	303	18.2
Total	**2,102**	**126.1**



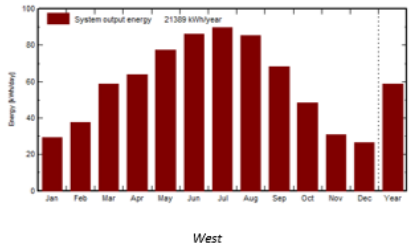
North



South



East



West

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Câmara Municipal de Coimbra

Impacto do Plano de Renovação

- Instalação de 126,1 kWp de telhas PV;
- Substituição de todas as lâmpadas por LEDs;
- Substituição dos sistemas mono e mult-split por sistemas com maior COP / EER.

AVAC

	Baseline	Renovação
Consumo (kWh)	91616	34244
Poupanças (kWh)	-	57372
Poupanças (%)	-	62.6%

Iluminação

	Baseline	Renovação
Consumo (kWh)	85818	36901
Poupanças (kWh)	-	48916
Poupanças (%)	-	57.0%

Fotovoltaico

	Baseline 0 kWp	Renovação 126 kWp
Geração (kWh)	0	143311
% do Consumo	0%	47%

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Câmara Municipal de Coimbra

Impacto do Plano de Renovação

Com a renovação, **69,7% da energia consumida** é assegurada por fontes de energia renováveis, atingindo assim o **objetivo de 50-95%** de fontes de energia renováveis.

	Consumo de Energia kWh	Geração kWh	Geração %
Renovação	205 476	143 311	**69.7%**

Os resultados também foram avaliados em termos de Energia Final, Energia Primária e Emissões CO_2, considerando os seguintes fatores de conversão:

- Eletricidade para energia primária - 2,5
- Eletricidade para as emissões de CO_2 - 139,89 g / kWh

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Câmara Municipal de Coimbra

Impacto do Plano de Renovação

O plano de renovação pode garantir **79,6% de poupança** de energia final, energia primária e emissões de CO_2, alcançando assim o objetivo de 75-80% da redução da energia primária.

	Energia Final kWh	Densidade. kWh/m²	Ener Primária kWh	Emissões CO_2 kg CO_2 /kWh
Baseline	305,107	51.9	762,767.5	42,681.4
Renovação	62,165	10.6	155,412.5	8,696.3
Poupanças	242,942	41,3	60,7355	33,985.2
Poupanças (%)	79.6%	79.6%	79.6%	79.6%

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Fananciamento dos Projetos

Investimento, Poupança e Payback

	Investimento €	Investimento €/m²	Poupança €/ano	Payback anos
Escola do Tovim	31,469	19.12	5,082	6.2
Casa da Cultura	338,274	26.6	53,081	6.0
Câmara Municipal	632,068	107.5	34,880	17

- Para o esquema financeiro, foi escolhido um Contrato de Desempenho Energético de "**Poupanças Partilhadas**", uma vez que é considerado o mais difundido entre os quatro países CERtuS.

- **Duração do EPC**:
  - Escola Primária do Solum – **15 anos**
  - Casa Municipal de Cultura – **15 anos**
  - Câmara Municipal de Coimbra – **25 anos**

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Fananciamento dos Projetos

Fontes Financeiras

Tendo em conta os esquemas de renovação selecionados e a característica dos projetos, é **possível uma participação da ESCO nas acuais condições de mercado**, mas necessita de uma combinação de fontes de financiamento, em particular a utilização de subsídios, considerando a percentagem de fontes financeiras apresentadas.
O capital próprio é financiado pela ESCO.

	Capital Próprio	Dívida Sénior	Financia. IVA	Subsídios
Escola do Tovim	33%	22%	13.6%	31.3%
Casa da Cultura	25.6%	59.8%	14.5%	0%
Câmara Municipal	9.9%	37.2%	3.4%	49.4%

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Fananciamento dos Projetos

Índicadores do Investimento da ESCO

	Payback anos	TIR %	VAL €
Escola do Tovim	13.5	8.0	1054
Casa da Cultura	12.5	9.06	23946
Câmara Municipal	18	7.5	5806

- Com a estrutura financeira do projeto da Escola do Tovim **é possível uma intervenção do ESCO** e a remuneração do capital investido, em termos de TIR, deve ser considerada adequada para este tipo de projetos.

- O mesmo ocorre para o projeto Casa da Cultura, sendo a intervenção da ESCO possível e a **remuneração considerada adequada**.

- No entanto, para o projeto da Câmara Municipal de Coimbra, o projeto gera fluxos de caixa suficientes para pagar a dívida, mas **não é capaz de remunerar suficientemente o capital investido** pela ESCO. Como consequência, uma intervenção ESCO nas condições de mercado pode ser considerada sustentável, mas com lucro insuficiente.

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

Fananciamento dos Projetos

Resultados para o Municipio

- A implementação deste contrato EPC no projeto Escola Primária do Solum conduz a uma redução das despesas para o Município de cerca de 38 €/ano, resultante da **poupança energética partilhada de 5%.**
- No projeto da Casa Municipal da Cultura, a redução é de 2,339 €/ano, resultante da poupança energética partilhada de 5%.
- No projeto da Câmara Municipal de Coimbra, a redução é de cerca de 1.130 €/ano, resultante da poupança energética partilhada de 5%
- Embora as poupanças imediatas para o município nos três projetos não sejam relevantes, **no final do contrato, o município beneficiará da totalidade das poupanças** de energia geradas pela renovação.

© Copyright CERTUS Project 2017 - All Rights Reserved

Renovações nZEB de Edifícios Municipais – As Soluções CERtuS

Pedro Moura – ISR-Universidade de Coimbra

Co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union

© Copyright CERTUS Project 2015 - All Rights Reserved
Grant agreement no.: *620906*