



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Abrantes

Dissertação de Mestrado

Miguel Nuno da Silva Costa Lopes

Mestrado em Manutenção Técnica de Edifícios

Abrantes/ 01/ 2015



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Abrantes

Miguel Nuno da Silva Costa Lopes

AUDITORIA ENERGÉTICA NUMA ESCOLA

Dissertação de Mestrado

Orientado por:

Mestre Flávio Chaves

Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico de Tomar
para cumprimento dos requisitos necessários
à obtenção do grau de Mestre
em Manutenção Técnica de Edifícios

Resumo

Devido ao crescente problema das alterações climáticas a União Europeia tem vindo a estabelecer um conjunto de metas ambiciosas para os países da sua comunidade com vista a melhorar a eficiência energética, para cumprir essas exigências Portugal tem vindo a implementar medidas para incentivar o uso de energias renováveis, mas não só, pois não é possível atingir as metas definidas sem o uso eficiente da energia, o que também tem sido promovido através de medidas definidas para os vários sectores de energia, os edifícios que representam cerca de 40% [1] da energia final da Europa estão incluídos nessas medidas, desta forma foi criado um programa de certificação energética, que visa classificar os edifícios com uma etiqueta energética, mediante o SCE (Sistema de certificação energética dos edifícios), etiqueta essa que é definida através do estudo das necessidades de consumo específico do edifício.

Tendo como finalidade desta dissertação efetuar e estudar uma Auditoria Energética a um edifício escolar construído em 2011, a referida auditoria pretende efetuar em exame detalhado das condições de utilização de energia nesta instalação.

Palavras-chaves: Eficiência Energética, Auditorias Energéticas

Abstract

Due to the growing problem of climate change the European Union has established a set of ambitious targets for its Commonwealth countries to improve energy efficiency, to meet these requirements Portugal has been implementing measures to encourage the use of renewable energy but not only because it is not possible to achieve the goals set without the efficient use of energy, which has also been promoted through measures set up for the various energy sectors, the buildings represent about 40% [1] of energy end of Europe are included in these measures in this way was created an energy certification program, which aims to classify buildings with an energy label, by SCE (energy certification system of buildings), this label which is defined through the study of needs specific consumption of the building.

For purposes of this dissertation make and study an Energy Audit to a school building built in 2011, said audit trying to place on a detailed examination of the conditions of use of energy in this facility.

Keywords: Energy Efficiency, Energy Audits

Agradecimentos

Gostaria de agradecer em primeiro lugar ao meu orientador Mestre Flávio Chaves pelo apoio e ajuda imprescindíveis para a realização deste trabalho.

Gostaria também de agradecer ao Município de Vila Nova da Barquinha pela quase ilimitada acessibilidade à documentação existente, projetos, faturas entre outros.

À Direção da Escola pela vontade e disponibilidade demonstrada.

E por fim aos meus colegas deste Mestrado que sempre me apoiaram.

Índice

Resumo.....	iv
Abstract	v
Agradecimentos	vi
Abreviaturas e Simbologia.....	1
Capítulo I.....	2
Introdução	2
1.1- Enquadramento	2
1.2- Consumo de Energia em Portugal.....	3
1.3- Evolução Legislativa em Portugal.....	4
1.4- Legislação em Vigor	5
1.5- Principais objetivos de uma Auditoria Energética	9
Capítulo II	10
Metodologia Aplicada.....	10
2.1 - Planeamento.....	10
2.2 - Trabalho de campo.....	10
2.3 - Tratamento da informação recolhida	11
2.4 - Construção de um modelo teórico de consumo energético.....	11
2.5 - Comparação de valores do modelo teórico com as faturas anuais energéticas	11
Capítulo III.....	12
Características do Edifício	12
3.1 - Caracterização do espaço.....	12
3.2 - Envolvente exterior.....	15
3.2.1- Isolamento.....	15
3.2.2- Características das paredes da envolvente exterior	15
3.2.3- Coberturas da envolvente exterior	16
3.2.4- Perímetro do pavimento em contacto com o solo, com cota superior ou igual à do terreno exterior	17
3.2.5- Vãos envidraçados exteriores	18

3.3- Sistemas de climatização e controlo	18
3.4- Água quente sanitária (AQS)	19
3.5- Utilização do espaço	20
3.6- Ocupação do espaço.....	20
3.7- Iluminação	20
3.7.1- Iluminação interior.....	21
3.7.2 - Iluminação exterior	23
3.7.3- Levantamento das Quantidades existentes.....	24
3.7.4- Divisão das luminárias por zonas	26
3.7.5- Perfil do horário da iluminação usado	26
3.7.6- Perfil da iluminação nas zonas térmicas	27
3.7.7- Perfil da iluminação nas zonas complementares.....	28
3.8- Equipamentos	29
3.8.1- Principais Equipamentos na zona térmica	29
3.8.2- Principais equipamentos na zona complementar	30
3.8.3- Perfil da utilização dos equipamentos.....	31
3.8.3.1- Perfil da utilização dos equipamentos na zona térmica	31
3.8.3.2- Perfil da utilização dos equipamentos na zona complementar.....	32
Capítulo IV.....	33
Sínteses dos resultados.....	33
4.1- Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento	33
4.2- Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Arrefecimento.....	33
4.2.1- Resultados obtidos das Necessidade Anuais em Energia Útil.....	34
4.3- Consumos anuais de energia final, por uso	35
4.3.1- Consumos anuais de energia final, por fonte de energia	35
4.4- Parâmetros de Entrada.....	36
4.5- Índices de Eficiência Energética	37
Capítulo V	39
Comparação dos resultados obtidos através da simulação dinâmica e dos consumos reais do edifício.	39

5.1- Consumo Anual de Eletricidade	39
5.2- Consumo anual de combustíveis fósseis.....	40
Capítulo VI.....	41
Estado de funcionamento de equipamentos e sua manutenção	41
6.1- Estado de funcionamento dos principais equipamentos	41
6.2- Plano de Manutenção.....	42
6.3- Fichas de Manutenção	44
Capítulo VII	46
Qualidade do Ar Interior	46
Capítulo VIII.....	47
Medidas de Melhoria.....	47
8.1- Desativação da UTA5.....	47
8.1.1- Impacto da medida na Classificação Energética.....	50
8.2- Instalação de painéis fotovoltaicos	51
8.2.1- Análise da faturação.....	53
8.2.2- Escolha do painel fotovoltaico.....	54
8.2.3- Cálculo do sombreamento de painéis inclinados	55
8.2.4- Número de painéis a instalar.....	57
8.2.5- Escolha do inversor.....	58
8.2.6- Determinar a matriz fotovoltaica	59
8.2.7- Análise Económica	61
8.2.7.1- Payback	63
8.2.7.2- Valor Atual Líquido (VAL).....	63
8.2.7.3- Taxa Interna de rentabilidade (TIR).....	63
8.2.7.4- Conclusão do investimento em mini produção	64
8.2.7.5- Metodologia para calcular o retorno do investimento em auto consumo	65
8.2.7.6- Payback do investimento usando o autoconsumo	66
Valor Atual Líquido (VAL) em autoconsumo	66
8.2.7.7- Taxa Interna de rentabilidade (TIR).....	66

8.2.7.8- Conclusão do investimento em auto consumo	66
8.2.7.9- Impacto da medida na Classificação Energética	67
8.3- Ações de Sensibilização.....	67
8.4- Alteração de conforto térmico	68
8.5- Avaliação do impacto das medidas de melhoria	69
Capítulo XIX	71
Conclusões	71
Referências Bibliográficas	73
Anexos.....	74

Índice de figuras

Figura 1 Energia Final [3]	3
Figura 2- Energia Elétrica [3].....	3
Figura 3- Evolução Legislativa em Portugal	4
Figura 4- Ilustração da Escola.....	12
Figura 5- Mapa de Localização	13
Figura 6- Planta do piso inferior	14
Figura 7- Planta do piso superior	14
Figura 8- Luminária Estudio 652	21
Figura 9- Luminária Estudio 402	21
Figura 10-Luminária Cosmo	21
Figura 11- - Luminária Downlight Pro	22
Figura 12- Luminária Downlight Duo	22
Figura 13- Luminária Downlight Star.....	22
Figura 14- Luminária DUO 18226.....	23
Figura 15- Luminárias Emergência.....	23
Figura 16- Luminária Domus	23
Figura 17- Luminária Kalank.....	24
Figura 18 - Consumos de energia em períodos de férias	39
Figura 19- Extrator WC.....	41
Figura 20-Filtros F7 UTAN	41
Figura 21- Programa manutenção	44
Figura 22- Folha de Manutenção	45
Figura 23- Concentrações de CO2	46
Figura 24- Área influencia UTA5 piso 0	47
Figura 25- Área de influência UTA5 piso 1.....	48
Figura 26- Foto das grelhas de ventilação exterior	49
Figura 27- Foto das grelhas de ventilação interior	49
Figura 28- Eletroímã	49
Figura 29- Índice de Eficiência Energética com a Uta 5 desligada.....	50
Figura 30- Imagem da Escola no Google Earth	51
Figura 31- Planta da Cobertura	52
Figura 32- Características dos painéis solares	54
Figura 33- Deslocação do sol no horizonte	55
Figura 34- Espaçamento entre as fileiras	56
Figura 35- Características técnicas do inversor	58

Figura 36- Localizações dos painéis	61
Figura 37- Balanço energético do Sistema Solar produzido pelo PVSyst	62
Figura 38- Índice de Eficiência Energética com o Sistema Fotovoltaico	67
Figura 39- Orçamento para a alteração das UTAS.....	68
Figura 40- Índice de Eficiência Energéticas após as medidas de melhoria.....	69
Figura 41- Consumos anuais de energia final após as medidas de melhoria	69
Figura 42- Consumo Anual de Energia Final por uso.....	71
Figura 43- Pormenores construtivos	74
Figura 44- Vãos Envidraçados	75
Figura 45- Corte I.....	76
Figura 46- Corte II	77
Figura 47- Imagens da cozinha	80
Figura 48- Imagens do controlador manual do AVAC	80
Figura 49- Imagens dos depósitos de AQS	81
Figura 50- Imagem da Sala de Aula.....	81
Figura 51- Foto da Central Térmica	82
Figura 52- Foto da Central Térmica II	82

Índice de Tabelas

Tabela 1- Paredes exteriores	15
Tabela 2- Cobertura Exterior.....	16
Tabela 3- Pavimento em contacto com o solo.....	17
Tabela 4- Vãos envidraçados	18
Tabela 5- Principais características do sistema de AVAC	19
Tabela 6- Características da caldeira.....	19
Tabela 7 - Perfil de utilização do espaço.....	20
Tabela 8- Levantamento das luminárias.....	25
Tabela 9- Luminárias por zona.....	26
Tabela 10- Perfil iluminação nas zonas térmicas	27
Tabela 11- Perfil de utilização nas zonas complementares	28
Tabela 12 - Equipamentos na zona térmica.....	29
Tabela 13 - Principais equipamentos na zona complementar	30
Tabela 14 - Perfil da utilização dos equipamentos na zona térmica.....	31
Tabela 15 - Perfil da utilização dos equipamentos na zona complementar.....	32
Tabela 16- Necessidades Anuais em Energia Útil	34
Tabela 17-Consumos anuais de energia final, por uso.....	35
Tabela 18- Consumos anuais de energia final, por fonte de energia.....	35
Tabela 19- síntese dos parâmetros de entrada no modelo	36
Tabela 20- Forma de cálculo do IEEs	37
Tabela 21- valores de cálculo da classe energética	38
Tabela 22- Classe energética.....	38
Tabela 23- Consumo anual de eletricidade com o período de férias.....	40
Tabela 24- Análise da faturação.....	53
Tabela 25- Proposta de distribuição dos painéis	60
Tabela 26- Orçamento para implementação dos sistema fotovoltaico	61
Tabela 27- média de custo por Kwh.....	65
Tabela 28- Diferenças no consumo de eletricidade após as medidas de melhoria.....	70
Tabela 29- Estudo dos perfis dos alunos	78

Abreviaturas e Simbologia

AVAC: Aquecimento Ventilação e Ar condicionado

RSECE: Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em edifícios

RECS: Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

kW: Kilowatt

UTA: Unidade de tratamento de ar

XPS Poliestireno expandido extrudido

Λ : Condutibilidade térmica $W/(m.^{\circ}C)$

R: Resistência térmica $(m^2/W.^{\circ}C)$

CO₂: Dióxido de Carbono

Capítulo I

Introdução

1.1- Enquadramento

Sendo o sector dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% [1] da energia final na Europa. No entanto, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas eficiência energética, o que pode representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO₂ – quase a totalidade do compromisso da UE no âmbito do Protocolo de Kyoto[2].

Para fazer face a esta situação, os Estados-Membros têm vindo a promover um conjunto de medidas com vista a promover a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios. É neste contexto que surge a Diretiva nº 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

Os objetivos da Diretiva nº 2002/91/CE passam pelo enquadramento geral para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios, aplicação dos requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios bem como dos grandes edifícios existentes que sejam sujeitos a importantes obras de renovação, certificação energética dos edifícios e a inspeção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado nos edifícios e, complementarmente, a avaliação da instalação de aquecimento quando as caldeiras tenham mais de 15 anos. Destaque para a necessidade da implementação de um sistema de certificação energética de forma a informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, aquando da construção, da venda ou do arrendamento dos mesmos, permitindo aos futuros utilizadores a obtenção de informações sobre os consumos de energia potenciais (para novos edifícios), reais ou aferidos para padrões de utilização típicos (para edifícios existentes).

1.2- Consumo de Energia em Portugal

Analisando os dados disponíveis sobre o consumo de energia em Portugal , no caso recorrendo aos indicadores disponíveis [3]:

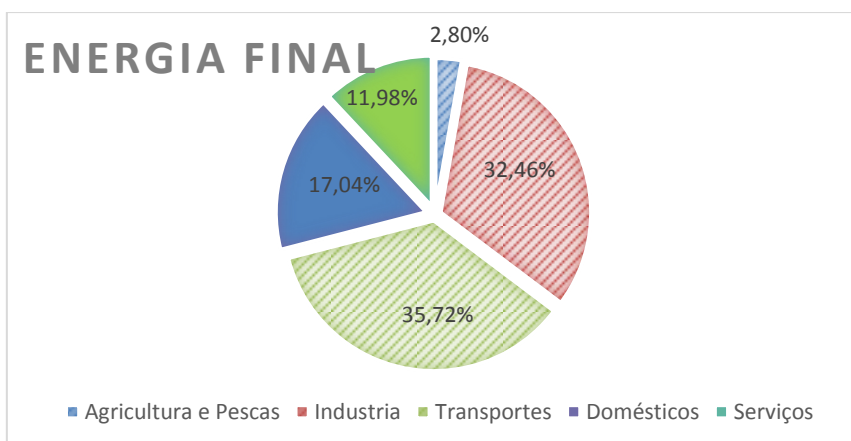


Figura 1 Energia Final [3]

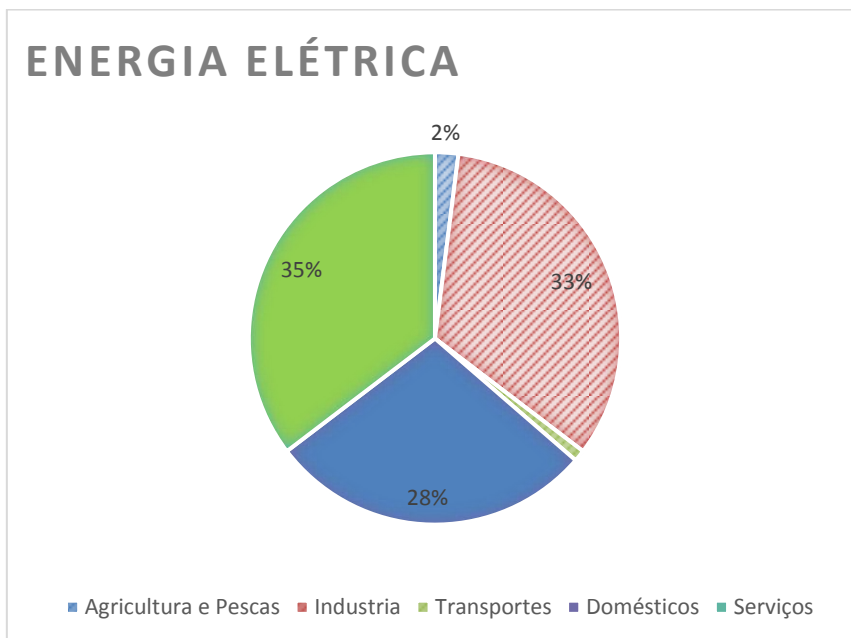


Figura 2- Energia Elétrica [3]

Pode-se verificar que os Edifícios representam 29% da Energia Final, por outro lado se verificamos os consumos de energia eléctrica verifica-se que os Edifícios representam 62% do total de consumo da Energia Elétrica.

1.3- Evolução Legislativa em Portugal

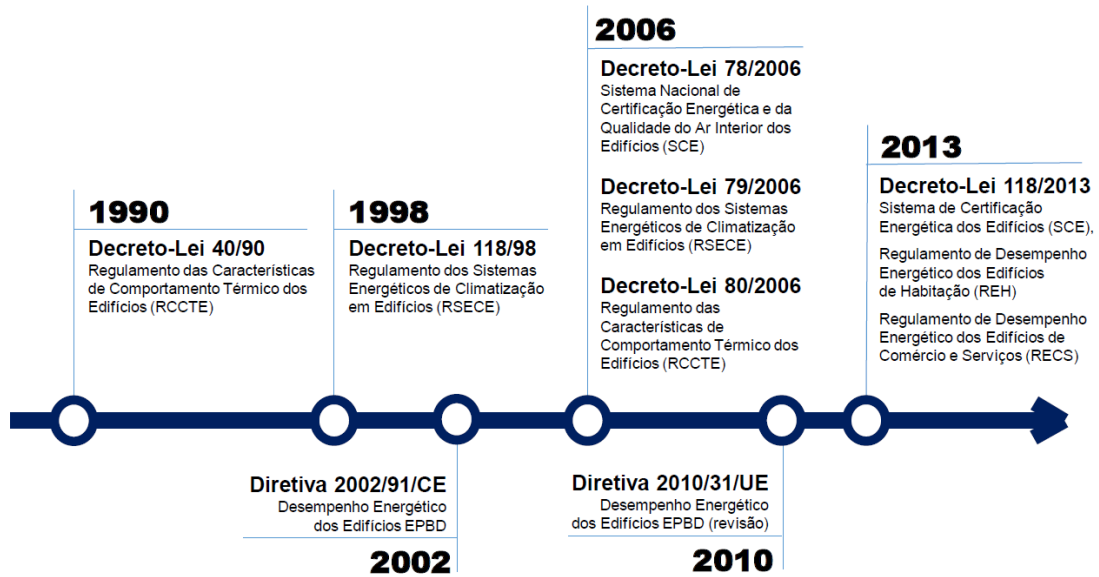


Figura 3- Evolução Legislativa em Portugal

1.4- Legislação em Vigor

Decreto-Lei n.º 118/2013. D.R. n.º 159, Série I de 2013-08-20

Aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

Portaria n.º 349-A/2013. D.R. n.º 232, Suplemento, Série I de 2013-11-29

Determina as competências da entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), regulamenta as atividades dos técnicos do SCE, estabelece as categorias de edifícios, para efeitos de certificação energética, bem como os tipos de pré-certificados e certificados SCE e responsabilidade pela sua emissão, fixa as taxas de registo no SCE e estabelece os critérios de verificação de qualidade dos processos de certificação do SCE, bem como os elementos que deverão constar do relatório e da anotação no registo individual do Perito Qualificado (PQ).

Portaria n.º 349-B/2013. D.R. n.º 232, Suplemento, Série I de 2013-11-29

Define a metodologia de determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificados e certificados SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção.

Portaria n.º 349-C/2013. D.R. n.º 233, 2.º Suplemento, Série I de 2013-12-02

Estabelece os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação, bem como de autorização de utilização.

Portaria n.º 349-D/2013. D.R. n.º 233, 2.º Suplemento, Série I de 2013-12-02

Estabelece os requisitos de conceção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, dos edifícios sujeitos a grande intervenção e dos edifícios existentes.

Despacho (extrato) n.º 15793-C/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03

Procede à publicação dos modelos associados aos diferentes tipos de pré-certificado e certificado do sistema de certificação energética (SCE) a emitir para os edifícios novos, sujeitos a grande intervenção e existentes.

Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03

Estabelece os fatores de conversão entre energia útil e energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária.

Despacho (extrato) n.º 15793-E/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03

Estabelece as regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes.

Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03

Procede à publicação dos parâmetros para o zonamento climático e respetivos dados.

Despacho (extrato) n.º 15793-G/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03

Procede à publicação dos elementos mínimos a incluir no procedimento de ensaio e receção das instalações e dos elementos mínimos a incluir no plano de manutenção (PM) e respetiva terminologia.

Despacho (extrato) n.º 15793-H/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03

Estabelece as regras de quantificação e contabilização do contributo de sistemas para aproveitamento de fontes de energia de fontes de energia renováveis, de acordo com o tipo de sistema.

Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03

Estabelece as metodologias de cálculo para determinar as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento e arrefecimento ambiente, as necessidades nominais de energia útil para a produção de águas quentes sanitárias (AQS) e as necessidades nominais anuais globais de energia primária.

Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03

Procede à publicação das regras de determinação da classe energética.

Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03

Publicação dos parâmetros térmicos para o cálculo dos valores que integram o presente despacho.

Despacho (extrato) n.º 15793-L/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03

Procede à publicação da metodologia de apuramento da viabilidade económica da utilização ou adoção de determinada medida de eficiência energética, prevista no âmbito de um plano de racionalização energética.

1.5- Principais objetivos de uma Auditoria Energética

Uma auditoria energética tem como principais objetivos:

- 1 Análise das condições de utilização de energia nas instalações;
- 2 Avaliação do estado de funcionamento de equipamentos e sua manutenção;
- 3 Levantamento de potenciais medidas de economia;
- 4 Certificação energética.

Capítulo II

Metodologia Aplicada

2.1- Planeamento

Tratando-se de um edifício com uma área útil de 4222,28 m², construído em 2011 percebe-se desde logo que o levantamento assume uma maior importância não só pelas quantidades de equipamentos instalados, bem como pela dimensão do equipamento AVAC instalado, que representa inubilmemente uma das maiores fatias no consumo energético, que levou a ter uma atenção especial aos consumos deste equipamento. Tendo sido instalados nos quadros elétricos contadores parciais para estes equipamentos, após este passo definiu-se agrupamentos de áreas cujas características são semelhantes, por exemplo todas as salas de aulas possuem a mesma área e a mesma iluminação, seguidamente foi efetuado um levantamento o mais rigoroso possível da ocupação da escola e por fim a definição dos perfis mais adequado de utilização.

2.2- Trabalho de campo

Dando seguimento ao planeamento efetuado, teve-se que levantar toda a iluminação usada (tipo e potências), por cada divisão, bem como áreas térmicas e complementares e as características principais dos equipamentos instalados.

2.3- Tratamento da informação recolhida

Após os levantamentos referidos no número anterior a informação foi tratada com recurso a várias ferramentas, tais como as folhas de cálculo QVentila para calcular o caudal mínimo da ventilação, o iteconsptenciaseperfspesscv para poder-se definir os perfis de utilização tanto dos equipamentos como da iluminação e o STE Monozona para se poder simular todos os consumos e classificar o edifício, também foi usado o Solterm para calcular a contribuição dos painéis solares no sistema.

2.4- Construção de um modelo teórico de consumo energético

Com o agrupar dos dados obtidos, foi possível a construção de um modelo teórico de consumo energético, modelo esse que foi aproximado o mais possível com a realidade existente.

2.5- Comparação de valores do modelo teórico com as faturas anuais energéticas

Por fim pretende-se comparar os valores teóricos à realidade dos consumos anuais deste edifício.

Capítulo III

Características do Edifício

3.1- Caracterização do espaço

Edifício escolar, situado na periferia de uma zona urbana, no Continente, zona climática I2- V3- S em Vila Nova da Barquinha, a uma altitude de 168 metros, com uma distância à costa superior a 5 km, composto por 2 pisos, uma área coberta de 4222,28 m² e uma altura de 8,10 metros. A inércia térmica da construção é forte e não tem elementos próximos no espaço vizinho envolvente.



Figura 4- Ilustração da Escola

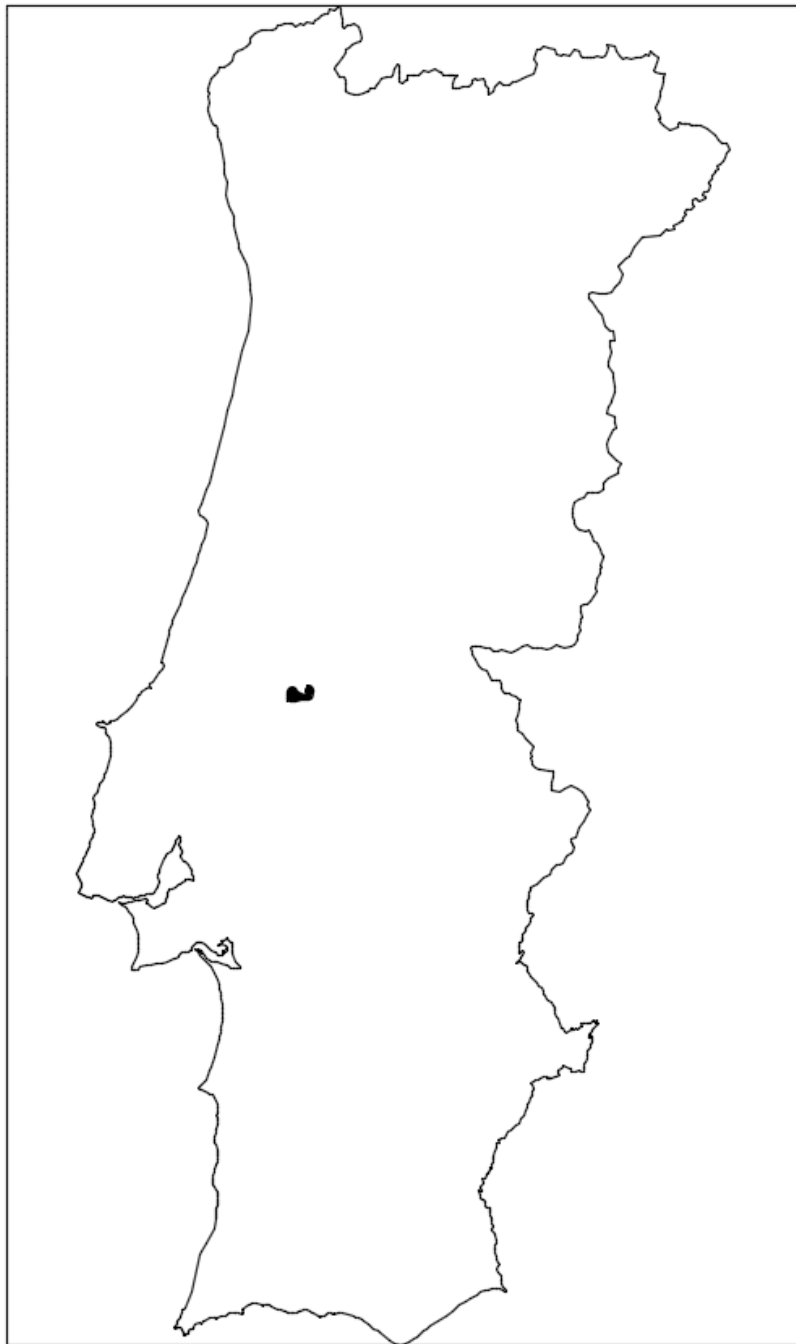


Figura 5- Mapa de Localização

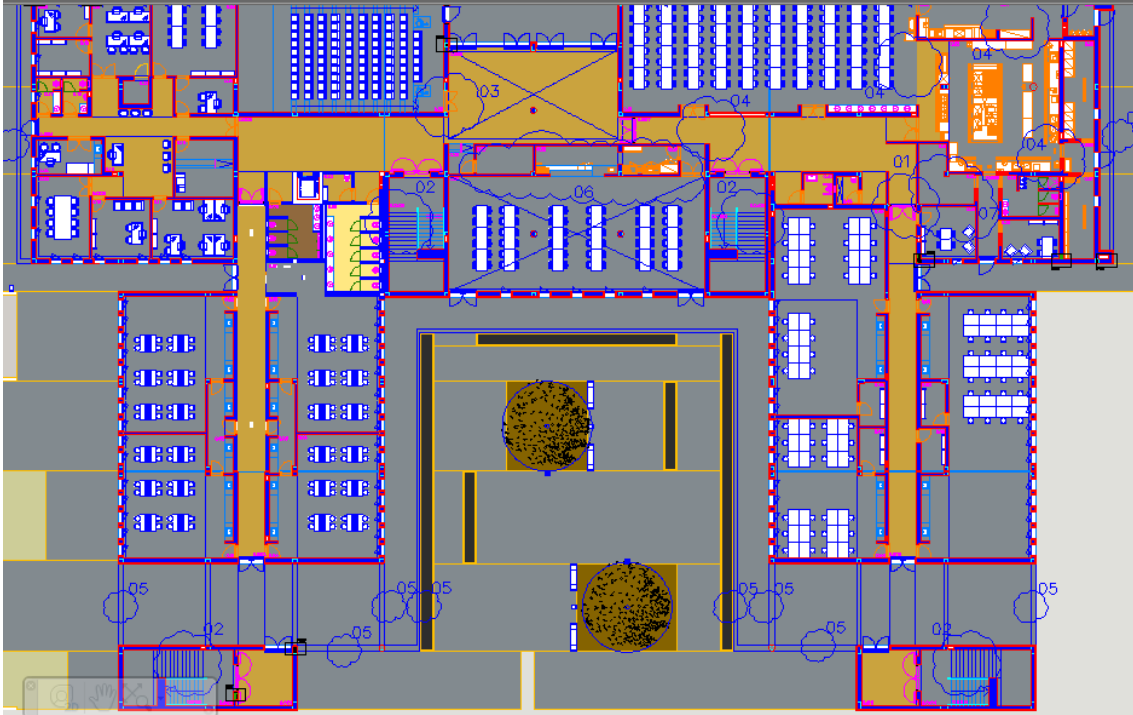


Figura 6- Planta do piso inferior

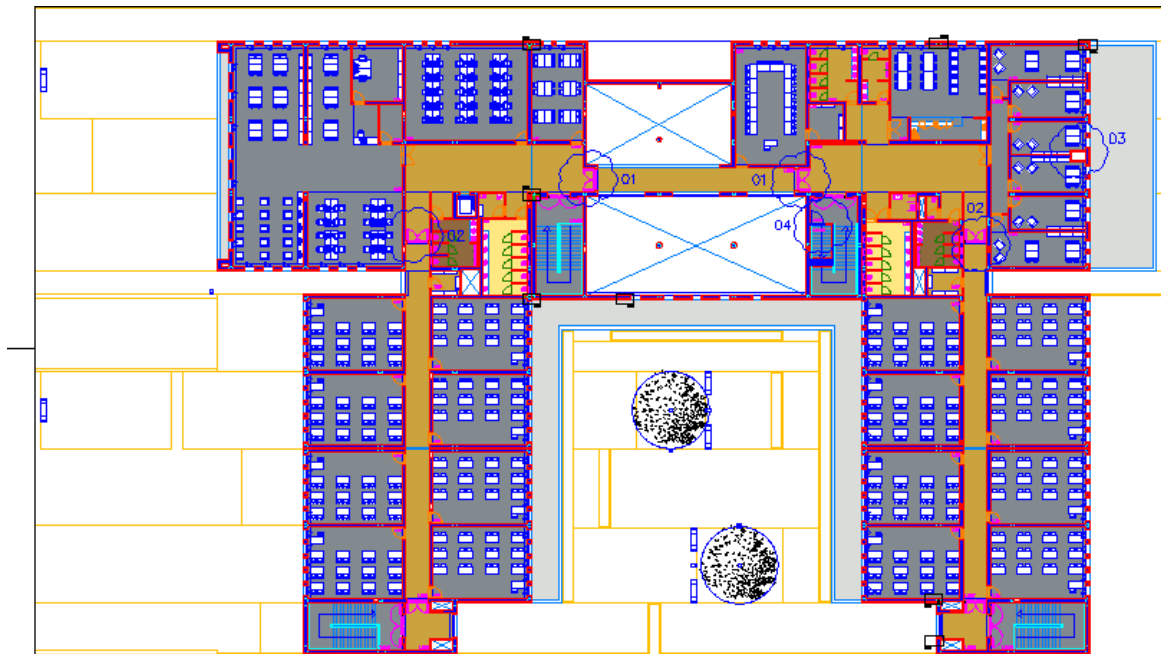


Figura 7- Planta do piso superior

3.2- Envoltente exterior

3.2.1- Isolamento

Este edifício utiliza o sistema Capote que serve para isolar de maneira segura e contínua as paredes compostas por diferentes materiais; esta diversidade de materiais condiciona o comportamento térmico, características mecânicas ou mesmo o aspeto superficial. Estas diversidade de materiais são muito frequentes na construção civil, e são causa de diferentes fenómenos, entre os quais, a formação de pontes térmicas.

3.2.2- Características das paredes da envoltente exterior

As paredes exteriores são constituídas pelos materiais referidos na tabela I.

Tabela 1- Paredes exteriores

PAREDES EXTERIORES [0,39m]						Código
Sistema Capote (PDE1) de cor clara com 0,39m de espessura total, constituída por Reboco Exterior com 0,02m de espessura e condutibilidade térmica de 1,8W/m.°C. Bloco de betão BT30 com 0,3m de espessura e resistência térmica de 0,59m ² C/W. Reboco Interior com 0,02m de espessura e resistência térmica de 0,01m ² C/W. Isolamento Térmico em eps com 0,05m de espessura e condutibilidade térmica de 0,037W/m.°C.						PDE1
Constituição	Massa Vol. (Kg/m ³)	Massa Sup. (Kg/m ²)	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² /W.°C)	Referências
Reboco Exterior	2000	40	0,02	1,8	0,01	ITE50[6]
Bloco de betão BT30	1200	360	0,3	0,51	0,59	ITE50[6]
Reboco Interior	2000	40	0,02	1,8	0,01	ITE50[6]
Isolamento Térmico em eps	20	1	0,05	0,037	1,35	ITE50[6]
R se =					0,04	
R si =					0,13	
$Msi [kg/m^2] = 0$					R se+ $\sum R_j$ +R si = 2,13	
Esp. [m] = 0,39					U [W/(m ² .°C)] = 0,47	
					Umáx [W/(m ² .°C)] = 1,75	

3.2.3- Coberturas da envolvente exterior

A cobertura exterior apresenta é constituída pelos elementos constantes na tabela 2

Tabela 2- Cobertura Exterior

COBERTURA EXTERIOR [0,62m]						Código
Cobertura exterior invertida não transitável (CBE1)Seixo Rolado com 0,03m de espessura e condutibilidade térmica de 2W/m.°C.AF26 com 0,02m de espessura e condutibilidade térmica de 0,2W/m.°C. Isolamento Térmico em XPS com 0,04m de espessura e condutibilidade térmica de 0,037W/m.°C. com m de espessura e condutibilidade térmica de 0m2°C/W. Laje Maciça com 0,2m de espessura e resistência térmica de 0,1W/m.°C e Placa de Gesso com 0,03m de espessura e condutibilidade térmica de 0,25W/m.°C. Pelo que terá um valor de U'Desc=1,8W/m2°C.						CBE1
Constituição	Massa Vol. (Kg/m ³)	Massa Sup. (Kg/m ²)	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² /W.°C)	Referências
Seixo Rolado	3000	90	0,03	2	0,02	ITE50[6]
Geotextil	910	18,2	0,02	0,2	0,10	ITE50[6]
Isolamento Térmico em XPS	40	1,6	0,04	0,037	1,08	ITE50[6]
Betonilha de Regularização	2300	115	0,05	1,65	0,03	ITE50[6]
Laje Maciça	2400	480	0,2	2	0,10	ITE50[6]
Caixa de Ar	0,28				0,16	ITE50[6]
Placa de Gesso	1000	30	0,03	0,25	0,12	ITE50[6]
					Asc	Desc
					R se =	0,04
					R si =	0,17
Msi [kg/m²] =	0				R se+ \sum Rj+R si =	1,75
Esp. [m] =	0,62				U [W/(m².°C)] =	0,57
					Umáx [W/(m ² .°C)] =	1,25

3.2.4- Perímetro do pavimento em contacto com o solo, com cota superior ou igual à do terreno exterior

O pavimento em contacto com o solo apresenta as características da tabela III

Tabela 3- Pavimento em contacto com o solo

PAVIMENTO EM CONTACTO COM O TERRENO [0,54m]						Código
Pavimento em contacto com o terreno (PVT1), com isolamento térmico, sendo constituído (do interior da habitação para o terreno) por Linóleo com 0,01m de espessura e condutibilidade térmica de 0,17W/m.°C. Betonilha de Regularização com 0,05m de espessura e condutibilidade térmica de 1,65W/m.°C. Betão Armado com 0,1m de espessura e condutibilidade térmica de 0,043W/m.°C com Betonilha de Regularização com 0,02m de espessura e condutibilidade térmica de 1,8W/m.°C,eBetonilha de Regularização com Tout-venantm de espessura e condutibilidade térmica de 2W/m.°C.						PVT1
Constituição	Massa Vol. (Kg/m ³)	Massa Sup. (Kg/m ²)	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² /W.°C)	Referências
Linóleo	1200	12	0,01	0,17	0,06	ITE50[6]
Betonilha de Regularização	2300	115	0,05	1,65	0,03	ITE50[6]
Betão Armado	2300	230	0,1	0,04	2,30	ITE50[6]
Geotextil	910	18,2	0,02	2,00	0,10	ITE50[6]
Isolamento Térmico em XPS	40	1,6	0,04	0,037	1,08	ITE50[6]
Betonilha de Regularização	2000	40	0,02	1,8	0,01	ITE50[6]
Tout-venant	1700	510	0,3	2	0,15	ITE50[6]
					Asc	Desc
					R si =	0,17
					R se =	0,04
Msi [kg/m ²] =	150	R si+∑Rj+R si =			3,87	3,94
Esp. [m] =	0,54	Ulna [W/(m ² .°C)] =			0,26	0,25
Umáx [W/(m ² .°C)] =					0,55	0,51

3.2.5- Vãos envidraçados exteriores

As janelas são constituídas por um vão fixo + Janela de batente + Janela basculante, vidro exterior temperado de 8mm, com capa de proteção solar do tipo “Antellio clear” ou equivalente, caixa de ar de 10 mm, vidro interior temperado de 8mm. A soleira é de chapa de aço de 3mm de espessura com pingadeira. As portas exteriores são portas de batente, de duas folhas de abertura para o exterior vidro exterior temperado de 8mm, com capa de proteção solar do tipo “Antellio clear” ou equivalente, caixa de ar de 10 mm, vidro interior temperado de 8mm. A soleira é de chapa de aço de 3mm de espessura com pingadeira.

Todas as janelas estão equipadas com cortinas interiores opacas e possuem um sombreamento normal. Na tabela IV podemos verificar as características dos vãos envidraçados.

Tabela 4- Vãos envidraçados

Envolvente	Orientação	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)	g _{vidro}	g _{inverno}
Frente	Norte	128,40	1,60	0,75	0,75
Lt Nordeste	Nordeste	112,80	1,60	0,75	0,75
Lt Sudeste	Sudeste	112,80	1,60	0,75	0,75
Traseira	Sul	50,40	1,60	0,75	0,75
Lt Int Sudeste	Sudeste	112,80	1,60	0,75	0,75
Lt Int Nordeste	Noroeste	112,80	1,60	0,75	0,75

3.3- Sistemas de climatização e controlo

Este edifício está equipado com um sistema AVAC que usa um chiller, cinco UTA's e uma caldeira, cujas características estão especificadas na tabela I:

Tabela 5- Principais características do sistema de AVAC

Equipamento	Potência de Aquecimento	Potência de Arrefecimento	Caudal de Ar Novo	Caudal de Retorno
Uta 1	43.40 kW	---	14275 m ³	13000 m ³
Uta 2	47.10 kW	---	15500 m ³	14600 m ³
Uta 3	36.20 kW	41.90 kW	3800 m ³	3800 m ³
Uta 4	35.00 kW	27.80 kW	8450 m ³	7000 m ³
Uta 5	47.20 kW	31.20 kW	13520 m ³	8110 m ³
Chiller	95.10 kW	100.90 kW	---	---
Caldeira	231.09 kW	---	---	---

A caldeira serve para as AQS e também como fonte de calor para a Uta 1 e Uta 2. Possui também um sistema centralizado de controlo do AVAC que permite controlar as temperaturas mínimas e máximas das UTA'S, e os horários de funcionamento.

3.4- Água quente sanitária (AQS)

As águas quentes sanitárias deste edifício são garantidas por uma caldeira pressurizada com sistema de reversão de chama na câmara de combustível e feixe tubular no passe dos fumos, alto rendimento térmico, cerca de 92% , alimentada a gás natural, com 231,09 kW de potência nominal.

Tabela 6- Características da caldeira

Potência Nominal útil KW		Gasto Calorífico P.C.I KW		Conteúdo de água	Pressão Máxima de Funcionamento	Perca de carga água	
Máx	Min	Máx	Min	dm ³	bar	$\Delta 10^{\circ}\text{C } \Delta p$ mbar	$\Delta 20^{\circ}\text{C } \Delta p$ mbar
240	150	261	172	222	6	6,5	3

Contribuem também para as águas quentes sanitárias 2 coletores solares situados na cobertura que contribuem em 443 KW/ ano (dados da aplicação SOLTERM) com o apoio de dois depósitos interiores com a capacidade de 500 litros cada.

O edifício apresenta um consumo diário de cerca de 5700 litros de águas quentes, consumo obtido através da leitura do contador da água.

3.5- Utilização do espaço

Este Estabelecimento de ensino é frequentado por 612 pessoas, divididas entre Docentes, Não Docentes e Alunos.

3.6- Ocupação do espaço

Recorrendo à análise dos horários das turmas, professores, auxiliares e pessoal administrativo chegou-se ao seguinte perfil de utilização:

Tabela 7 - Perfil de utilização do espaço

Tempos		Total de ocupantes					
Início	Fim	segunda	terça	quarta	quinta	sexta	Média
08:30	09:20	536	493	521	521	521	518
09:30	10:20	612	612	612	612	612	612
10:40	11:30	612	612	612	612	612	612
11:40	12:30	612	612	612	612	612	612
12:40	13:30	405	363	583	418	441	442
13:30	14:20	413	291	15	260	240	244
14:30	15:20	550	541	48	534	549	444
15:30	16:20	513	504	48	473	512	410
16:25	17:15	368	366	42	358	242	275
17:25	18:00	9	9	9	9	9	9
18:00	19:00	7	7	7	7	7	7
19:00	20:00	7	7	7	7	7	7

3.7- Iluminação

Foi levantado toda a iluminação bem como as características da mesma.

3.7.1- Iluminação interior

Foi levantado todos os tipos de luminárias instaladas na escola, nesse levantamento constatou-se que as referências das luminárias são [4]:

Referência A



Figura 8- Luminária Estudio 652

Modelo: Encastrada Estudio 652-IET-D/EL 2XT5(G5),
tipo Indal
Potência:35W
Quantidade de lâmpadas: 2
Lux: 840

Referência B



Figura 9- Luminária Estudio 402

Modelo: Encastrada Estudio 402 IET-D/EL 2XT5(G5), tipo Indal
Potência:54W
Quantidade de lâmpadas: 2
Lux: 840

Referência C



Figura 10-Luminária Cosmo

Modelo: Saliente Cosmo2 68480EL 1XT5 IP 65
Potência:35W
Quantidade de lâmpadas: 1
Lux: 830

Referência D



Figura 11- - Luminária
Downlight Pro

Modelo: Downlight pro 1170EL/BL 2XTCDEL

Potência:18W Quantidade de lâmpadas: 2

Lux: 830

Referência E



Figura 12- Luminária
Downlight Duo

Modelo: Downlight DUO 18218EL/BL 2XTCDEL

Potência:18W

Quantidade de lâmpadas: 2

Lux: 830

Referência F



Figura 13- Luminária
Downlight Star

Modelo: Downlight Star 94226EL/G 2/TCDEL

Potência:18W

Quantidade de lâmpadas: 2

Lux: 830

Referência G



Modelo: DUO 18226EL/BL 2XTCDEL

Potência:26W

Quantidade de lâmpadas: 2

Figura 14- Luminária DUO
18226

Referência I



Modelo: Emergência Permanentes

Potência:8W

Quantidade de lâmpadas: 1

Figura 15- Luminárias
Emergência

3.7.2 - Iluminação exterior

Referência J



Modelo: Domus UX-SPT 1XSON(E40) IP55 IK09+Ervion/4M/CH

Potência:100W

Quantidade de lâmpadas: 1

Figura 16-
Luminária
Domus

Referência K



Modelo: KALANK REF 540170

Potência:7W

Quantidade de lâmpadas: 1

Figura 17- Luminária
Kalank

3.7.3- Levantamento das Quantidades existentes

Seguidamente efetuou-se o levantamento das quantidades existentes por referência:

Tabela 8- Levantamento das luminárias

Referência	Luminárias	Potência (W)	Quantidade lâmpadas	LUX	Quantidade	Total (W)
A	Encastrada Estudio 652-IET-D/EL 2XT5(G5), tipo Indal	35	2	840	273	19110
B	Encastrada Estudio 402 IET-D/EL 2XT5(G5), tipo Indal	54	2	840	26	2808
C	Saliente Cosmo2 68480EL 1XT5 IP 65	35	1	830	65	2275
D	Downlight pro 1170EL/BL 2XTCDEL	18	2	830	61	2196
E	Downlight DUO 18218EL/BL 2XTCDEL	18	2	830	0	0
F	Downlight Star 94226EL/G 2/TCDEL	26	2	840	33	1716
G	Downlight DUO 18226EL/BL 2TCDEL	26	2	830	171	8892
H	Encastarda DKV211 218 BE tipo EEE	36	1		0	0
I	Emergência permanentes	8	1		146	1168
J	Domus UX-SPT 1XSON(E40) IP55 IK09+Ervion/4M/CH	100	1		23	2300
K	KALANK REF 540170	7	1		4	28

3.7.4- Divisão das luminárias por zonas

Para se poder efetuar os perfis de utilização a escola foi agrupada por zonas de acordo com o tipo de utilização, bem como a respetiva zona térmica que por definição corresponde ao espaço ou conjunto de espaços passíveis de serem considerados em conjunto devido às suas similaridades em termos de perfil de utilização, iluminação e equipamentos, ventilação mecânica e sistema de climatização. Quanto aos espaços climatizados, igualmente devido às similaridades em termos de condições de exposição solar [5] ou a zona complementar que é a zona térmica sem ocupação humana permanente atual ou prevista e sem consumo de energia atual ou previsto associado ao aquecimento ou arrefecimento ambiente, incluindo cozinhas, lavandarias e centros de armazenamento de dados [5];

Tabela 9- Luminárias por zona

Descrição	Zona	Referência das luminárias									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Salas de Aula	Térmica	178	0	0	0	0	0	0	0	27	0
Gestão Escolar	Térmica	0	20	0	0	0	0	0	0	6	0
Sala convívio	Térmica	75	0	7	0	0	32	3	0	17	0
Corredores circulação	Complementar	0	0	6	0	0	1	140	0	39	0
Escadas	Complementar	0	0	7	0	0	0	21	0	15	0
WC	Complementar	0	0	2	61	0	0	2	0	13	0
Cozinha	Complementar	0	0	16	0	0	0	0	0	6	0
Arrumações	Complementar	8	2	8	0	0	0	5	0	14	0
Gabinetes	Térmica	12	4	0	0	0	0	0	0	7	0

3.7.5- Perfil do horário da iluminação usado

Tendo sido estudado a utilizações dos espaços e divididos de acordo com a zona onde se encontra chegou-se aos perfis a usar que serão então:

3.7.6- Perfil da iluminação nas zonas térmicas

Através do estudo do período de funcionamento e dos horários das turmas, recorrendo à ajuda do ficheiro excel que se anexa efetuou-se o seguinte perfil:

Tabela 10- Perfil iluminação nas zonas térmicas

Iluminação - Perfil Horário (% do máximo)			
	Segunda a Sexta	Sábado	Domingo
0:00 - 1:00	29	29	29
1:00 - 2:00	29	29	29
2:00 - 3:00	29	29	29
3:00 - 4:00	29	29	29
4:00 - 5:00	29	29	29
5:00 - 6:00	29	29	29
6:00 - 7:00	29	29	29
7:00 - 8:00	29	29	29
8:00 - 9:00	83	29	29
9:00 - 10:00	100	29	29
10:00 - 11:00	100	29	29
11:00 - 12:00	94	29	29
12:00 - 13:00	39	29	29
13:00 - 14:00	83	29	29
14:00 - 15:00	100	29	29
15:00 - 16:00	100	29	29
16:00 - 17:00	100	29	29
17:00 - 18:00	61	29	29
18:00 - 19:00	61	29	29
19:00 - 20:00	29	29	29
20:00 - 21:00	29	29	29
21:00 - 22:00	29	29	29
22:00 - 23:00	29	29	29
23:00 - 24:00	29	29	29

Potência Média Absorvida (ILUMINAÇÃO) (W)

16471,12

3.7.7- Perfil da iluminação nas zonas complementares

Usando o mesmo método:

Tabela 11- Perfil de utilização nas zonas complementares

Iluminação - Perfil Horário (% do máximo)			
	Segunda a Sexta	Sábado	Domingo
0:00 - 1:00	8	8	8
1:00 - 2:00	8	8	8
2:00 - 3:00	8	8	8
3:00 - 4:00	8	8	8
4:00 - 5:00	8	8	8
5:00 - 6:00	8	8	8
6:00 - 7:00	8	8	8
7:00 - 8:00	8	8	8
8:00 - 9:00	13	8	8
9:00 - 10:00	32	8	8
10:00 - 11:00	81	8	8
11:00 - 12:00	81	8	8
12:00 - 13:00	100	8	8
13:00 - 14:00	81	8	8
14:00 - 15:00	81	8	8
15:00 - 16:00	100	8	8
16:00 - 17:00	75	8	8
17:00 - 18:00	35	8	8
18:00 - 19:00	21	8	8
19:00 - 20:00	35	8	8
20:00 - 21:00	8	8	8
21:00 - 22:00	8	8	8
22:00 - 23:00	8	8	8
h23:00 - 24:00	8	8	8

Potência Média Absorvida (ILUMINAÇÃO) (W)	8475,6
---	--------

3.8- Equipamentos

3.8.1- Principais Equipamentos na zona térmica

Tabela 12 - Equipamentos na zona térmica

Referência	Descrição	Marca/Modelo	Número de unidades semelhantes e com perfil de utilização semelhante	Potência em Utilização (W)
Equip. 1	VRF Exterior Sala Professores	Samsung RD 100HHXGA	1	9000
Equip. 2	VRF Exterior Sala Administrativa	Samsung RD 100HHXGA	1	9000
Equip. 3	VRF Exterior Enfermagem + Cozinha+Biblioteca	Samsung RD 100HHXGA	1	9000
Equip. 4	Computadores + Monitores	HP	20	120
Equip. 7	Chiller	Climoveneta	1	50000
Equip. 11	Hotte química	Deca	1	70
Equip. 12	Caldeira	Ferrolli	1	231,09
Equip. 13	Ac sala dos professores	Samsung	6	37
Equip. 14	AC Direção	Samsung	6	37
Equip. 15	AC enfermagem	Samsung	6	37
Equip. 16	Maq Café	Fiama	1	3800
Equip. 17	Tostadeira e torradeira	Fiama	2	3000

Potência Média Absorvida (máximo de consumo variável) (W)	24981,527
---	-----------

Potência Média Absorvida (consumo fixo) (W)	70
---	----

3.8.2- Principais equipamentos na zona complementar

Tabela 13 - Principais equipamentos na zona complementar

Referência	Descrição	Marca/Modelo	Número de unidades semelhantes e com perfil de utilização semelhante	Potência em Utilização (W)
Equip. 1	Hotte	Sandometal	1	11000
Equip. 2	Ventiladores WC	Desconhecida	2	2000
Equip. 3	Panela	Fagor MG9-15	2	23002
Equip. 4	Bascolante	Fagor SBE9-15M	2	18000
Equip. 5	Grelhador	Fagor FTG-910	1	18680
Equip. 6	Forno	Desconhecida	2	4000
Equip. 7	Fogão	Desconhecida	1	17300
Equip. 8	Frigoríficos	Fagor	8	1334
Equip. 9	Maq Lavar Loiça	Fagor FI-30	2	3450

Potência Média Absorvida (máximo de consumo variável) (W)	98695,6
---	---------

Potência Média Absorvida (consumo fixo) (W)	-
---	---

3.8.3- Perfil da utilização dos equipamentos

De acordo com o levantamento efetuado, foram usados os perfis descritos no ponto 3.8.3.1 e 3.8.3.2.

3.8.3.1- Perfil da utilização dos equipamentos na zona térmica

Tabela 14 - Perfil da utilização dos equipamentos na zona térmica

Equipamento - Perfil Horário (% do máximo)			
	Segunda a Sexta	Sábado	Domingo
0:00 - 1:00	3	0	0
1:00 - 2:00	3	0	0
2:00 - 3:00	3	0	0
3:00 - 4:00	3	0	0
4:00 - 5:00	3	0	0
5:00 - 6:00	3	0	0
6:00 - 7:00	3	0	0
7:00 - 8:00	3	0	0
8:00 - 9:00	7	0	0
9:00 - 10:00	13	0	0
10:00 - 11:00	96	0	0
11:00 - 12:00	100	0	0
12:00 - 13:00	7	0	0
13:00 - 14:00	11	0	0
14:00 - 15:00	11	0	0
15:00 - 16:00	7	0	0
16:00 - 17:00	7	0	0
17:00 - 18:00	7	0	0
18:00 - 19:00	3	0	0
19:00 - 20:00	3	0	0
20:00 - 21:00	3	0	0
21:00 - 22:00	3	0	0
22:00 - 23:00	3	0	0
23:00 - 24:00	3	0	0

3.8.3.2- Perfil da utilização dos equipamentos na zona complementar

Tabela 15 - Perfil da utilização dos equipamentos na zona complementar

Equipamento - Perfil Horário (% do máximo)			
	Segunda a Sexta	Sábado	Domingo
0:00 - 1:00	3	0	0
1:00 - 2:00	3	0	0
2:00 - 3:00	3	0	0
3:00 - 4:00	3	0	0
4:00 - 5:00	3	0	0
5:00 - 6:00	3	0	0
6:00 - 7:00	3	0	0
7:00 - 8:00	3	0	0
8:00 - 9:00	7	0	0
9:00 - 10:00	13	0	0
10:00 - 11:00	96	0	0
11:00 - 12:00	100	0	0
12:00 - 13:00	7	0	0
13:00 - 14:00	11	0	0
14:00 - 15:00	11	0	0
15:00 - 16:00	7	0	0
16:00 - 17:00	7	0	0
17:00 - 18:00	7	0	0
18:00 - 19:00	3	0	0
19:00 - 20:00	3	0	0
20:00 - 21:00	3	0	0
21:00 - 22:00	3	0	0
22:00 - 23:00	3	0	0
23:00 - 24:00	3	0	0

Capítulo IV

Sínteses dos resultados

4.1- Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento

As necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento são determinadas, de acordo com o Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013 [7] , considerando:

- a) O método sazonal de cálculo de necessidades de aquecimento de edifícios e as adaptações permitidas pela referida norma;
- b) Cada edifício e/ou fração autónoma do edifício como uma única zona, com as mesmas condições interiores de referência;
- c) A ocorrência dos fenómenos envolvidos em regime permanente, integrados ao longo da estação de aquecimento.

4.2- Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Arrefecimento

As necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento são determinadas, de acordo com o Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013 [7] , considerando

- a) O método sazonal de cálculo de necessidades de arrefecimento de edifícios e as adaptações permitidas pela referida norma;
- b) Cada edifício e/ou fração autónoma do edifício como uma única zona, com as mesmas condições interiores de referência;
- c) A ocorrência dos fenómenos envolvidos em regime permanente, integrados ao longo da estação de arrefecimento.

4.2.1- Resultados obtidos das Necessidade Anuais em Energia Útil

Após a inserção de todos os dados no modelo de simulação, obteve-se os resultados representados na tabela 16.

Tabela 16- Necessidades Anuais em Energia Útil

Necessidades anuais que são expressas em energia útil			
edifício	total	por área da zona térmica	por área de pavimento útil
Aquecimento	531542 kWh	194,8 kWh/m ²	125,9 kWh/m ²
Arrefecimento	332233 kWh	121,7 kWh/m ²	78,7 kWh/m ²
Águas Quentes Sanitárias	84691 kWh	31,03 kWh/m ²	20,06 kWh/m ²
Águas Quentes de Piscina			
referência	total	por área da zona térmica	por área de pavimento útil
Aquecimento	86183 kWh	31,6 kWh/m ²	20,4 kWh/m ²
Arrefecimento	67645 kWh	24,8 kWh/m ²	16,0 kWh/m ²
Águas Quentes Sanitárias	84691 kWh	31,03 kWh/m ²	20,06 kWh/m ²
Águas Quentes de Piscina			

Verificando esta tabela antevê-se desde já problemas, pois o valor de referência para o Aquecimento e Arrefecimentos são muito inferiores aos apresentados pela Escola, o que irá prejudicar a classificação energética.

4.3– Consumos anuais de energia final, por uso

Na tabela 17 pretende separar os consumos de energia conforme o uso.

Tabela 17-Consumos anuais de energia final, por uso

Consumos anuais de energia final, por uso				
edifício		total	por área da zona térmica	por área de pavimento útil
Aquecimento	🚩	305382 kWh	111,9 kWh/m ²	72,3 kWh/m ²
Arrefecimento	🚩	123049 kWh	45,1 kWh/m ²	29,1 kWh/m ²
Águas Quentes Sanitárias	🚩	93023 kWh	34,1 kWh/m ²	22,0 kWh/m ²
Aquecimento de Água de Piscina	🚩			
Ventilação	🟢	91239 kWh	33,4 kWh/m ²	21,6 kWh/m ²
Bombagem	🚩	714 kWh	0,3 kWh/m ²	0,2 kWh/m ²
Humidificação e Desumidificação	🚩			
Iluminação interior	🟢	87798 kWh	32,2 kWh/m ²	20,8 kWh/m ²
Iluminação exterior et al.	🚩	38062 kWh	13,9 kWh/m ²	9,0 kWh/m ²
Equipamentos	🚩	123637 kWh	45,3 kWh/m ²	29,3 kWh/m ²
referência		total	por área da zona térmica	por área de pavimento útil
Aquecimento		49514 kWh	18,1 kWh/m ²	11,7 kWh/m ²
Arrefecimento		25054 kWh	9,2 kWh/m ²	5,9 kWh/m ²
Águas Quentes Sanitárias		98478 kWh	36,1 kWh/m ²	23,3 kWh/m ²
Aquecimento de Água de Piscina				
Ventilação		293.136 kWh	107,4 kWh/m ²	69,4 kWh/m ²
Bombagem		714 kWh	0,3 kWh/m ²	0,2 kWh/m ²
Humidificação e Desumidificação				
Iluminação interior		124642 kWh	45,7 kWh/m ²	29,5 kWh/m ²
Iluminação exterior et al.		38.062 kWh	13,9 kWh/m ²	9,0 kWh/m ²
Equipamentos		123637 kWh	45,3 kWh/m ²	29,3 kWh/m ²

4.3.1– Consumos anuais de energia final, por fonte de energia

Na tabela 18 são apresentados os consumos consoante o tipo de energia usada.

Tabela 18- Consumos anuais de energia final, por fonte de energia

Consumos anuais de energia final, por fonte de energia				
edifício		total	por área da zona térmica	por área de pavimento útil
Electricidade		603114 kWh	221,0 kWh/m ²	0,1 kWh/m ²
Combustíveis Fósseis		259347 kWh	95,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Solar Térmico		443 kWh	0,2 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Solar Fotovoltaico				
Outras Fontes Renováveis				

4.4– Parâmetros de Entrada

Na tabela 19 é apresentado uma síntese dos parâmetros de entrada no modelo.

Tabela 19- síntese dos parâmetros de entrada no modelo

Síntese dos parâmetros de entrada do modelo 5R1C						
	edifício			referência		
<i>Inércia</i>						
A_m [m ²]	8188			8188		
C_m [J/K]	709.618.000			709.618.000		
A_T [m ²]	12282			12282		
<i>Coefficientes de transferência de calor [W/K]</i>						
$H_{tr,op}$	3.447			3.236		
$H_{tr,ms}$	74.510			74.510		
$H_{tr,em}$	3.614			3.383		
$H_{tr,w}$	1.008			3.006		
$H_{tr,is}$	42.372			42.372		
<i>Utilização</i>						
$q_{ilu,u}$ [W/m ²]	6,0			8,6		
$q_{equi,u}$ [W/m ²]	9,2			9,2		
$Q_{equi,per}$ [W]	0,03			0,03		
$Q_{Hc,nd}$ [W]	0			0		
$Q_{Hc,10}$ [W]	27.293			27.293		
<i>Áreas equivalentes de captação solar [m²]</i>						
	opaca	s/proteção	c/proteção	opaca	s/proteção	c/proteção
A_N	4,35	67,41	33,26	4,67	21,87	21,87
A_{NW}	2,21	59,22	29,22	2,69	12,62	12,62
A_W						
A_{SW}	2,21	53,30	26,29	2,69	12,62	12,62
A_S	4,94	23,81	11,75	4,67	21,87	21,87
A_{SE}	2,38	53,30	26,29	2,84	13,32	13,32
A_E						
A_{NE}	2,38	59,22	26,29	2,84	13,32	13,32
A_{hor}	25,19			19,89		

4.5– Índices de Eficiência Energética

De acordo com o Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013[8] o índice de Eficiência energética é-nos dado pela seguinte fórmula[8]:

$$R_{IEE} = \frac{IEE_S - IEE_{REN}}{IEE_{ref,S}} \quad (1)$$

Sendo

IEE_S -Indicador de Eficiência Energética, obtido de acordo com o disposto na Tabela 20, consoante o tipo de edifício e se se trata de novo, existente ou sujeito a grande intervenção relativamente aos consumos do tipo S;

$IEE_{ref,S}$ - Indicador de Eficiência Energética de referência associado aos consumos anuais de energia do tipo S;

IEE_{REN} Forma de cálculo do IEE_S , para efeitos de classificação energética de Pequenos Edifícios de Comércio e Serviços (PES) e de Grandes Edifícios de Comércio e Serviços (GES).

Tabela 20- Forma de cálculo do IEEs

Tipo de edifício	Forma de cálculo do IEE_S		
	Novo	Existente	Grande intervenção
PES	$IEE_{pr,S}$	$IEE_{ef,S}$ ou $IEE_{pr,S}$	$IEE_{pr,S}$
GES	$IEE_{pr,S}$	$IEE_{ef,S}$ ou $IEE_{pr,S}$	$IEE_{pr,S}$
GES com Plano de Racionalização Energética (PRE) e medidas de melhoria no Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC)	n.a.	$IEE_{pr,S}$	n.a.
GES com PRE e outro tipo de medidas de melhoria	n.a.	$IEE_{ef,S}$ ou $IEE_{pr,S}$	n.a.

Sendo a classe atribuída de acordo com a tabela 21:

Tabela 21- valores de cálculo da classe energética

Classe Energética	Valor de R_{IEE}
A +	$R_{IEE} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{IEE} \leq 0,50$
B	$0,51 \leq R_{IEE} \leq 0,75$
B -	$0,76 \leq R_{IEE} \leq 1,00$
D	$1,51 \leq R_{IEE} \leq 2,00$
E	$2,01 \leq R_{IEE} \leq 2,50$
F	$R_{IEE} \geq 2,51$

O que segundo a simulação dará:

Tabela 22- Classe energética

Índices de Eficiência Energética		
	edifício	referência
IEE_s	322,9 kWh/m ²	305,7 kWh/m ²
IEE_T	95,7 kWh/m ²	95,7 kWh/m ²
IEE_{REN}	0,1 kWh/m ²	
IEE	418,5 kWh/m ²	401,4 kWh/m ²
R	1,06 (Classe C)	

Capítulo V

Comparação dos resultados obtidos através da simulação dinâmica e dos consumos reais do edifício.

5.1- Consumo Anual de Eletricidade

Podemos verificar que na simulação dinâmica que este edifício consumirá cerca de 603114 KWh de eletricidade, conseguiu-se verificar através da análise das faturas de 2013 que consumiu 378930 KWh o que significa que na realidade gastou-se -37,17% do que daria na simulação, sendo que esta diferença pode ser explicada com o facto de ser um Estabelecimento de Ensino, que apesar de estar sempre aberto o seu perfil de utilização muda substancialmente no períodos de intervalo letivo, ou seja quando não há aulas, evidentemente há uma substancial redução na utilização da iluminação, da ventilação e de todos os consumos em geral sendo que o ano letivo tem a duração de 166 dias, enquanto os dias úteis esperados e contabilizados na simulação são de 264 dias, para que possamos provar o afirmado, optou-se por construir um modelo para as interrupções letivas, onde obteve-se os seguintes valores:

Consumos anuais de energia final, por fonte de energia			
edifício	total	por área da zona térmica	por área de pavimento útil
Electricidade	199262 kWh	73,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Combustíveis Fósseis	5065 kWh	1,9 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Solar Térmico	443 kWh	0,2 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Solar Fotovoltaico			
Outras Fontes Renováveis			

Figura 18 - Consumos de energia em períodos de férias

Pelo que se retiramos aos valores da simulação geral os valores da simulação para férias iremos obter:

Tabela 23- Consumo anual de eletricidade com o período de férias

Modelo Dinâmico	Eletricidade (KWh)	Gás Natural (KWh)
Geral	603114	259347
Férias	199262	5065
Final	413852	254282

O que significa que iremos ter uma diferença de 8,44%, sendo assim possível aprovar o modelo construído, uma vez que essa diferença é inferior a 10%.

5.2- Consumo anual de combustíveis fósseis

Sendo que esta escola usa unicamente gás natural como combustível fóssil, pode-se verificar que a mesma necessita de 259.347 kWh. Observando as faturas anuais de 2013 mais uma vez se verifica que existe uma diferença, embora não tão elevada como a da eletricidade, gastou-se 237.745 kWh, o que representa uma diferença de 8,33%, também explicáveis pelos mesmos motivos da eletricidade, no entanto a diferença é inferior devido ao facto de esta Escola confeccionar todas as refeições do Agrupamento, que obviamente aumenta o consumo de gás e faz com exista refeições para além dos 166 dias de aulas, devido às atividades dos tempos livres nos Jardins de Infância e Escolas do 1º Ciclo que prolongam-se usualmente até agosto.

Capítulo VI

Estado de funcionamento de equipamentos e sua manutenção

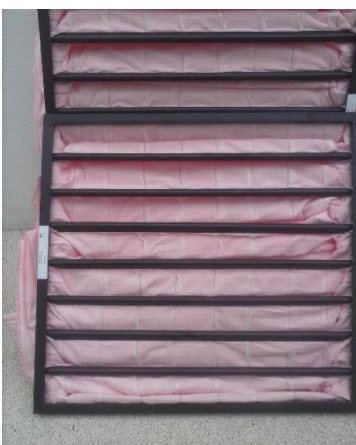
6.1- Estado de funcionamento dos principais equipamentos

Tendo-se verificado que este edifício tem uma manutenção preventiva contratada com uma empresa exterior especializada em AVAC, em geral os equipamentos encontram-se em bom estado de conservação e funcionamento, no entanto aquando a verificação de alguns componentes ainda foram registadas algumas falhas, que já foram entretanto resolvidas.



Como exemplo a correia dentada deste extrator encontrava-se partida.

Figura 19- Extrator WC



Os filtros das UTAN estão em excelentes condições, pois foram substituídos no passado mês de novembro.

Figura 20-Filtros F7 UTAN

6.2- Plano de Manutenção

Verificou-se ainda a existência de um plano de manutenção, plano esse que prevê que semestralmente sejam realizados os seguintes trabalhos:

Sistema de AVAC:

- Verificação do funcionamento de todos os sistemas;
- Verificação de pressão de gás refrigerante;
- Inspeção e/ou correção de controlos dos equipamentos;
- Verificação dos indícios de fugas de óleo ou gás refrigerante;
- Verificação dos indícios de fugas de água/ condensações;
- Limpeza de filtros de água;
- Limpeza das serpentinas dos evaporadores e condensadores;
- Limpeza de tabuleiro e tubo de drenagem de condensados;
- Limpeza geral do quadro elétrico de AVAC e reparação dos pontos de corrosão;
- Verificar, reapertar e limpar equipamento elétrico;
- Retoque de pontos de corrosão;
- Verificação do nível de óleo dos compressores;
- Verificação de ruídos, vibrações e aquecimentos anormais nas eletrobombas de circulação;
- Verificação de tensão e consumo dos motores e comparar com os nominais;
- Verificação dos órgãos de segurança;
- Verificação de bateria/ resistência elétrica (se existir);
- Verificar e corrigir isolamentos térmicos;
- Verificação da tubagem de ar;
- Limpeza de grelhas e difusores;
- Verificação dos componentes móveis;
- Verificação termográfica das UTAN;
- Verificação do estado de conservação da chaminé de exaustão dos gases de combustão da caldeira;

- Verificar os ânodos de proteção dos depósitos;
- Análise de combustão através de um analisador de combustão devidamente calibrado, fornecendo um ticket com os seguintes dados: temperatura ambiente, temperatura dos gases de combustão, percentagem do CO₂; rendimento da caldeira;
- Emissão das fichas de intervenção relativamente ao manuseamento de refrigerantes, conforme Decreto-Lei n.º 35/2008 de 27 de fevereiro e Decreto-Lei n.º 56/2011;
- Relatório completo da intervenção efetuado.

Sistema solar:

- Verificação do funcionamento de todos os componentes do sistema;
- Verificação do funcionamento do grupo hidráulico/ purga;
- Inspeccionar e/ou corrigir controlo do equipamento, nomeadamente temperaturas;
- Verificar indícios de fugas de água;
- Limpeza dos painéis solares;
- Verificação de pressões do circuito hidráulico e afinação, se necessário;
- Medição da concentração do fluido solar;
- Verificação do PH do fluido solar;
- Verificação/ ajuste da pressão do vaso de expansão;
- Verificar, reapertar e limpar contactos elétricos;
- Retoque de pontos de corrosão;
- Relatório completo da intervenção efetuado.

6.3- Fichas de Manutenção

Estas manutenções periódicas tem sido acompanhadas e registadas em programa criado para o efeito, de forma a manter sempre uma ficha com o cadastro e correspondente manutenção de todos os equipamentos de AVAC.

The screenshot displays a software interface for equipment maintenance. At the top, there are tabs for 'menu principal' and 'Ficha de Equipamentos'. Below the tabs, there are input fields for equipment details: 'Nº' (2), 'Equipamento' (chiller ciec), 'Localização Equipamento' (Centro Escolar), 'Marca' (climaveneta), 'Modelo' (ERACS/Q/8 1162), 'Nº série' (32003204), and 'Data de entrada ao serviço' (18-03-2010). There are also fields for 'Potência_eletrica' (110), 'Potência_Frio' (238), and 'Potência_Quente' (258). An 'Observações' field is present below these. At the bottom, there are three tabs: 'Avarias', 'Manutenções', and 'Plano Manutenção'. The 'Manutenções' tab is active, showing a table with the following data:

Data da avaria	Descrição da avaria	Reparação ef	Data da repara	Custo
03-06-2014	Fugas no Circuito 1	1	06-06-2014	242,50 €
*				

Figura 21- Programa manutenção

Este programa para além de manter um registo atualizado e centralizado de todos os equipamentos, cria alertas com antecedência com vista a cumprir os prazos de manutenção, os prazos legais (por exemplo da inspeção obrigatória do gás), gera ordens de serviço, onde identifica inequivocamente o trabalho a efetuar, a especialidade e o interveniente a efetuar o serviço. Pretende também analisar os custos das avarias por equipamentos, o que permitirá identificar a necessidade de substituir o equipamento, pois os custos de manutenção tornaram-se insustentáveis.

A figura 22 é um exemplo das folhas de manutenção preenchida.

Ficha de Registo

RELATÓRIO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA
CONTRATO - AR CONDICIONADO E VENTILAÇÃO Nº P.A.T.: 20140840

Cliente MUNICIPIO DE VILA NOVA DA BARQUINHA N.º 12526 PRAÇA DA REPÚBLICA 2260-411 VILA NOVA DA	Data da assistência: 12/05/2014 Hora Início: _____ Hora Fim: _____
--	--

Local de Intervenção: ESCOLA CIÊNCIA VIVA E CENTRO INTEGRADO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

UNIDADE CONDICIONADORA / VENTILAÇÃO	TORRE DE ARREFECIMENTO
Verificação de todos os componentes do sistema <input checked="" type="checkbox"/>	Verificação de fugas de água
Verificação de indícios de fugas de óleo ou gás refrigerante <input checked="" type="checkbox"/>	Bacia
Verificação de indícios de fugas de água / condensações <input checked="" type="checkbox"/>	Bolador
Verificação de pressões de gás refrigerante <input checked="" type="checkbox"/>	Filtros
Verificação de nível de óleo <input checked="" type="checkbox"/>	Ralos
Verificação de órgãos de segurança <input checked="" type="checkbox"/>	Pulverizadores
Limpeza de filtros	Ajuste de correias
Limpeza de serpentinas evaporador / condensador <input checked="" type="checkbox"/>	Subst. de correias
Desinfecção de serpentina e tabuleiro de condensados	Limpeza pás e eixos
Limpeza de tab. e tubo de dren. de condensados / ensaios <input checked="" type="checkbox"/>	Lubríf. rolamentos
Limpeza de ventiladores	Subst. rolamentos
Limpeza de grelhas e difusores	Desinfecção
Inspeccionar / corrigir controles dos equipamentos <input checked="" type="checkbox"/>	
Bateria / resist. eléctrica	CÂMARAS FRIGORÍFICAS
Verificação seguranças	Limpeza tab. condensados
Medir cons. eléctrico	Verificação fugas / pressão circuito frigorífico
Lubrificação de componentes móveis	Verificação seguranças
Verificação de isolamentos térmicos <input checked="" type="checkbox"/>	Verificação controladores
Verificação / ajuste do estado de tensão das correias	Verificação sinalizadores
Verificação / alinhamento de polias	Verificação junta vedação porta
Verificação de tubagens de ar	AFERIÇÃO MANÓMETROS DE PRESSÃO DIFERENCIAL
	Verificação
	Correcção
EQUIPAMENTO ELÉCTRICO	PINTURAS / PONTOS DE CORROSÃO
Controladores	Verificação
Verific. func. / ajuste <input checked="" type="checkbox"/>	Beneficiação
Verific. apertos <input checked="" type="checkbox"/>	
Verific. fusíveis <input checked="" type="checkbox"/>	
Q. Eléctrico	
Verific. sinalizadores	
Limpeza	

Listagem de Materiais

Quantidade	Designação	Código	Aplicados	A Aplicar	Fornecido pelo cliente
60	Filtros F7-aa2-592/592/520			<input checked="" type="checkbox"/>	
	10-28				
	Bacias				

Observações
 Mandar os materiais

O Cliente: _____ O Técnico: _____

FR 020 220808

Figura 22- Folha de Manutenção

Capítulo VII

Qualidade do Ar Interior

Nesta Auditoria não foi verificado a qualidade de ar interior, no entanto foi realizado nos dias 15 e 16 de novembro de 2012, no âmbito de um trabalho para a disciplina de Sistemas de Climatização e Segurança [9], as medições em causa foram efetuadas na secretaria, com vista a determinar o conforto térmico e da Qualidade de ar interior, tendo sido obtidos os seguintes valores de concentrações de CO₂.

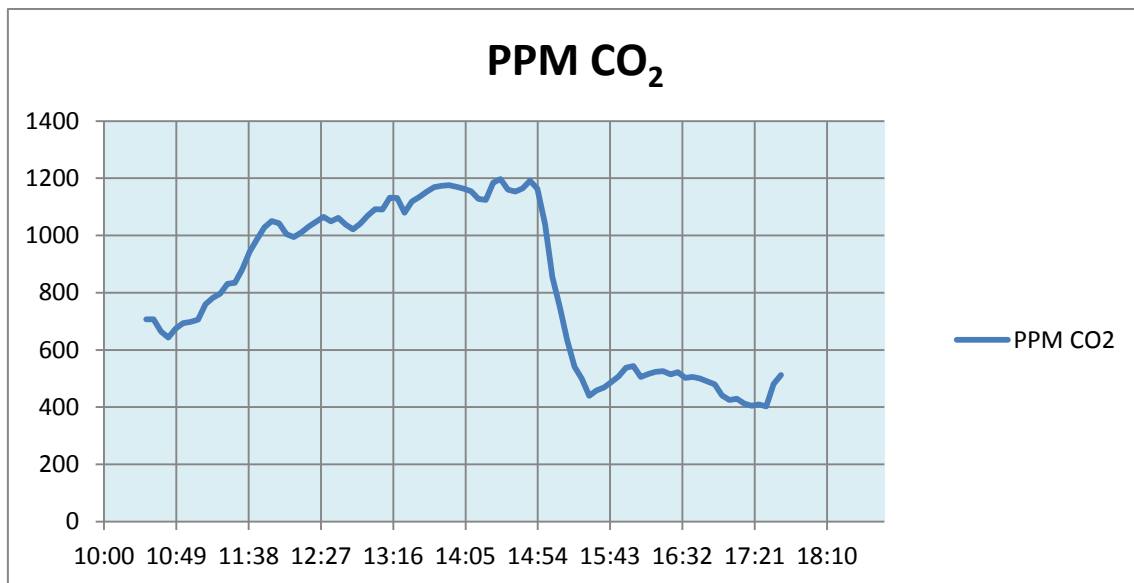


Figura 23- Concentrações de CO₂

Analisando a figura 23, da concentração de CO₂ podemos concluir que os valores apresentados são razoáveis, apenas ultrapassando o valor de referência (1000PPM) nalguns períodos de utilização mais intensiva.

Capítulo VIII

Medidas de Melhoria

É considerado medidas de melhoria, todas as medidas que visam reduzir o consumo, melhorar a eficiência energética e o conforto do edifício.

Neste capítulo serão apresentadas medidas que irão afetar os comportamentos, equipamentos e energias renováveis.

8.1- Desativação da UTA5

Uma das medidas de melhoria a aplicar a este Estabelecimento, curiosamente não só não traz qualquer custo, bem como faz com que o mesmo passe a ser de classe B-.

Sendo que um dos problemas verificados nesta auditoria é a potência da ventilação usada, o que faz com que haja um excesso de consumo e consequentemente uma penalização na classe energética, verificou-se e identificou-se no projeto que a denominada UTA 5 apenas está a climatizar corredores de circulação, hall de entrada, zona administrativa e a sala do aluno.

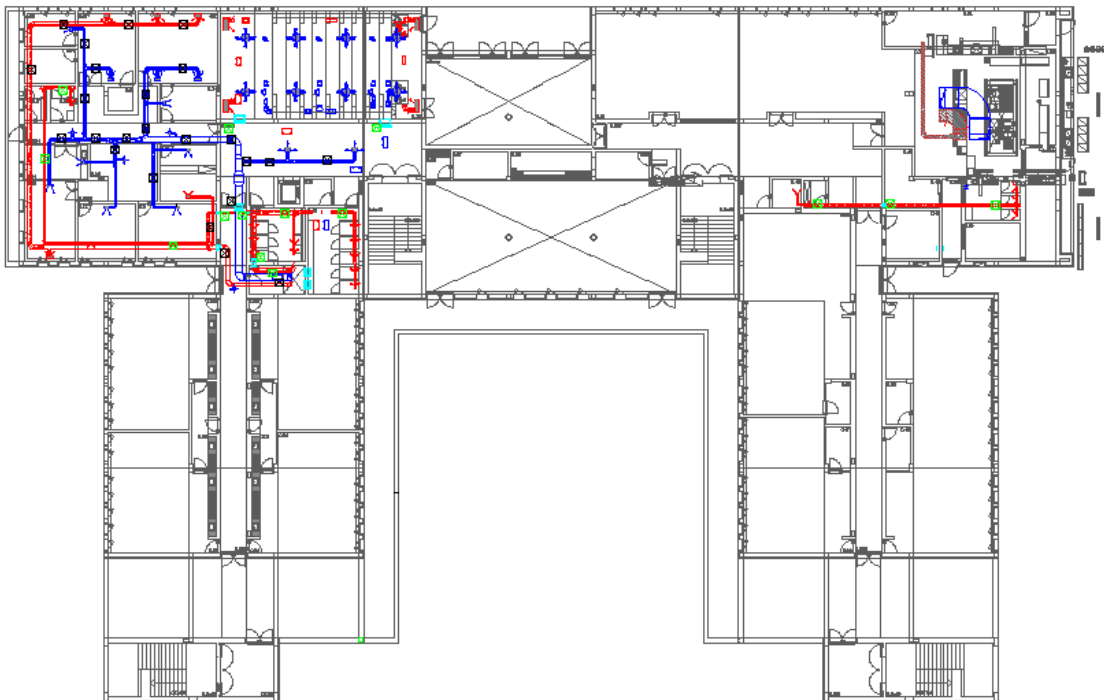


Figura 24- Área influencia UTA5 piso 0

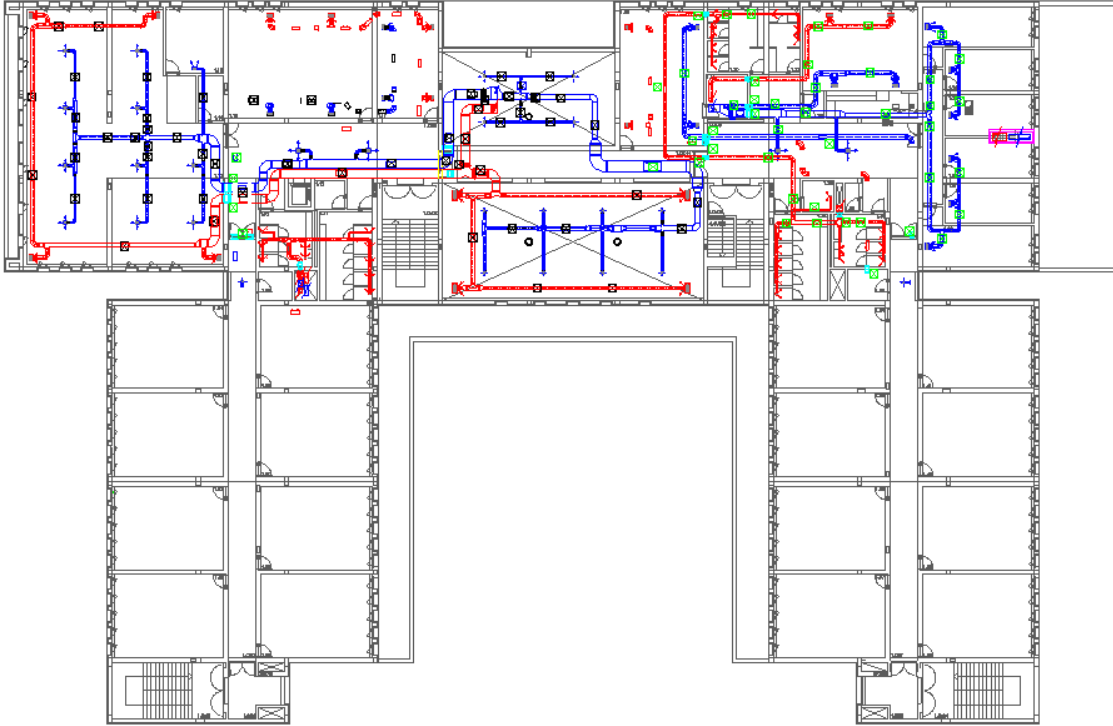


Figura 25- Área de influência UTA5 piso 1

Sendo que a zona administrativa possui equipamentos individuais de Ar Condicionado e na sala do aluno possui radiadores, o que na prática significa que termicamente o facto de a desativarmos não é relevante para o conforto térmico do edifício, por outro lado e usando a ferramenta QVENTILA verifica-se que mesmo sem o funcionamento da referida UTA os valores de referência dos caudais mínimos estão garantidos, por outro lado os acessos aos corredores possuem sempre grelhas de ventilação, conforme demonstra a figura 26 e a figura 27.



Figura 26- Foto das grelhas de ventilação exterior



Figura 27- Foto das grelhas de ventilação interior

E como todas as portas dos acessos e corredores são portas corta-fogo, possuindo eletroímã (figura 28) que as mantém abertas, salvo se existir alarme de incêndio na sua zona, o que significa que existe uma garantia de ventilação natural em todos os corredores.



Figura 28- Eletroímã

8.1.1- Impacto da medida na Classificação Energética

Recorrendo à análise do índice de eficiência energética verifica-se que o edifício passa a possuir uma classe B-.

Índices de Eficiência Energética		
	edifício	referência
IEE _S	277,2 kWh/m ²	306,1 kWh/m ²
IEE _T	95,7 kWh/m ²	95,7 kWh/m ²
IEE _{REN}	0,1 kWh/m ²	
IEE	372,8 kWh/m ²	401,8 kWh/m ²
R	0,91 (Classe B-)	

Figura 29- Índice de Eficiência Energética com a Uta 5 desligada

8.2- Instalação de painéis fotovoltaicos

Sendo uma das medidas que mais poderá contribuir para a redução do CO2 e existindo espaço em abundância na cobertura plana da escola para a instalação de painéis, como se pode verificar na figura 30.



Figura 30- Imagem da Escola no Google Earth

A referida cobertura está apenas parcialmente ocupada por equipamentos de ventilação e climatização, efetuando um levantamento com recurso ao projeto das áreas sem sombreamentos (figura 31).

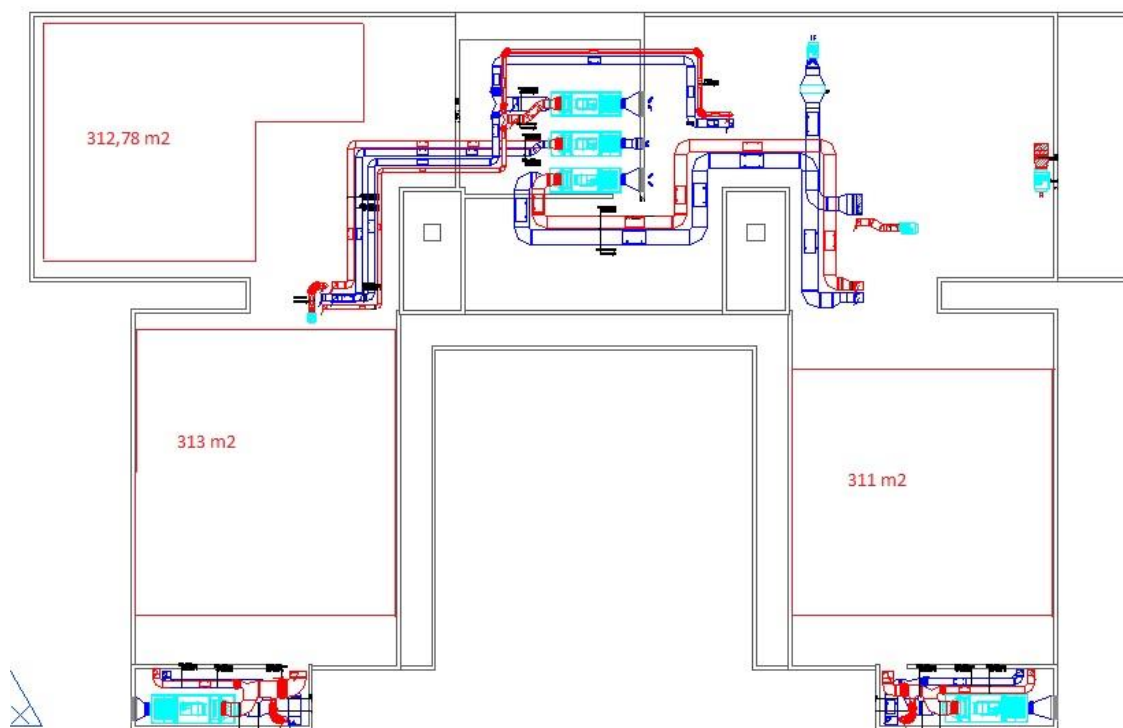


Figura 31- Planta da Cobertura

Verifica-se que possui sensivelmente 936 m² disponíveis.

8.2.1- Análise da faturação

Tendo sido analisada a faturação de energia elétrica num intervalo de 12 meses desde janeiro até fevereiro, encontrando-se resumida na tabela 24, indica um consumo de 378.329 KWh anuais, com uma potência ativa de 292.5 kW.

Tabela 24- Análise da faturação

Mês	Potência (kW)	Energia (kWh)
Janeiro	292,5	30728
Fevereiro	292,5	40011
Março	292,5	40637
Abril	292,5	26695
Maio	292,5	31851
Junho	292,5	31784
Julho	292,5	25160
Agosto	292,5	19830
Setembro	292,5	19056
Outubro	292,5	38224
Novembro	292,5	28788
Dezembro	292,5	45565
Total		378329

8.2.2- Escolha do painel fotovoltaico

Tendo-se analisado algumas soluções existentes no mercado, verificou-se que uma das soluções mais interessantes neste capítulo é o painel Rec 265PE pois apresentar um custo reduzido a uma qualidade reconhecida, as principais características são apresentadas na figura 32.

ELECTRICAL DATA @ STC		REC265PE
Nominal Power - P_{MPP} (Wp)		265
Watt Class Sorting - (W)		0/+5
Nominal Power Voltage - V_{MPP} (V)		30.9
Nominal Power Current - I_{MPP} (A)		8.58
Open Circuit Voltage - V_{oc} (V)		38.1
Short Circuit Current - I_{sc} (A)		9.08
Panel Efficiency (%)		16.1

MECHANICAL DATA	
Dimensions:	1665 x 991 x 38 mm
Area:	1.65 m ²
Weight:	18 kg

Figura 32- Características dos painéis solares

Para otimizar a instalação durante todo o ano a inclinação usada será de 34° e um azimute de 0°, ou seja orientado a Sul.

8.2.3- Cálculo do sombreamento de painéis inclinados

A posição dos painéis fotovoltaicos tem que ter em atenção o deslocamento aparente do sol no horizonte. Sendo possível verificar através da figura 33 a altura solar, entendida como o ângulo entre o raio solar e a projeção da mesma sobre o plano horizontal.

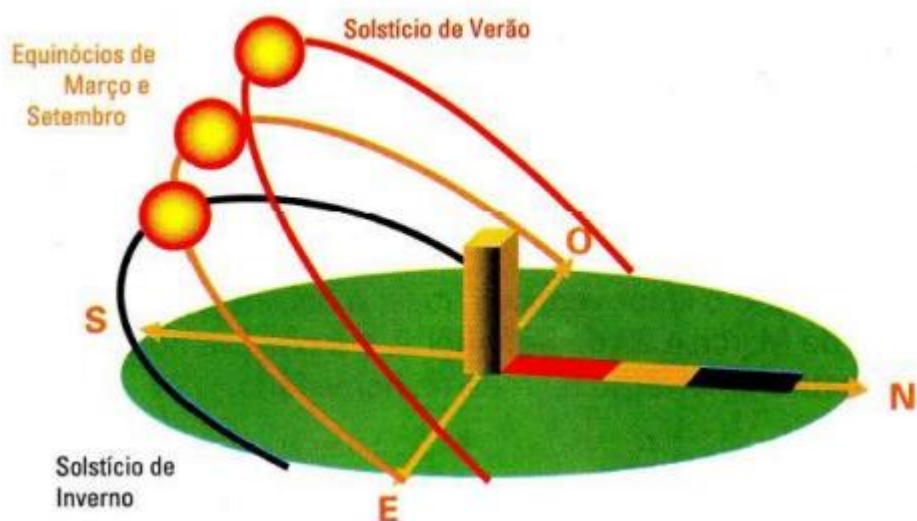


Figura 33- Deslocação do sol no horizonte

Sendo que Vila Nova da Barquinha se encontra a uma latitude de $39,46^\circ$, a altura solar apresenta a seguinte variação:

Solstício de Verão: posição que apresenta uma altura solar máxima de 75° .

Solstício de Inverno: posição que apresenta uma altura solar mínima de $27,2^\circ$.

Equinócio de Outono: posição que apresenta uma altura solar de $51,6^\circ$.

Equinócio de Primavera: posição que apresenta uma altura solar de $51,6^\circ$.

Com recurso à figura 34, podemos então calcular o espaço mínimo entre as fileiras.

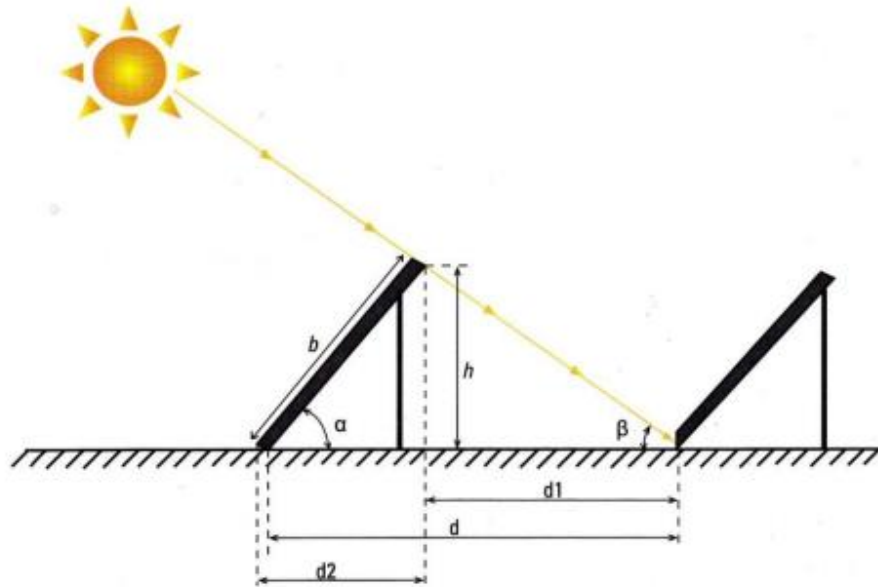


Figura 34- Espaçamento entre as fileiras

A equação (1) [10] permite calcular a distância mínima necessária entre os módulos garantindo um funcionamento adequado do sistema, utilizando-se por norma um valor de β idêntico à altura mínima do Sol na estação de Inverno.

$$d = b \times \left(\cos \beta + \frac{\sin \alpha}{\tan \beta} \right) \quad (2)$$

Sendo no nosso caso o $\beta=27,2^\circ$, o $\alpha=34^\circ$ e o $b=1,665$ m

$$\text{Logo } d = 1,665 \times \left(\cos 27,2^\circ \frac{\sin 34^\circ}{\tan 27,2^\circ} \right) = 2,97 \text{ m}$$

Para minimizarmos as perdas teremos agora que calcular a distância indicada que nos é dada pela seguinte expressão:

$$d = 3,5 \times h + b \cos \alpha \text{ onde } h = b \times \sin \alpha$$

O que significa que $d = 3,5 \times 1,665 \times \sin 34^\circ + 1,665 \times \cos 34^\circ = 4,64$ m

Para podermos otimizar a área podemos usar a seguinte expressão

$$d = 2,25 \times b$$

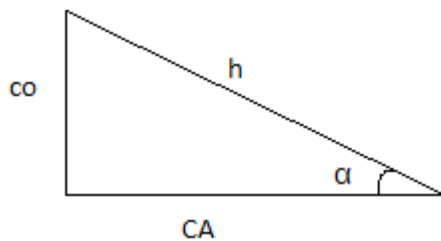
O que significa que $d = 2,25 \times 1,665 = 3,75 \text{ m}$

Dados os resultados obtidos, iremos então usar uma distância de $3,80 \text{ m}$ que corresponde à média dos três valores obtidos.

8.2.4- Número de painéis a instalar

Visto já termos o área disponível para a instalação, as dimensões do painel e a distância entre as fileiras, recorrendo ao estudo da planta é agora possível concluir a potência máxima fotovoltaica a instalar, sendo:

Recorrendo a formas trigonométricas



Em que:

CO= Cateto oposto

CA= Cateto adjacente

h= Hipotenusa

α = ângulo

Sabendo que o h corresponde à altura do painel que corresponde a $1,665 \text{ m}$ e que α corresponde ao ângulo de inclinação do painel que neste caso é de 34° podemos então usando fórmulas trigonométricas sabermos o cateto adjacente (CA),

$$\sin \alpha = \frac{CA}{h} = 1,38 \text{ m}$$

Logo sabendo que foi determinado uma distância de $3,80 \text{ m}$ entre fileiras, só podemos instalar 191 painéis o que recorrendo ao programa informático PVSyst irá dar uma potência de instalação de $50,6 \text{ kW}$.

8.2.5- Escolha do inversor

Tendo sido determinada a potência da instalação, estamos agora em condições de determinar a potência do inversor a instalar:

A potência deste aparelho, representada por $P_{inv\ dc}$, deverá estar compreendida entre 70% a 120% da potência fotovoltaica (P_{fv}) a instalar [10], o que se traduz matematicamente na equação (3).

$$0,7 \times P_{fv} < P_{inv\ dc} < 1,2 \times P_{fv} \quad (3)$$

$$\text{Então } \frac{0,7 \times 50600\ w}{5} < P_{inv\ dc} < \frac{1,2 \times 50600\ w}{5} = 7084\ w < P_{inv\ dc} < 12144\ w$$

O que efetuando uma pesquisa de mercado vai-se optar pelo Modelo Powador 10.0 TL3 do fabricante Kaco, cujas características se apresentam na figura 35.

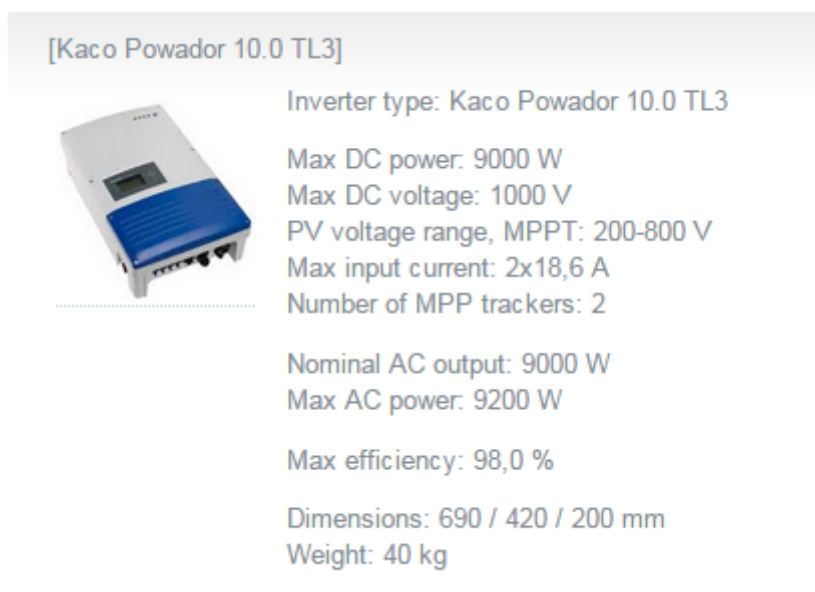


Figura 35- Características técnicas do inversor

8.2.6- Determinar a matriz fotovoltaica

A tensão de entrada no inversor resulta do somatório das tensões individuais de cada painel em série, sendo que os valores variam conforme a temperatura, devemos definir os extremos de temperatura que o painel possa atingir na localização e calcular os respetivos valores de tensão, podendo-se assim obter o número máximo e mínimo de módulos em série.

Podemos assim calcular a tensão em circuito aberto para a temperatura mínima admissível $U_{oc(-10^\circ)}$, considerando a temperatura mínima de -10° [10] através da fórmula (4)

$$U_{oc(-10^\circ C)} = \left(1 - \frac{(25^\circ C - (-10^\circ C)) \times C_{voc}(\%)}{100}\right) \times U_{oc(cts)} \quad (4)$$

Onde

C_{voc} corresponde ao coeficiente de temperatura referente à tensão de circuito aberto

$U_{oc(cts)}$ corresponde à tensão em circuito aberto para as condições de temperatura standard.

Consultando os dados do fabricante do painel solar podemos verificar que o $C_{voc} = -0.27\%$ o

$U_{oc(cts)} = 38,1$ v

Pelo que

$$U_{OC(-10^\circ)} = \left(1 - \frac{(25 - (-10)) \times (-0.27)}{100}\right) \times 38,1 = 34,50 \text{ V}$$

Analogamente podemos calcular a tensão em circuito aberto para a temperatura máxima

$$U_{mpp(70^\circ)} = \left(1 - \frac{(25 - 70) \times (-0.33)}{100}\right) \times 30,9 = 26,31 \text{ V}$$

Com base nos valores calculados e nas características do inversor escolhido estamos agora em condições de calcular o número máximo N_{max} de painéis em série, recorrendo à formula (5)

$$N_{\max} = \frac{U_{\max \text{ inv}}}{U_{\text{oc}}(-10^{\circ}\text{C})} \quad (5)$$

Então $N_{\max} = \frac{800}{34,50} = 23,19$

O número mínimo de painéis $N_{\min} = \frac{U_{\min \text{ inv}}}{U_{\text{mpp}}(70^{\circ})} = \frac{200}{26,31} = 7,60$

O número de fileiras, N_{fileiras} que o inversor pode suportar é obtido pela seguinte expressão matemática ()

$$N_{\text{fileiras}} \leq \frac{I_{\max \text{ inv}}}{I_{\max \text{ fil}}} \quad (6)$$

Então

$$N_{\text{fileiras}} \leq \frac{37,2}{8,58} \leq 4,33$$

Em conclusão por inversor deve possuir entre 7 a 23 módulos em série e no máximo 4 fileiras em paralelo por inversor.

No caso em estudo a matriz fotovoltaica propõe-se a seguinte distribuição:

Tabela 25- Proposta de distribuição dos painéis

Inversor	Número de painéis por fileira	Número de fileiras em paralelo
Inversor 1	17	3
Inversor 2	17	3
Inversor 3	15+17	2
Inversor 4	13+15	2
Inversor 5	12+17	2

Sendo a distribuição dos painéis proposta apresentada na figura 36.

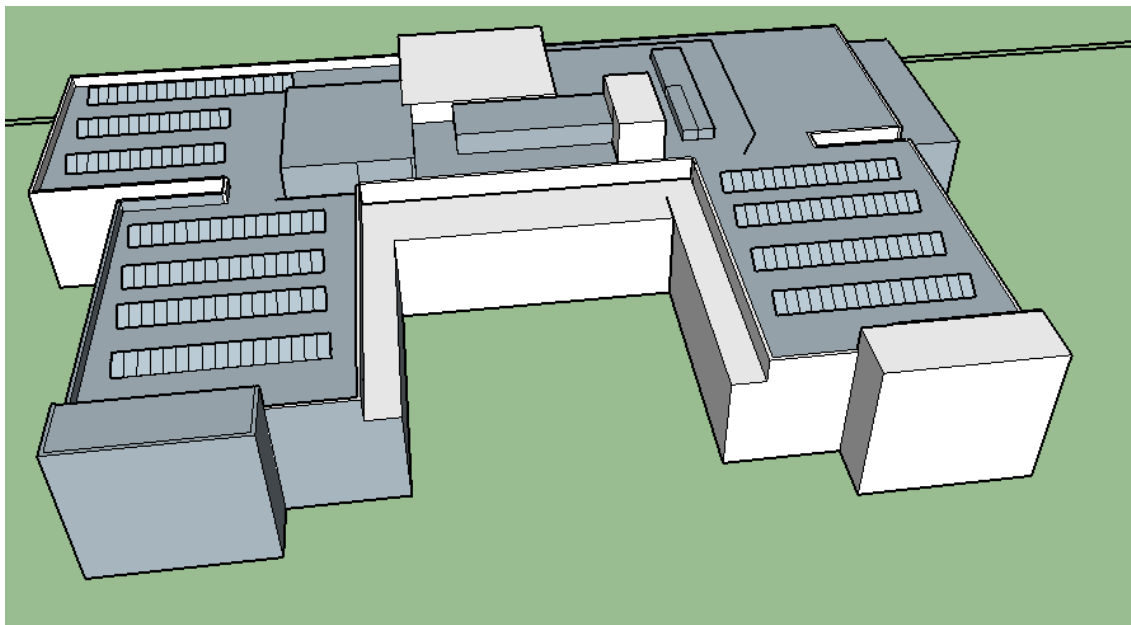


Figura 36- Localizações dos painéis

8.2.7- Análise Económica

A avaliação económica é um fator decisivo na implementação de qualquer projeto, essa avaliação tem por base o custo inicial do investimento e pela remuneração obtida ao longo dos anos.

O orçamento baseado nos principais componentes permite-nos obter uma ideia do custo inicial.

Tabela 26- Orçamento para implementação dos sistema fotovoltaico

Componente	Referência	Quantidade	Preço Unitário	Total
Painel FV	REC 265 PE	191	225,00 €	42.975,00 €
Inversor	Kaco Powador 10.0 TL3	5	2.375,90 €	11.879,50 €
Estrutura		191	40,00 €	7.640,00 €
Custo do investimento €				62.494,50 €

Usando o programa PVSyst, o mesmo permite-nos efetuar uma estimativa da energia produzida, representada na figura 37.

Balanço energético mensal e anual			
	E(rad) kWh	E(PV) kWh	E(sist) kWh
Janeiro	24797	3185	3089
Fevereiro	33544	4137	4013
Março	40315	4717	4575
Abril	48723	5450	5287
Maio	49498	5467	5303
Junho	50262	5329	5169
Julho	56937	5669	5499
Agosto	61741	5969	5790
Setembro	49888	5062	4911
Outubro	40862	4526	4390
Novembro	30298	3675	3565
Dezembro	24194	3116	3023
Anual	511059	56303	54614
Rendimento global: 10,7%			
Produtividade: 1078,5 Wh/Wp			

Figura 37- Balanço energético do Sistema Solar produzido pelo PVSyst

Podemos então verificar que estima-se que seja capaz de produzir 54.614 kWh, sendo que a potência instalada é de 50,6 kW pelo Decreto-lei 34/2014, enquadra-se no escalão II sendo preço de referência para 2014 publicado no DESPACHO DGEG de 26 de dezembro de 2013 de 106 € por MWh, pelo que irá render cerca de 6001,08 € por ano.

8.2.7.1- Payback

O payback é o prazo de recuperação do investimento, e é-nos dado pela valor do investimento / valor da receita esperada, sendo que é previsto investir 62494,50€ e prevê-se que renda cerca de 6001,08€ por ano, o que faz com que o payback esperado é de 10,4 anos.

8.2.7.2- Valor Atual Líquido (VAL)

O valor atual líquido tem como objetivo avaliar uma projeto de investimento através do cálculo atual de todos os seus fluxos de caixa, no caso de estudo a aplicar uma taxa de 10% e uma vida útil esperada de 14 anos, usando a seguinte expressão (7)

$$VAL = \sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1+t)^i} \quad (7)$$

CF_i = Cash-flow no ano *i*

t = Taxa de desconto

Iremos obter um Valor Atual Líquido de -6.189,44€, valor esse que por ser negativo indica que o investimento em causa não compensa o investimento.

8.2.7.3- Taxa Interna de rentabilidade (TIR)

A Taxa Interna de Rendibilidade (TIR) representa a taxa máxima de rendibilidade do projeto.

Não é mais do que a taxa de atualização que, no final do período de vida do projeto, igualando o Valor atual líquido a zero.

Obtendo no caso de estudo a taxa interna de rentabilidade(TIR) de -19%

8.2.7.4- Conclusão do investimento em mini produção

Apesar do valor do investimento não contabilizar todo o custo necessário para a implementação do sistema fotovoltaico, pois não conta por exemplo com o custo da mão de obra, o custo da cabeleagem, das proteções entre outros custos, verifica-se que com o preço de referência de 106€/MWh o investimento não é rentável, no regime de mini produção, no entanto o Decreto-Lei n.º 153/2014 de 20 de Outubro, permite o regime de auto consumo, o que será interessante verificar a rentabilidade, dado que todo o projeto é igual ao apresentado.

8.2.7.5- Metodologia para calcular o retorno do investimento em auto consumo

Podendo-se usar vários métodos para calcular o retorno do investimento em causa, é importante nesta fase clarificar a metodologia usada, assim sendo com recurso às faturas energéticas de 2013 podemos obter o total de consumo do ano e o valor gasto (tabela 27), pelo que podemos obter uma média do custo por Kwh e usá-la como referência.

Tabela 27- média de custo por Kwh

Mês	Energia (kWh)	Valor pago
Janeiro	30728	8.690,72 €
Fevereiro	40011	6.089,95 €
Março	40637	4.320,95 €
Abril	26695	5.208,88 €
Mai	31851	5.194,59 €
Junho	31784	3.963,50 €
Julho	25160	3.090,31 €
Agosto	19830	2.912,30 €
Setembro	19056	5.909,66 €
Outubro	38224	4.417,06 €
Novembro	28788	6.729,03 €
Dezembro	45565	6.300,17 €
Total	378329	62.827,12 €
Custo médio por KWh		0,17 €

Assim, tendo como base o valor do custo médio obtido de 0,17€ por KWh e considerando que é previsto o sistema fotovoltaico produzir 54.614 KWh por ano, então iremos obter um valor anual de retorno de 9.069,46 €.

8.2.7.6- Payback do investimento usando o autoconsumo

Mantendo-se o valor do investimento de 62.494,50€ e considerando o valor anual de retorno de 9069,46€ iremos ter uma payback de 6 anos e 9 meses.

Valor Atual Líquido (VAL) em autoconsumo

Usando os mesmo 10% de taxa e os 14 anos de vida útil esperada o valor atual líquido é de -6.158,76 €.

8.2.7.7- Taxa Interna de rentabilidade (TIR)

Tendo em consideração os novos valores obtidos a Taxa Interna de Rentabilidade é agora de 1%.

8.2.7.8- Conclusão do investimento em auto consumo

Analisando os vários indicadores económicos disponíveis verifica-se que esta solução apresenta-se como mais vantajosa ao ponto de justificar o investimento uma vez que apesar de possuir um Valor Atual Líquido negativo, apresenta uma taxa interna de rentabilidade positiva, não obstante do facto do valor do investimento ser superior ao calculado pelos motivos já referidos anteriormente, mas também é verdade que o custo da aquisição da energia elétrica tem tendência a subir, o que contribuirá para um melhor desempenho económico.

8.2.7.9- Impacto da medida na Classificação Energética

Simulando novamente com recurso ao ficheiro monozona, agora com os valores da energia produzida pelo Sistema Fotovoltaico iremos obter:

Índices de Eficiência Energética		
	edifício	referência
IEE _S	273,8 kWh/m ²	302,3 kWh/m ²
IEE _T	95,7 kWh/m ²	95,7 kWh/m ²
IEE _{REN}	32,4 kWh/m ²	
IEE	337,1 kWh/m ²	398,1 kWh/m ²
R	0,80 (Classe B-)	

Figura 38- Índice de Eficiência Energética com o Sistema Fotovoltaico

O que conforme se conforme verificar na figura 38 significa que obtemos uma Classe Energética de B-.

8.3- Ações de Sensibilização

Este Estabelecimento é aderente ao projeto eco escola, sendo bandeira verde desde 2013, projeto esse que entre outras coisas pretende sensibilizar a comunidade escolar para a redução da chamada pegada ecológica, ou seja pretende captar a atenção dos alunos para o consumo responsável da energia.

Para além deste projeto está em fase de criação o designado Tutor de energia nas Escolas, projeto esse apoiado pela agência Nacional de Energia, pela Associação das agências de Energia e Ambiente e pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos que pretende envolver alunos na eficiência energética, estando neste momento a ser preparada a formação necessária aos Professores designados para o projeto.

8.4- Alteração de conforto térmico

Não existindo possibilidade neste momento de arrefecer a zona da sala de aula, pois as UTAS que as climatizam estão apenas ligadas à caldeira, verificou-se que as mesmas são demasiado quentes no Verão, tornando-se desconfortáveis. Apesar de não ser uma medida que beneficie a eficiência energética, irá certamente melhorar o conforto dos alunos neste período.

Pretende-se alterar o circuito na central térmica de forma a que estas UTAS possam estar ligadas ao Chiller que produz frio, no entanto essa modificação tem um custo relativamente elevado (figura 39) pois terá que se redimensionar todo o sistema.

DESCRICÃO DA OBRA:	
LOCAL:	ESCOLA D. MARIA II V.N BARQUINHA
TIPO DE OBRA:	UTAS
CLIENTE:	MESMO

N/REF: 2014/JL/ORÇ./64

CARTAXO 7 de Fevereiro de 2014

Exmo(s.) Senhor(es),
Conforme solicitado, somos a apresentar a V. Exa(s), o n/ melhor preço para o fornecimento e montagem de sistema de Ar condicionado. Assim a n/ proposta é a seguinte:

DESCRICÃO

ALTERAÇÃO DAS UTAS :			
DESCRICÃO	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
ALTERAÇÃO DA UTA 1 BEM COMO O SEU REDIMENSIONAMENTO	1	€ 3.150,00	€ 3.150,00
ALTERAÇÃO DA UTA 2 BEM COMO O SEU REDIMENSIONAMENTO	1	€ 3.150,00	€ 3.150,00
ALTERAÇÃO NA CASA DAS MAQUINAS E CENTRALIZADO	1	€ 3.680,00	€ 3.680,00
EQUIP.+MONTAGEM			€ 9.980,00

NOTA: OS VALORES APRESENTADOS ACRESCE O IVA ATAXA LEGAL EM VIGOR.

DESCRICÃO DA TUBAGEM A INSTALAR:

•Montagem de tubagem de cobre de alta e baixa pressão HALCOR A.S.T.M., soldados e carregados de azoto, levando tubo de isolamento ISOLINE/ ARMSTRONG de 9mm;
•Montagem de calha técnica plástica IBOCO 100x60 encastrada na parede, no sentido vertical ou horizontal, de forma a ter acabamento igual ao da parede;
•Montagem de tubo anelado D20 para alimentação e comunicação entre máquinas;
•Montagem de cablagem eléctrica para alimentação e comunicação entre máquinas.
•Drenagem das unidades interiores e exteriores em tubo PVC 32, só na vertical e curva.

Figura 39- Orçamento para a alteração das UTAS

8.5- Avaliação do impacto das medidas de melhoria

Tendo sido propostas várias medidas de melhoria está agora na altura de se verificar o impacto que estas medidas irão ter na classificação energética do edifício e no conforto, apesar de algumas medidas serem difíceis de quantificar, como é o caso das medidas comportamentais.

Índices de Eficiência Energética		
	edifício	referência
IEE _S	261,1 kWh/m ²	302,3 kWh/m ²
IEE _T	95,7 kWh/m ²	95,7 kWh/m ²
IEE _{REN}	32,4 kWh/m ²	
IEE	324,4 kWh/m ²	398,1 kWh/m ²
R	0,76 (Classe B-)	

Figura 40- Índice de Eficiência Energéticas após as medidas de melhoria

Mas estas alterações não provocam apenas alterações a nível da classificação energética, provocam também poupanças nos consumos (tabela 28)

Consumos anuais de energia final, por fonte de energia			
edifício	total	por área da zona térmica	por área de pavimento útil
Electricidade	444116 kWh	162,7 kWh/m ²	0,1 kWh/m ²
Combustíveis Fósseis	259347 kWh	95,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Solar Térmico	443 kWh	0,2 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Solar Fotovoltaico	54614 kWh	20,0 kWh/m ²	0,0 kWh/m ²
Outras Fontes Renováveis			

Figura 41- Consumos anuais de energia final após as medidas de melhoria

Sendo que as medidas propostas assentam sobre o consumo de electricidade, a diferença representa o valor de poupança anual com a implementação das medidas de melhoria, representadas na tabela 28.

Tabela 28- Diferenças no consumo de eletricidade após as medidas de melhoria

Edifício	Consumo Anual em KWh		
	Antes das Medidas de melhoria	Após as Medidas de Melhoria	Diferença
Eletricidade	603114	444116	158998

O que em termos numéricos, baseando-se no valor médio pago por KWh (Tabela 24), significa uma poupança anual de 28.619,64€ anuais.

Capítulo XIX

Conclusões

Após a análise e estudo dos consumos existentes neste Estabelecimento de Ensino, verifica-se que é muito difícil efetuar uma simulação dinâmica exata dos consumos energéticos neste tipo de edifício, tanto por causa da sua dimensão, como por causa do seu perfil específico de utilização. O modelo dinâmico usado demonstra não ser o mais adequado, mas consegue ainda assim uma aproximação e uma ideia muito específica de onde se consome a energia, qua aliás é um dos objetivos das simulações dinâmicas.

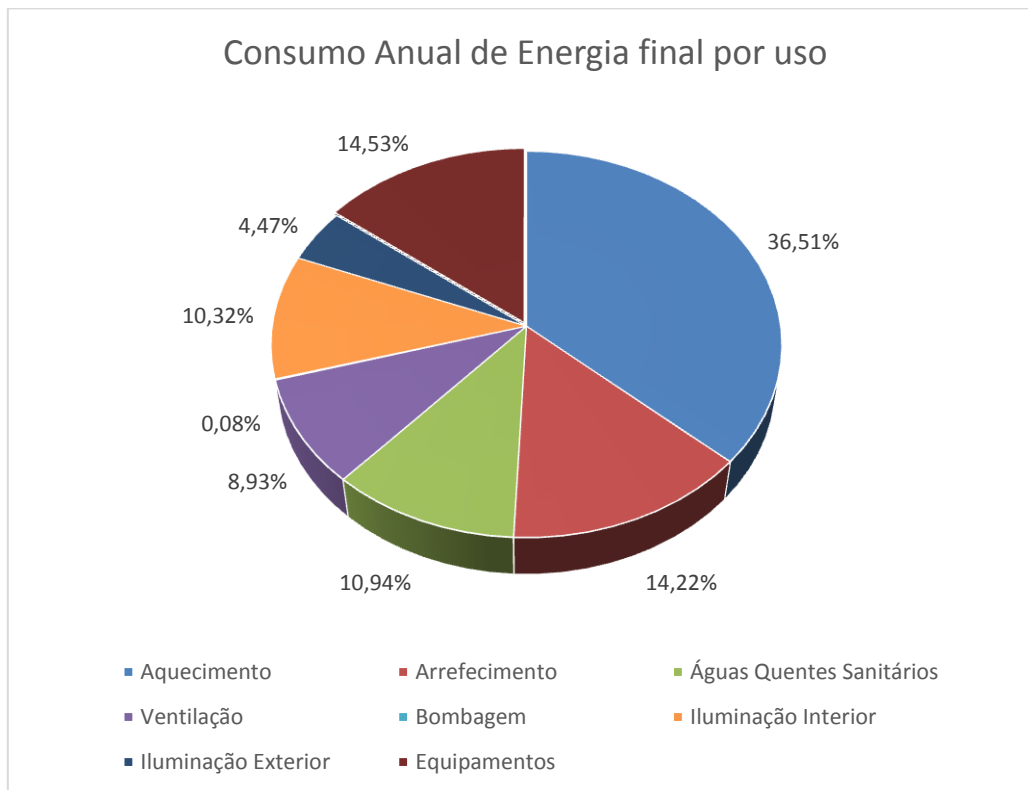


Figura 42- Consumo Anual de Energia Final por uso

Este estudo assume uma maior importância devido ao facto de se terem construído na mesma altura várias escolas com especificações idênticas, sendo que estas especificações representam uma diferença substancial em termos de conforto, segurança e qualidade de ar interior, no entanto estas diferenças não existem sem custos, custos estes que este trabalho demonstra.

Ao longo desta dissertação, mais nomeadamente nas medidas de melhoria consegue-se perceber que a aposta na Energia Fotovoltaica para Autoconsumo será uma medida a tomar em conta, tanto mais que está previsto existir financiamento para as Autarquias em 2015.

Constata-se também que todas as medidas propostas têm um custo aproximado de 72.475,50 €, mas para além de melhorarem o conforto térmico do edifício, a classificação energético do mesmo, estas medidas também provocam uma poupança anual de 28.619,64 €, pelo que o Payback será de 2 anos e cinco meses, o que indica que as medidas propostas são viáveis e representam uma mais valia para o edifício.

Referências Bibliográficas

- [1] Agência para a Energia ADENE
<http://www.adene.pt/textofaqs/o-que-e-0>
- [2] United Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto Protocol [Online].
http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php
- [3] Agência para a Energia ADENE
<http://www.adene.pt/indicador/consumo-de-energia-final-por-setor-de-atividade>
- [4] Catalogue Tarif Eclairage Intereur, 2012
http://www.indal-france.com/tl_files/indal-france/Publications/Catalogue%20Tarif%20Eclairage%20Interieur%202012.pdf
- [5] Decreto-Lei n.º 118/2013. Diário da Republica. n.º 159, Série I de 2013-08-20
- [6] Laboratório Nacional de Engenharia Civil, “Coeficiente de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios”, versão atualizada 2006, série ITE50.
- [7] Despacho (extrato) n.º 15793-I/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03
- [8] Despacho (extrato) n.º 15793-J/2013. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03
- [9] Trabalho realizado na disciplina de Sistema de Climatização e Segurança.
- [10] Sousa, Filipe Alexandre de; Oliveira, Manuel Â. S. de – **Curso Técnico Instalador de Energia Fotovoltaica**. 2ª ed. Porto: PUBLINDUSTRIA, 2011. ISBN: 9789728953782

Anexos

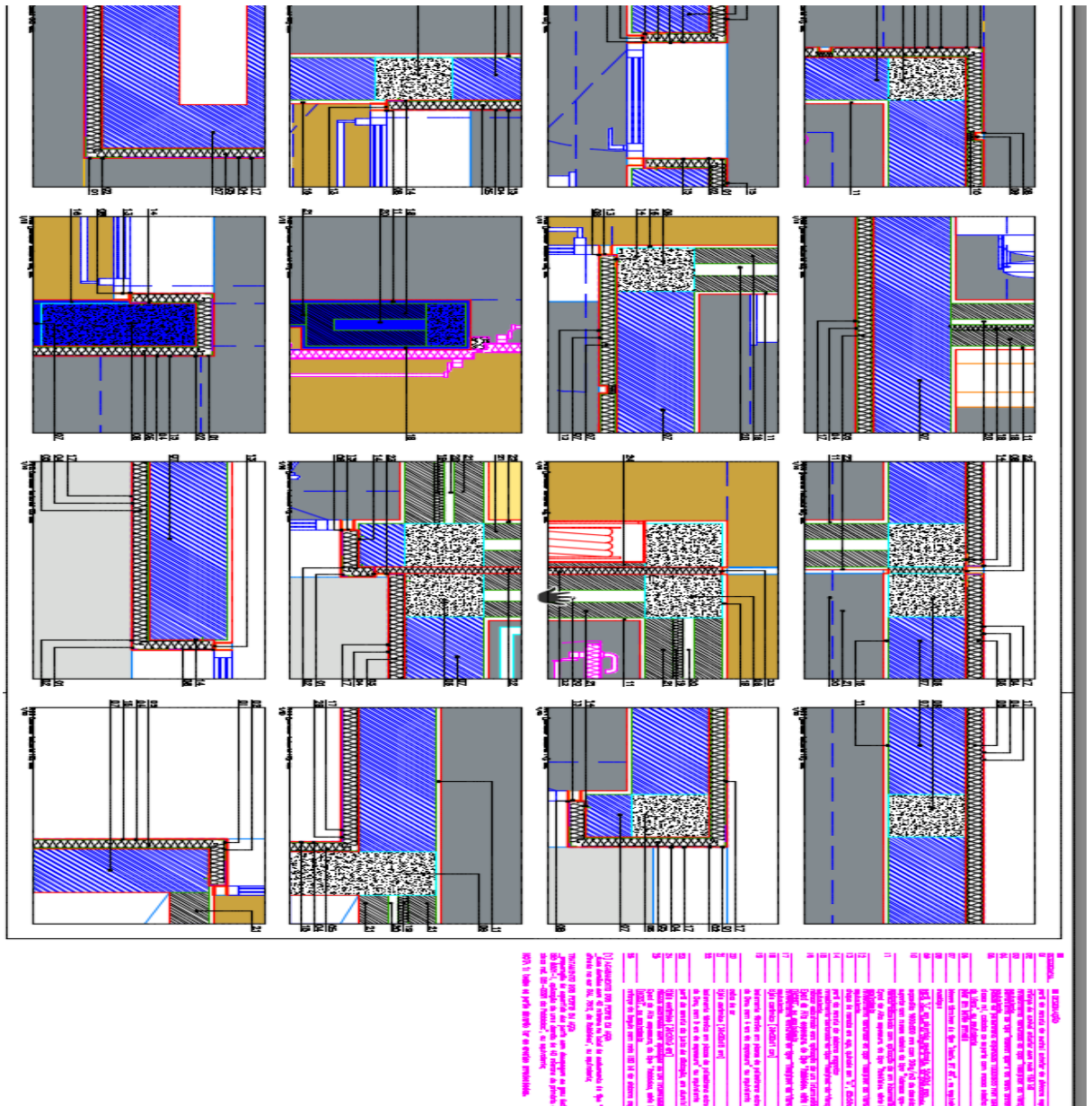
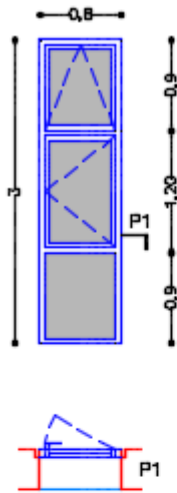


Figura 43- Pormenores construtivos



Vã AD2

DESCRIÇÃO:

- _vão fixo+janela de batente+janela basculante
- _vidro exterior temperado [8mm], com capa de protecção solar do tipo "Antelio Clear" ou equivalente
- _caixa de ar [10mm]
- _vidro interior temperado [8mm]
- _acabamento em alumínio anodizado natural
- _ferragens [as necessárias para o bom funcionamento do vão]
- _puxador com mecanismo oculto
- _mecanismo para manipulação de janela basculante superior

SOLEIRA:

- _chapa de aço com 3mm de espessura com pingadeira
- _acabamento a duas demões com 40 microns no total de acabamento do tipo "Esmalte meio brilho série 045, da Robbialac, afinado na cor RAL 7012", ou equivalente
- _preparação da superfície dos perfis com decapagem ao grau Sa2 1/2 de acordo com a norma ISO 8501-1, aplicação de uma demão de 40 microns de primário do tipo "Robbifer, fosfato de zinco ref. 021-0291 da Robbialac"

QUANTIDADES: 21B

Figura 44- Vãos Envidraçados

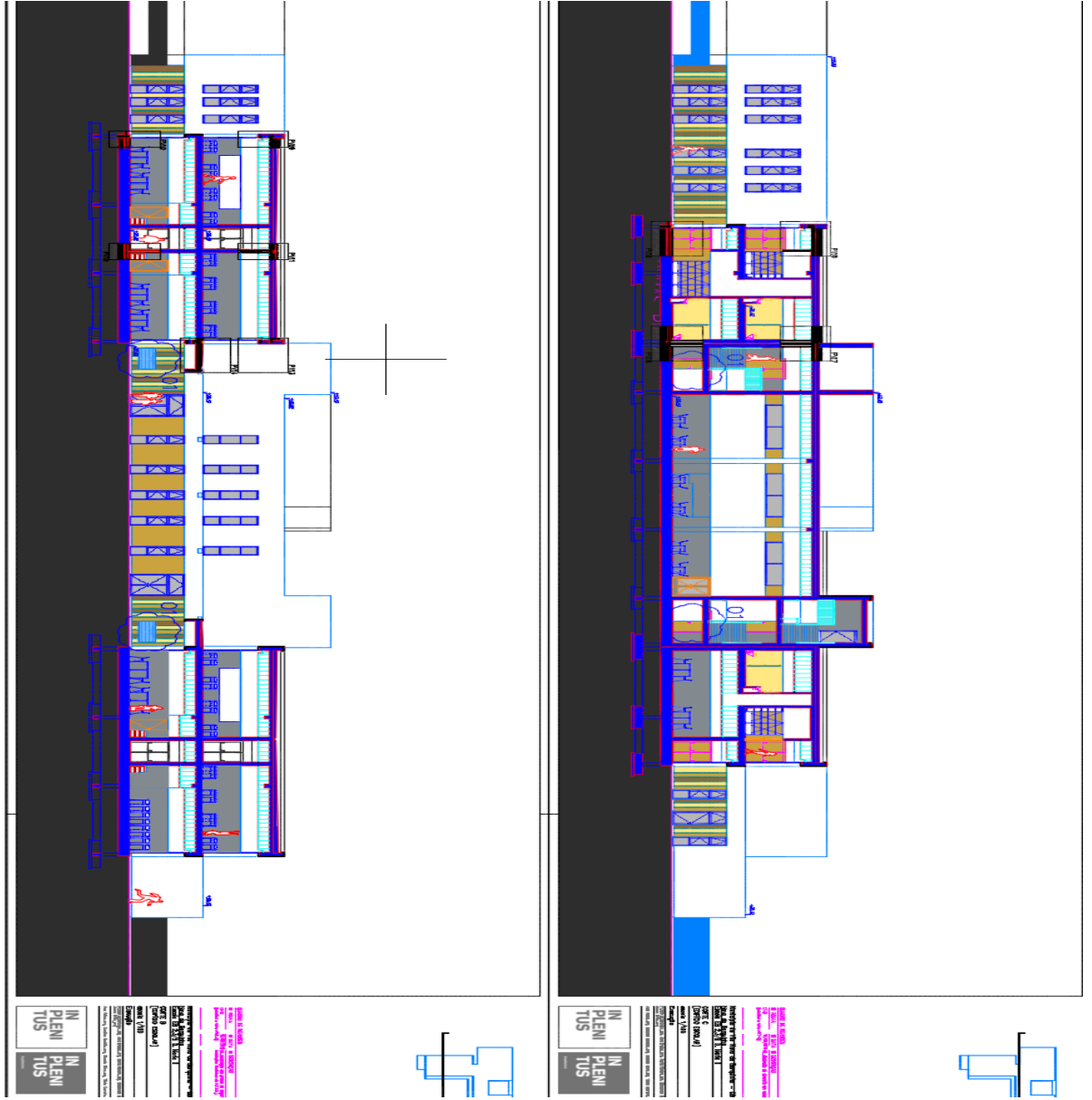


Figura 45- Corte I

Tabela 29- Estudo dos perfis dos alunos

Horários das turmas		segunda	terça	quarta	quinta	sexta
5a	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	12:30	12:30	13:30	12:30	12:30
	Saida	16:20	16:20	13:30	16:20	16:20
5b	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	12:30	13:30	13:30	13:30	12:40
	Saida	17:15	17:15	13:30	13:30	16:20
5c	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	13:30	13:30	13:30	13:30	13:30
	Saida	13:30	17:15	13:30	13:30	13:30
6a	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	13:30	13:30	13:30	13:30	13:30
	Saida	13:30	16:20	13:30	17:15	17:15
6b	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	13:30	13:30	13:30	13:30	13:30
	Saida	17:15	13:30	13:30	17:15	16:20
6c	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	13:30	13:30	13:30	13:30	13:30
	Saida	17:15	13:30	13:30	17:15	16:20
7a	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	13:30	12:30	13:30	12:30	13:30
	Saida	17:15	17:15	13:30	16:20	17:15
7b	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	13:30	13:30	13:30	13:30	13:30
	Saida	16:20	17:15	13:30	17:15	17:15
7c	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	13:30	13:30	13:30	13:30	12:30
	Saida	17:15	17:15	13:30	17:15	16:20
7d	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	13:30	13:30	13:30	12:30	13:30
	Saida	16:20	16:20	13:30	17:15	13:30
8a	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	12:30	12:30	13:30	13:30	13:30
	Saida	17:15	17:15	13:30	17:15	16:20
8b	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30

	Almoço	12:30	12:30	13:30	13:30	13:30
	Saida	16:20	17:15	13:30	17:15	16:20
8c	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	13:30	12:30	13:30	12:40	13:30
	Saida	17:15	17:15	13:30	16:20	16:20
8d	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	12:30	13:30	13:30	13:30	13:30
	Saida	17:15	13:30	13:30	17:15	13:30
9a	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	13:30	13:30	13:30	13:30	12:30
	Saida	17:15	17:15	13:30	13:30	16:20
9b	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	13:30	12:30	13:30	13:30	13:30
	Saida	17:15	16:20	13:30	17:15	16:20
9c	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	12:30	13:30	13:30	13:30	13:30
	Saida	16:20	17:15	13:30	13:30	17:15
10a	Entrada	08:30	09:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	13:30	13:30	13:30	12:30	13:30
	Saida	17:15	17:15	13:30	17:15	17:15
10b	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	12:30	12:30	13:30	12:30	12:30
	Saida	17:15	17:15	13:30	17:15	17:15
11a	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	13:30	13:30	13:30	13:30	13:30
	Saida	17:15	17:15	13:30	17:15	17:15
12a	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	13:30	13:30	13:30	13:30	13:30
	Saida	13:30	13:30	13:30	15:20	13:30
12b	Entrada	08:30	08:30	08:30	08:30	08:30
	Almoço	12:30	12:30	13:30	12:30	12:30
	Saida	17:15	17:15	13:30	17:15	17:15



Figura 47- Imagens da cozinha



Figura 48- Imagens do controlador manual do AVAC



Figura 49- Imagens dos depósitos de AQS



Figura 50- Imagem da Sala de Aula



Figura 51- Foto da Central Térmica



Figura 52- Foto da Central Térmica II