



## **Estudo da Eficiência Energética de Edifícios Escolares do Município de Penafiel**

**MARIANA ALEXANDRA TEIXEIRA DA SILVA**

novembro de 2018

# Estudo da Eficiência Energética de Edifícios Escolares do Município de Penafiel

Mariana Alexandra Teixeira da Silva

Dissertação submetida para a obtenção do grau de  
Mestre em Energias Sustentáveis

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica

novembro de 2018



Relatório da Unidade Curricular de Dissertação/Projeto/Estágio do 2º ano do  
Mestrado em Energias Sustentáveis

Mariana Silva, Nº 1150004, [1150004@isep.ipp.pt](mailto:1150004@isep.ipp.pt)

Empresa: Câmara Municipal de Penafiel



Orientação Científica: Roque Brandão, [rfb@isep.ipp.pt](mailto:rfb@isep.ipp.pt)

Supervisão: Jorge Duarte Araújo da Silva Alves, [j.alves@cm-penafiel.pt](mailto:j.alves@cm-penafiel.pt)

Mestrado em Energias Sustentáveis  
Departamento de Engenharia Mecânica



## *Agradecimentos*

À Sra. Conceição Pereira, pelo tempo dispensado para me acompanhar no centro escolar de A.

Ao Sr. Gonçalo Silva pelo fornecimento dos consumos de Pellets e gasóleo e por ser incansável quando precisava dos serviços gerais do município de Penafiel.

Ao Engenheiro António Rui, da Câmara Municipal de Penafiel pelo esclarecimento nas faturas elétricas dos centros escolares.

À Sra. Benedita Nunes pelo tempo dispensado quando requeria informação específica dos centros escolares.

Ao Sr. Amadeu, pelos esclarecimentos de AVAC e por ajudar em algumas falhas no centro escolar A.

À minha melhor amiga, Sofia Morais por me acompanhar nesta jornada e garantir que eu seria capaz.

À minha irmã Liliana, ao meu cunhado Jorge e aos meus sobrinhos Lara e Tomás por me acompanharem e apoiarem nesta etapa.

À minha irmã Bruna, ao meu cunhado Ivo e ao meu sobrinho Gustavo por me darem força e não me deixarem desanimar.

À minha mãe e ao meu pai por serem incansáveis e acompanharem todo este processo.

Ao Engenheiro Jorge Alves, da Câmara Municipal de Penafiel, por me aceitar como sua estagiária, por me encaminhar e por me acompanhar neste projeto.

Ao Engenheiro Roque Brandão, Vice-Presidente do Instituto Superior de Engenharia do Porto e meu orientador, pelo papel fundamental na conclusão desta Dissertação e por tornar as minhas incertezas em certezas.

Por último, ao meu namorado, Bruno Carvalho, por sempre ter dado uma palavra importante, quando tudo parecia não correr como esperado.



## *Resumo*

O presente trabalho visa complementar a edificação sustentável e a eficiência energética de três centros escolares do Município de Penafiel. Estes edifícios são idênticos entre si, o que facilitou a análise da sua eficiência energética.

Para definir as estratégias a implementar, é necessário realizar estudos dos edifícios escolares, abordar os utilizadores de cada centro escolar, estudar os seus hábitos, quais os equipamentos em funcionamento e verificar a existência, ou não, da utilização de fontes de energia renovável.

Os painéis solares para aquecimento são sistemas de produção de energia em forma de calor, através da utilização da luz solar. Esta energia proveniente de fonte renovável é uma energia considerada “limpa” devido à reduzida emissão de gases poluentes. Como algumas das escolas em estudo possuem painéis solares, instalados aquando da sua construção recente, e estes sistemas não se encontram em funcionamento ou têm algumas anomalias, foi proposto a realização de um estudo para avaliar a possível energia a ser poupada se estes equipamentos estiverem a funcionar corretamente.

Estes painéis, sendo bem dimensionados e utilizados poderão beneficiar os centros escolares a nível energético, contribuindo para a redução da fatura energética.

### *Palavras-Chave*

Edifícios escolares, Eficiência energética, Painéis solares, Sustentabilidade, Consumo, Energia.



## *Abstract*

This work complements the sustainable building and energy efficiency of three schools in the municipality of Penafiel. These buildings are identical to each other, which may facilitate the analysis of their energy efficiency.

In order to define the strategies to be implemented, it is necessary to study the school buildings, to study the elements in them, to study the habits of their occupants, which equipment is in operation and to verify the existence or not of possible sources of renewable energy.

Solar panels are systems for producing energy in the form of heat, through the use of sunlight. This energy from renewable sources is considered "clean" due to the low emission of polluting gases. Since some of the schools under study have solar panels installed during their recent construction, and these systems are not in operation or with some anomalies, a study was proposed to evaluate the possible energy to be saved if these operate adequately.

These panels, to be well used, according to their installed power and maintenance can benefit the schools at the energy level, contributing to the reduction of their energy bill and thus save in value.

### ***Key Words***

School buildings, Energy Efficiency, Solar panels, Sustainability, consumption, Energy.



## *Declaração*

Mariana Alexandra Teixeira da Silva declara, sob compromisso de honra, que este trabalho é original e que todas as contribuições não originais foram devidamente referenciadas, com identificação da fonte.

*30 de outubro 2018*

---

*Assinatura*



# Índice

<b>RESUMO</b> .....	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>XIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XV</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>XVII</b>
<b>NOMENCLATURA</b> .....	<b>XXI</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....	2
1.2. OBJETIVOS .....	3
<b>2. ESTADO DA ARTE</b> .....	<b>5</b>
2.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	5
2.2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS EDIFÍCIOS .....	7
2.3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS EDIFÍCIOS ESCOLARES .....	8
2.4. CASO DE ESTUDO EM PORTUGAL .....	9
<b>3. LEGISLAÇÃO</b> .....	<b>11</b>
3.1. DIRETIVA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (EED) .....	11
3.2. FUNDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (FEE) .....	13
3.3. ECO.AP .....	13
<b>4. PROGRAMA NACIONAL DE REQUALIFICAÇÃO DA REDE ESCOLAR DO 1º CICLO</b> .....	<b>15</b>
4.1. OBJETIVOS DOS CENTROS ESCOLARES .....	16
4.2. INTERVENÇÃO ESTRATÉGICA NO ÂMBITO DO PROGRAMA .....	16
<b>5. CENTROS ESCOLARES DO MUNICÍPIO DE PENAFIEL</b> .....	<b>19</b>
<b>6. CASO PRÁTICO</b> .....	<b>23</b>
6.1. CENTRO ESCOLAR A .....	23
6.2. CENTRO ESCOLAR B .....	26
6.3. CENTRO ESCOLAR C .....	30
<b>7. ANÁLISE DO CASO PRÁTICO</b> .....	<b>35</b>
7.1. ANÁLISE DO CENTRO A .....	38
7.2. ANÁLISE DO CENTRO ESCOLAR B .....	41
7.3. ANÁLISE DO CENTRO ESCOLAR C .....	42
<b>8. PROPOSTA DE SOLUÇÕES</b> .....	<b>43</b>

8.1.	CENTRO ESCOLAR A .....	43
8.2.	CENTRO ESCOLAR B .....	44
8.3.	CENTRO ESCOLAR C .....	45
8.4.	MEDIDAS COMPORTAMENTAIS.....	46
<b>9.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>10.</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>51</b>

## *Índice de Figuras*

Figura 1-Repartição da utilização de energia por: a) setor e b) por equipamentos/sistemas, in (1).	10
Figura 2- Síntese global dos impactos do PNAEE 2016 - Poupança Energia Primária (tep), in [20] .....	12
Figura 3-Agrupamentos escolares do Município de Penafiel.....	20
Figura 4- Mapa da rede de ensino do ano letivo 2007/2008 .....	21
Figura 5- Mapa da rede ensino do ano letivo 2017/2018 .....	22



## *Índice de Tabelas*

Tabela 1-Espaços e áreas do centro escolar A, adaptado de [12].....	24
Tabela 2- Espaços e áreas do centro escolar B, adaptado de [13].....	27
Tabela 3-Espaços e áreas do centro escolar C, adaptado de [2].....	30
Tabela 4--Cálculo do indicador de consumo €/m <sup>2</sup> .....	37
Tabela 5-Cálculo do indicador de consumo €/utilizador.....	38
Tabela 6-Consumo anual dos respetivos equipamentos e aparelhos de iluminação do CE A. ....	39
Tabela 7-Somatório das faturas mensais de eletricidade no centro escolar A.....	40



## *Índice de Gráficos*

Gráfico 1- Consumo gás natural no centro escolar A. ....	25
Gráfico 2-Consumo de gás natural e energia elétrica no centro escolar A. ....	26
Gráfico 3- Consumo de Pellets no centro escolar B.....	28
Gráfico 4- Consumo de Pellets e Energia Elétrica no centro escolar B. ....	29
Gráfico 5-Consumo de gasóleo no centro escolar C. ....	32
Gráfico 6- Consumo de gasóleo e de energia elétrica do centro escolar C.. ....	33
Gráfico 7- Soma dos consumos energéticos de cada um dos três centros escolares. ....	36
Gráfico 8-Consumo anual de todas as energias utilizadas nos respetivos centros escolares. ....	37
Gráfico 9- Consumo anual de energia elétrica com e sem o sistema AVAC.....	41
Gráfico 10- Consumo anual de gasóleo e de Pellets nos centros escolares B e C, respetivamente. ....	46



# *Nomenclatura*

## **Nomenclatura Química**

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

## **Abreviaturas**

AQS	–	Águas Quentes Sanitárias
AVAC	–	Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado
CE	–	Centro Escolar
EE	–	Energia Elétrica
EED	–	Diretiva de Eficiência Energética
ESE	–	Empresas de Serviços Energéticos
EU	–	Estados Unidos
FEE	–	Fundo de Eficiência Energética
GLE	–	Gestor Local de Energia
PNAEE	–	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PNAER	–	Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis
UE	–	União Europeia
URE	–	Utilização Racional de Energia

# *Unidades*

*Ktep*

*kWh*

# 1. Introdução

A utilização de energia elétrica é algo indispensável no dia-a-dia de qualquer pessoa, sendo um dos elementos fundamentais para o desenvolvimento do nível de vida. O consumo de energia elétrica tem aumentado exponencialmente e a população mundial cada vez mais depende desta energia. Com isto, há a necessidade de tornar as fontes de produção desta energia mais diversificadas e menos poluentes.

A utilização de energia pelos edifícios, ainda ocupa uma elevada percentagem do consumo total de energia e emissão de CO<sub>2</sub>, 40% e 36%, respetivamente [1]. Com o aumento da emissão dos gases com efeito de estufa é necessário aplicar medidas de mitigação em relação ao consumo de energia elétrica. Estas tornam-se essenciais, pois este consumo de energia pode ser significativamente reduzido, sem custos adicionais, aquando uma boa aplicação das medidas adequadas no seu tempo de vida útil. Estas medidas poderão ser aplicadas com o intuito de diminuir o consumo de energia proveniente de fontes mais convencionais (fontes fósseis), mas também com a intenção de estas oferecerem soluções de racionalização energética.

A energia proveniente de fontes renováveis é produzida através de recursos em que não é possível estabelecer um fim de vida temporal, ou seja, são recursos que se renovam antes de se esgotarem.

Ao longo dos anos a ciência tem vindo a evoluir em diversos sentidos, incluindo na procura de soluções tecnológicas que oferecem recursos para a produção de energia, através de fontes renováveis, tornando-as mais competitivas, atrativas e suficientes para cobrirem as necessidades energéticas da população.

A racionalização energética é outra vertente das medidas de mitigação, pois esta apela a uma maior consciência e organiza os padrões de comportamento na utilização da energia elétrica nos edifícios. Esta reorganização comportamental promoverá a uso de energia de forma mais inteligente, sem causar desconforto ou redução dos recursos.

Para fundamentar o trabalho presente nesta Dissertação foi elaborado um estágio na Câmara Municipal de Penafiel com a finalidade de estudar e avaliar a eficiência energética de algumas escolas do município.

Penafiel é uma cidade do distrito do Porto, composta por 28 freguesias e habitada por mais de 72 000 mil pessoas. Esta cidade é banhada por três grandes cursos hidrográficos, Douro, Tâmega e Sousa e é considerada um elo de ligação entre o litoral e a região de Trás-os-Montes [2].

Recentemente, o Município de Penafiel construiu onze novos centros escolares e ampliou 6 escolas nas suas freguesias, dotados com melhores equipamentos e com melhores condições educativas, desportivas e de lazer, para terminar com as más condições que existiam nas escolas que eram abrangidas pelas freguesias em questão.

## **1.1. Contextualização**

No âmbito da realização da Dissertação de Mestrado, do Mestrado em Energias Sustentáveis pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto foi escolhido o tema “Estudo da Eficiência Energética de Edifícios Escolares do Município de Penafiel”. Esta Dissertação foi realizada com o auxílio da realização do estágio na Câmara Municipal de Penafiel, que como o tema indica, terá como principal função elaborar um estudo de eficiência energética em três centros escolares do concelho de Penafiel. Estas escolas são situadas em diferentes localidades, sendo elas, A, B e C.

Apesar dos centros escolares serem localizados em diferentes freguesias, as suas plantas são semelhantes entre si o que facilitará a análise da sua eficiência energética. Mesmo assim será necessário averiguar cada escola ao pormenor, pois apesar de semelhantes, os utilizadores que as frequentam, diferem. Para isso será indispensável a deslocação a cada centro escolar para analisar os edifícios, localizar possíveis problemas energéticos e também identificar as práticas energéticas que são usualmente utilizadas em cada centro escolar.

Como as faturas de energia elétrica nestes centros escolares são elevadas, é necessário analisá-las e verificar onde será possível diminuir o montante a ser pago e se é possível apostar em energias alternativas, ou se a melhor medida de mitigação será a racionalização energética.

Contudo existem barreiras para optar pela racionalização energética como uma medida de poupança de energia. Os elementos que frequentam estes centros escolares têm de estar suscetíveis para mudança de comportamentos, saberem que nem sempre o maior gasto é o melhor. Estas barreiras necessitam de ser contornadas e com isto, se necessário, apostar-se-á em medidas comportamentais.

Em relação às energias alternativas, há a possibilidade de utilização de energia solar provenientes de painéis solares térmicos, uma vez que estes já se encontram instalados nas escolas, mas não estão a ser utilizados devidamente ou estão mesmo inativos. Esta energia pode ser utilizada e entrar como uma medida de mitigação para a redução da fatura energética.

## **1.2. Objetivos**

A elaboração deste estágio apresenta quatro principais objetivos, em torno deles se compôs a preparação desta dissertação.

- Identificar todos os problemas que os edifícios escolares em estudo apresentam, bem como a possibilidade de explorar recursos renováveis que já lá existam, mas que não estão a ser eficientemente utilizados, como painéis solares térmicos.

- Compreender os padrões de consumo de energia do edifício escolar, identificando os principais consumidores de energia.
- Apresentação de resultados com a utilização e a não utilização dos painéis solares, existentes nos centros escolares.
- Apresentação de melhorias energéticas, com a finalidade de tornar os edifícios estudados, mais sustentáveis energeticamente e economicamente.

A metodologia utilizada consiste em estudos dos edifícios em causa, observação das práticas dos elementos que frequentam os centros escolares, pesquisas e análise de documentos técnicos e científicos relevantes para a elaboração desta Dissertação.

## 2. Estado da Arte

Neste capítulo será introduzido todo o trabalho que já foi realizado por outros autores, relativamente à eficiência energética nos edifícios escolares, através de pesquisas científicas. Estas pesquisas têm o intuito de referir o que já foi realizado por outros autores e também contribui para que não seja perdido tempo em pesquisas já realizadas pelos mesmos.

O Estado da Arte é considerado uma atividade complexa por ser crítica e de elevada reflexão. Não é possível adquirir informações geradas por outros autores, sem que seja realizada uma referência ao mesmo.

### **2.1. Eficiência Energética**

A eficiência energética consiste em otimizar a energia utilizada, sem que haja gastos desnecessários, podendo reduzir a energia utilizada em cada bem ou serviço, sem colocar em causa o nosso estilo de vida e sem abdicar do conforto [3].

A Utilização Racional de Energia (URE) é associada ao conceito de eficiência energética, sendo um dos elementos fundamentais para a poupança de energia.

A URE tem como o intuito a redução de consumos energéticos sem diminuir a produção de bens, serviços ou de conforto. Pode também conduzir a reduções substanciais do consumo de energia e das emissões poluentes associadas à sua conversão [4].

Para além de uma poupança energética, a URE proporciona poupanças económicas nos custos de energia pelos equipamentos. Os equipamentos mais eficientes, embora mais dispendiosos, consomem menos energia, conduzindo a custos de funcionamento mais reduzidos e apresentando outras vantagens adicionais [4].

Os objetivos a cumprir em relação às melhorias em termos de eficiência energética são elevados. Mesmo assim os principais deveres para que isto possa entrar em vigor poderá demorar décadas para serem plenamente realizados.

Uma vez que os utilizadores dos edifícios são frequentemente encorajados a poupar energia com base no consumo de energia medido, é essencial saber que o indicador utilizado para avaliar a eficiência energética está realmente a orientar o uso do edifício para a sustentabilidade [5].

Os resultados de um estudo de caso mostraram que a redução esperada do consumo de energia é de cerca de 11,2 % devido a uma melhor utilização da iluminação natural e 4,5% devido à redução das taxas de fluxo de ar fresco, enquanto prolonga o tempo de operação de ventilação [6].

A fim de melhorar a eficiência energética nos edifícios públicos é proposto a realização de auditorias energéticas. As auditorias são um forte motor para melhorar o conhecimento sobre como a energia é consumida dentro do edifício e identificar oportunidades e estratégias de poupança de energia tendo em conta as questões económicas e técnicas [6].

O estudo *“Effect of energy measures on the values of energy efficiency indicators in Finnish daycare and school buildings”* [5], refere que a eficiência energética pode ser medida usando indicadores e confirma que diferentes indicadores produzem impactos diferentes nos resultados que mostram eficiência. Refere ainda que a poupança no consumo de energia pode ser alcançada investindo em medidas técnicas ou operando o sistema de automação de edifícios com base na ocupação real dos mesmos. Os resultados indicam que o efeito das medidas de energia é semelhante a um caso de indicadores alternativos de eficiência energética. Ou seja, a utilização de medidas energéticas mais sustentáveis e não tão

convencionais, ilustraram resultados semelhantes ao utilizar-se as medidas energéticas mais usuais.

## **2.2. Eficiência Energética dos Edifícios**

A construção do edifício tem sido analisada, uma vez que nesta fase os valores de consumo, de fatores determinantes para a sustentabilidade, têm elevado consumo. Estes valores correspondem a 32 % da energia consumida, 30 % das emissões de CO<sub>2</sub>, 24 % do consumo de materiais, de 30 a 40 % da gestão de resíduos sólidos e 17 % do consumo de água potável [8]. Estes números são considerados elevados, tendo em conta que a eficiência energética não depende apenas do comportamento dos habitantes ou do estado do edifício, mas também da forma como ele foi construído.

O consumo de energia em edifícios serve principalmente para tornar o ambiente interior propício e habitável, que pode ser alcançado por meio de aquecimento de espaço, refrigeração, aquecimento de água, iluminação, ventilação e eletrodomésticos [9].

Na União Europeia (UE) estima-se que a produção anual de novos edifícios represente entre 1% e 3% da edificação. A consciencialização da eficiência energética e a necessidade de redução de CO<sub>2</sub> ainda é difundida entre as partes interessadas. No entanto, os regulamentos de construção continuam a concentrar-se principalmente em edifícios de energia quase zero [5], já que os edifícios são responsáveis por 40 % do consumo de energia da UE [7].

Com o consumo elevado de energia por parte dos edifícios, a UE aprovou em junho de 2012 a sua primeira lei da eficiência energética. Esta lei impõe que a UE terá de atingir uma poupança de energia de 15 % abaixo dos valores habituais, até o ano 2020. A diferença restante para atingir o objetivo de 20 % deverá ser preenchida por normas de conceção ecológica, como por exemplo, para caldeiras e aquecedores de água. Além disso, a nova Diretiva da UE relativa à eficiência energética exige auditorias energéticas regulares [7].

Nos Estados Unidos (EU), quase 41 % do consumo total de energia em edifícios destina-se a usos como o aquecimento, refrigeração, iluminação e computação. Também nos EU foi realizado um projeto que consistia em analisar escolas consideradas “verdes”, ou seja, sustentáveis e outras escolas “não verdes”, consideradas não sustentáveis. Neste estudo foi possível verificar que os edifícios “não verdes” consumiram, no total, mais 32% de energia

do que os edifícios “verdes” [7], dando ênfase à poupança de energia por parte de edifícios sustentáveis.

### **2.3. Eficiência Energética nos Edifícios Escolares**

A eficiência energética é um tema importante nos edifícios escolares, pois está relacionada com a qualidade do ar interior e conforto, mas não coloca em causa estes dois fatores. Uma escola com aproveitamento energético eficiente só contribui para que o edifício seja mais sustentável, não abdicando do conforto do mesmo.

Com o intuito de estabelecer diretrizes para a aplicação de uma avaliação integrada do desempenho energético são necessários procedimentos bem definidos e estruturados. Ao aumentar o conhecimento sobre como a energia é consumida nas escolas é uma forma de aumentar a consciência dos gestores escolares sobre a importância de melhorar a eficiência energética e reduzir os custos de energia [6].

O uso eficiente da energia nestes edifícios está dependente de uma gestão correta das instalações e de uma manutenção qualificada. Além disso, os fatores nos quais esta eficiência se deve basear são a estrutura do edifício, a iluminação, o uso tecnológico, os sistemas de aquecimento e a densidade ocupacional das divisões da escola [8].

No Canadá, o consumo médio nacional nas escolas é de 472 kWh/m<sup>2</sup>, enquanto o edifício modelo de acordo com o *Model National Energy Code for Buildings* do Canadá deverá ter um consumo de 357 kWh/m<sup>2</sup>. Na Grã-Bretanha, o *Energy Efficiency Office* tem desenvolvido estudos e orientações práticas para otimizar o uso da energia nos edifícios escolares, nos quais as emissões de CO<sub>2</sub> ascendem aos 6 milhões de toneladas, representando 1% do total das emissões na Grã-Bretanha [8].

Contudo as escolas têm de contribuir para o bom desempenho ambiental em relação aos edifícios. Para isso é necessário implementar medidas que alberguem bons níveis de rentabilidade. Apostar na melhoria de sistemas de climatização, acabam por ser as melhores medidas a serem implementadas. O estudo da eficiência energética em edifícios escolares, [8] aponta que a instalação de sistemas solares com o objetivo de compensar as necessidades elétricas, é uma medida menos atrativa, visto que o seu custo de investimento é elevado.

Mesmo assim, esta medida deverá ser encorajada, visto que contribui para a poupança de custos e é uma opção às energias sustentáveis

## **2.4. Caso de Estudo em Portugal**

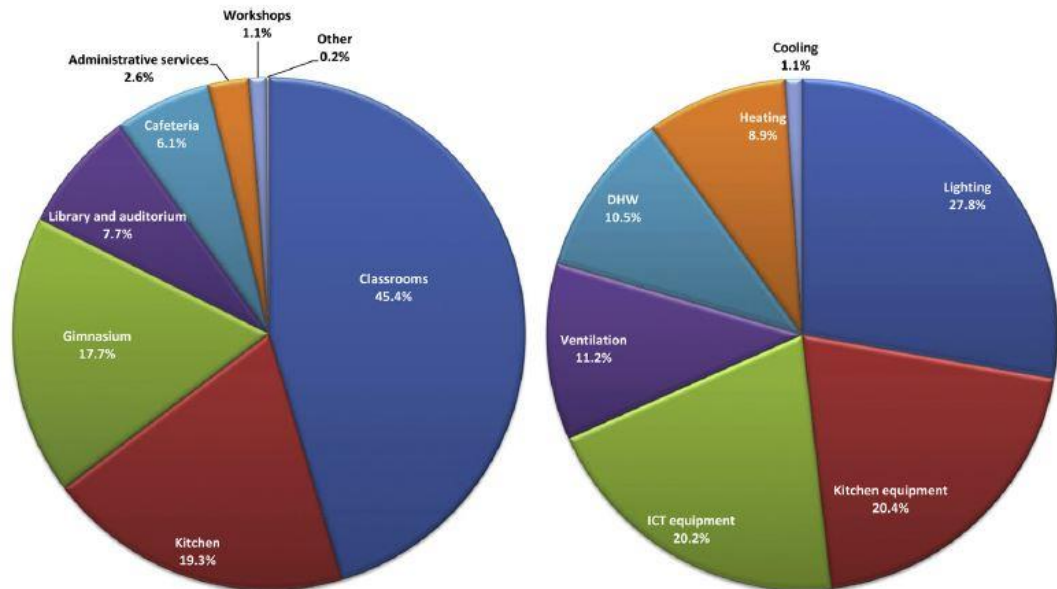
Conhecer os padrões de consumo energético dos edifícios é fundamental para realizar análises comparativas do consumo real com outros da mesma tipologia, utilizando indicadores do desempenho energético. O estudo “*An approach for energy performance and indoor climate assessment in a Portuguese school building*” [6], refere que os padrões de consumo energético são uteis para descobrir se os edifícios estão a cumprir as exigências energéticas ou se estão a precisar de um diagnóstico energético mais profundo.

Foi desenvolvido um projeto numa escola secundária localizada na região central de Portugal. O local caracteriza-se pelo clima ameno do Mediterrâneo, com invernos chuvosos e de verões secos e de temperaturas relativamente altas. A escola tem uma área de chão total aproximadamente de 12.283 m<sup>2</sup> [6].

Os planos de engenharia do prédio e os seus sistemas de energia foram avaliados detalhadamente, corrigidos e complementados com dados de inventário para identificar o maior consumo de energia no edifício. Após a análise preliminar, foi realizada a inspeção do edifício, que consistiu em visitas ao local para obter respostas do pessoal operacional e de manutenção para questões emitidas a partir da revisão inicial [6].

A equipa de auditoria reuniu-se previamente com o pessoal de operação e manutenção para estabelecer um entendimento comum do processo de auditoria. Nesta fase, era importante ter uma visão mais aprofundada das instalações técnicas do edifício, pelo que os comentários do pessoal foram devidamente tomados em consideração e foram recolhidos alguns dados tais como as especificações técnicas do equipamento e o calendário de funcionamento. Durante a visita, verificou-se também a instrumentação de medição existente e o tipo de dados registados, a fim de identificar requisitos de medição adicionais [6].

Após a realização de visitas e de análises pormenorizadas ao local foi possível ilustrar os consumos de energia na escola em estudo, como é possível verificar na Figura 1.



**Figura 1-Repartição da utilização de energia por: a) setor e b) por equipamentos/sistemas, in (1).**

Como é possível verificar na Figura 1, o gráfico mais à esquerda demonstra a utilização de energia por setor, sendo as salas de aulas com maior consumo (45,4 %), seguindo-se da cozinha (19,3 %) e do ginásio (17,7 %). No gráfico à direita verifica-se o consumo de energia pelos equipamentos/sistemas, sendo a maior percentagem atribuída à iluminação (27,8 %), seguindo-se dos equipamentos de cozinha (20,4 %) e equipamentos tecnológicos (20,2 %).

# 3. Legislação

## 3.1. Diretiva de Eficiência Energética (EED)

A Diretiva n.º 2006/32/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de abril de 2006, abrange a eficiência energética e os serviços energéticos e determina que os Estados Membros deveriam atingir um objetivo global de economia de energia de 9% até 2016. Este objetivo deverá ser atingido através de medidas que visem melhorar eficiência energética, bem como a promoção de serviços energéticos.

Assim, os Estados Membros comprometem-se, até 2020, reduzir emissões de gases com efeito de estufa em 20%, aumentar a proporção de fontes de energias renováveis em 20% e com isto alcançar a meta para a eficiência energética.

Apesar destas metas estabelecidas, a Comissão Europeia, em 2011, concluiu que havia dificuldades em atingir resultados e surgiu a nova Diretiva n.º 2012/27/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012. As principais razões para a aprovação desta Diretiva já se encontram na legislação nacional, mais concretamente no que diz respeito ao PNAEE, Plano de Ação para a Eficiência Energética.

### 3.1.1. Metas para o PNAEE

Visto que Portugal não possui combustíveis fósseis endógenos capazes de suportar as necessidades energéticas, é necessário recorrer a capacidades energéticas sustentáveis, que são características no território nacional. Com o intuito de tornar esse fator possível e assim auxiliar a vertente ambiental, é necessário incrementar a eficiência energética. Esta medida já possui estatutos que visam atingir determinadas metas, tais como:

- Redução do consumo energético de 8,2%, relativamente ao período entre 2001 e 2005, aproximando-se da meta de 9% de poupança de energia, definida pela UE. Atingindo uma poupança na energia final, até 2016, de 1501 ktep.
- Redução de 20% dos consumos de energia primária até 2020.

O PNAEE abrange seis áreas distintas, entre elas, Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Estado, Comportamento e Agricultura. Todas as áreas possuem metas diferentes para serem atingidas em 2020, como é possível verificar na Figura 2.

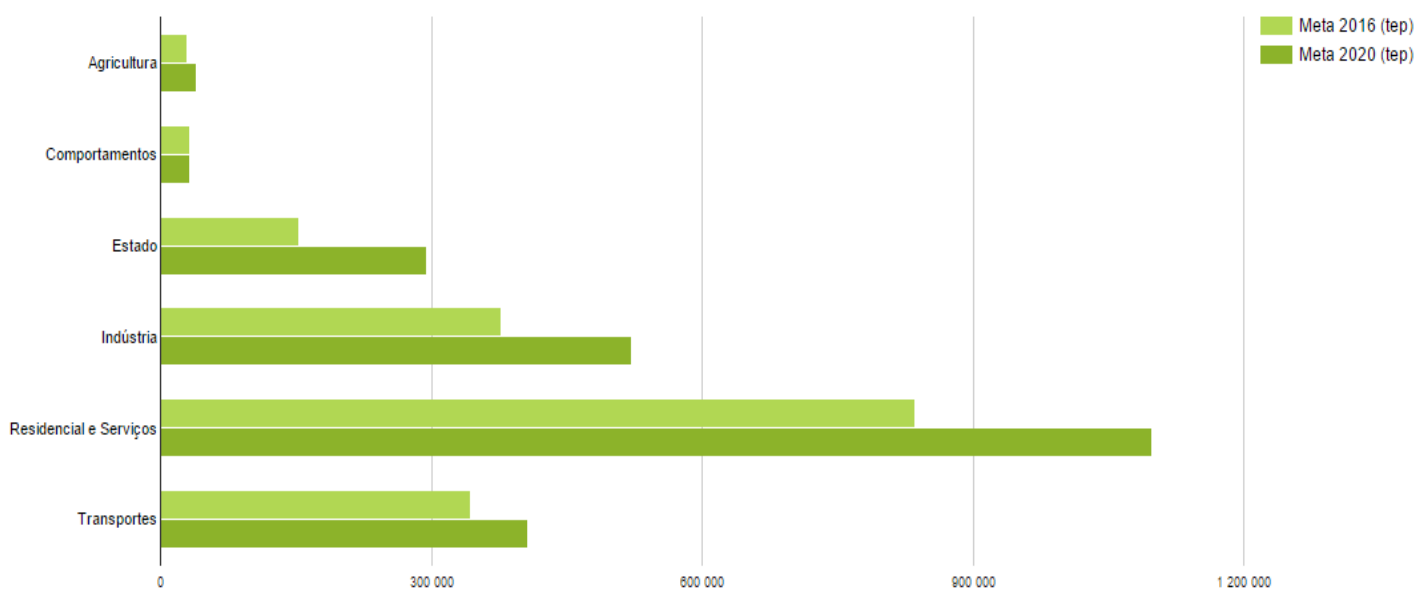


Figura 2- Síntese global dos impactos do PNAEE 2016 - Poupança Energia Primária (tep), in [20]

### **3.2. Fundo de Eficiência Energética (FEE)**

O Fundo de Eficiência Energética (FEE), em concordância com o Decreto-Lei n.º 50/2012, incorpora um elemento financeiro com a capacidade de financiar programas e medidas estipuladas no PNAEE. Este fundo alinhado com a política de desenvolvimento económico, social e territorial a desenvolver-se entre 2014 e 2020, denomina-se de “Portugal 2020”.

De acordo com as metas nacionais estabelecidas e no sentido de melhorar a eficiência energética do país através de uma redução de 25% do consumo de energia até 2020, o Estado que definiu como objetivo reduzir o seu consumo de energia em 30%.

O FEE pode apoiar projetos que não estejam abrangidos pelo PNAEE, mas que visem de forma comprovada contribuir para a eficiência energética.

#### **3.2.1. Objetivos FEE**

O fundo tem como objetivo apoiar e financiar projetos que estejam abrangidos pelo PNAEE ou em casos excecionais e comprovados, financiar projetos que promovam a eficiência energética. O FEE atua conforme as seguintes linhas de ação:

- Apoiar projetos de foro maioritariamente tecnológico nas áreas dos transportes, residencial e serviços, indústria e setor público.
- Apoiar ações de eficiência energética nas áreas dos comportamentos, fiscalidade e financiamentos.

### **3.3. Eco.AP**

O “Eco.Ap” é o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública e tem como objetivo atingir a redução dos 30% de consumo de energia [10] como referido anteriormente. Esta percentagem refere-se aos serviços de Administração Pública e é abrangido até 2020 tendo a finalidade de contribuir para a eficiência energética, não aumentando a despesa pública e ao mesmo tempo contribuir para o crescimento da economia no setor da energia.

### **3.3.1. Objetivos do Eco.AP**

Este programa procura atingir alguns objetivos estabelecidos com a finalidade de se tornar mais viável e procura dar o exemplo a outras empresas para que contribuam para a eficiência energética. Os principais objetivos do Eco.AP são:

- Permitir que o Estado diminua os seus consumos energéticos nos seus serviços.
- Estimular a economia através de um enquadramento legal para a celebração dos contratos de gestão da eficiência energética.
- Atingir as metas estabelecidas no PNAEE e no Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER).
- Desenvolver o setor das Empresas de Serviços Energéticos (ESE), criando um mercado de serviços de energia constituindo para o combate ao desperdício e a ineficiência de energia.

Para alcançar os objetivos propostos por este programa está prevista a existência de um Barómetro de Eficiência Energética, que tem por base caracterizar, comparar e divulgar o desempenho energético dos diferentes setores da Administração Pública, pois permite conhecer a estrutura dos consumos de energia no setor público. Com isto todos os serviços públicos, com capital maioritariamente público, terão de eleger um gestor local de energia (GLE), tendo como compromisso a verificação das medidas adotadas para uma melhor URE e eficiência energética.

## 4. Programa Nacional de requalificação da rede escolar do 1º ciclo

O Programa Nacional de Requalificação da Rede do 1º ciclo do Ensino Básico permite que seja melhorado o sistema de ensino. Este programa é nomeado como “Centro Escolar” (CE), e permite que as estruturas escolares do 1º ciclo do Ensino Básico sejam remodeladas ou consumadas em novos edifícios, construídos para o efeito. Este projeto é maioritariamente pensado no desenvolvimento de redes escolares que integram numa grande dispersão geográfica. Apesar dos Municípios de todo o País se esforçarem para que este problema venha a ser diminuído, há ainda um grande problema com a sistemática da desertificação das localidades inseridas em meios rurais. Este fator prejudica o ensino das populações menos numerosas visto que, as escolas com menos alunos vêm-se obrigadas a juntar turmas, do mesmo e de diferentes anos letivos, tornando os estabelecimentos de ensino pouco atrativos e operacionais, levando a uma grande dispersão de recursos humanos, materiais e financeiros, levando a uma diferenciação menos positiva entre as zonas urbanas e rurais. Assim este projeto pretende garantir que os alunos tenham oportunidades de ensino estruturais, com facilidade de acessos e recursos a materiais que visem garantir o sucesso escolar nestes novos espaços educativos. Para isso é necessário que os municípios

intervenham na rede educativa, apoiados em critérios rigorosos de desenvolvimento e reordenamento da rede escolar e também na Carta Educativa de cada município.

Este redimensionamento da rede escolar assenta assim no conceito de Centro Escolar, que permitirá renovar todo o parque escolar do 1º ciclo, evoluindo para edifícios que, desejavelmente, integrem o 1º ciclo do ensino básico e a educação pré-escolar e se encontrem apetrechados com espaços destinados à instalação de biblioteca polivalente/refeitório, sala de professores, para além de um conjunto de áreas multifuncionais que contribuam para a melhoria da qualidade do espaço educativo e que poderão, igualmente, ser partilhados pelas comunidades locais em que as escolas se inserem, [11].

#### **4.1. Objetivos dos Centros Escolares**

O programa já referido anteriormente aposta em medidas para a melhoria do ensino do 1º ciclo assumindo alguns objetivos, sendo eles: requalificar o parque escolar do Ensino Básico e da Educação Pré-Escolar, tendo em vista o reordenamento da rede escolar; Promover a construção/ampliação/requalificação dos estabelecimentos de ensino do 1º Ciclo, na perspectiva da criação de centros escolares que integrem, sempre que possível, mais do que um nível de ensino; Construir/requalificar as escolas do 1º ciclo do Ensino Básico, na perspectiva de Centro Escolar, dotado de espaços escolares multifuncionais (biblioteca, refeitório/polivalente, sala dos professores) caracterizados por índices de qualidade funcional e conforto; Reordenar a rede de escolas do 1º ciclo do Ensino Básico, fomentando a suspensão do funcionamento de estabelecimentos de ensino de menores dimensões. Por último, um dos objetivos presentes é incentivar a construção/ ampliação das escolas do 1º ciclo, por forma a eliminar o regime de funcionamento duplo, possibilitando que todas as turmas do 1º ciclo possam funcionar em regime normal.

#### **4.2. Intervenção estratégica no âmbito do programa**

As intervenções das redes escolares do Ensino Básico a realizar nas zonas rurais, zonas com baixa densidade populacional, e nas zonas urbanas, zonas de alta densidade populacional, seguem programas diferentes, seguindo modelos de reestruturação distintos, devido à dispersão geográfica das escolas em causa e também da população das diferentes zonas.

##### **4.2.1. Intervenção em zonas rurais**

Nas zonas rurais existem, em exceção, algumas escolas de dimensão média que apresentam

taxas de ocupação elevadas e algumas salas a funcionar em regime duplo, isto é, recebem o dobro das turmas comparado com o seu dimensionamento inicial. Este fenómeno é raro nestas zonas, pois, a maioria das escolas do 1º ciclo são de pequenas dimensões e geograficamente muito dispersas.

Com o programa “Centro Escolar” pretende-se que sejam construídas ou requalificadas escolas em áreas que se apresentem geograficamente centrais, em relação a outras escolas de pequenas dimensões com o 1º ciclo. Ao aplicar o referido programa, pretende-se que os estabelecimentos de ensino sejam munidos de espaços educativos diferenciados e multifuncionais sem deixar de parte a vertente de apoio social, por outro lado permitirá que sejam criadas condições físicas que possibilitem a integração de novos alunos do 1º ciclo das escolas circundantes que eram constituídas por poucos alunos. Assim ficam reunidas as condições para que se possa proceder ao encerramento destas escolas.

Os projetos realizados no Centro Escolar nas zonas rurais devem ser caracterizados de espaços multifuncionais que integrem nas exigências escolares e educativas dos alunos, qualificando-se como polos de desenvolvimento local nas áreas sociocultural, recreativa e desportiva, de modo a poderem ser utilizados pela comunidade [11].

Assim, estes estabelecimentos de ensino novos ou requalificados nas zonas rurais deverão ser munidos com as seguintes funções:

- Condições físicas para o funcionamento da educação pré-escolar, juntamente com o 1º ciclo, por forma a que os CE não fiquem vinculados à lecionação de um só nível de educação ou ensino;

- Bibliotecas escolares que se articulem com as redes de bibliotecas municipais;

- Espaços envolventes organizados e compostos com equipamentos lúdico-desportivo a utilizar pela comunidade;

- Espaços orientados para a formação contínua e profissional da comunidade, nos quais haja possibilidade para o desenvolvimento de cursos de educação e formação ou cursos profissionais.

Com todos estes aspetos, estes CE visam beneficiar a educação pré-escolar e o primeiro nível de ensino, sendo um passo importante para a obtenção de melhores condições para a

educação que é oferecida às zonas rurais, contribuindo para o reforço da coesão territorial de âmbito nacional.

#### **4.2.2. Intervenção em zonas urbanas**

Como acontece nas zonas rurais, as zonas urbanas também são abordadas com o facto de nas escolas existirem sobreocupação das salas, fazendo com que estas funcionem em regime duplo, alocando o dobro dos alunos para que foram inicialmente dimensionadas. Este problema é devido à maior densidade populacional nestas zonas.

Após estes aspetos é necessário realizar uma revisão às escolas para que seja possível avançar com a melhoria da qualidade dos espaços educativos. Para isso essa revisão deverá ser processada através de dois cenários.

O primeiro cenário consiste no plano de expansão e desenvolvimento da malha urbana da área em que cada escola do 1º ciclo se situa, poderá assumir-se como mais eficaz e desejável, a construção de novos equipamentos educativos, no âmbito do conceito de Centro Escolar, integrando instalações para a educação pré-escolar, [11].

O segundo cenário passa pela reconstrução das escolas já existentes, desde que estas reúnam as condições necessárias, nomeadamente em termos de estrutura e espaço envolvente disponível. Assim poderá ser equacionada a realização de uma requalificação/ampliação estruturante, tendo em vista uma efetiva ampliação e melhoria da qualidade das instalações, integrando espaços para a educação pré-escolar, [11].

Qualquer uma das opções anteriormente descritas, têm como objetivo alcançar o descongestionamento das escolas com o 1º ciclo sobrelotadas e a criação de espaços qualificados e destinados a diferentes atividades de educação e formação. Com isto é possível que cada município proceda ao reordenamento da rede escolar e simultaneamente disponibilizando aos alunos e às comunidades locais um conjunto de equipamentos educativos que contribuam para o sucesso educativo e formação das crianças e jovens inseridos naquelas comunidades.

## 5. Centros escolares do Município de Penafiel

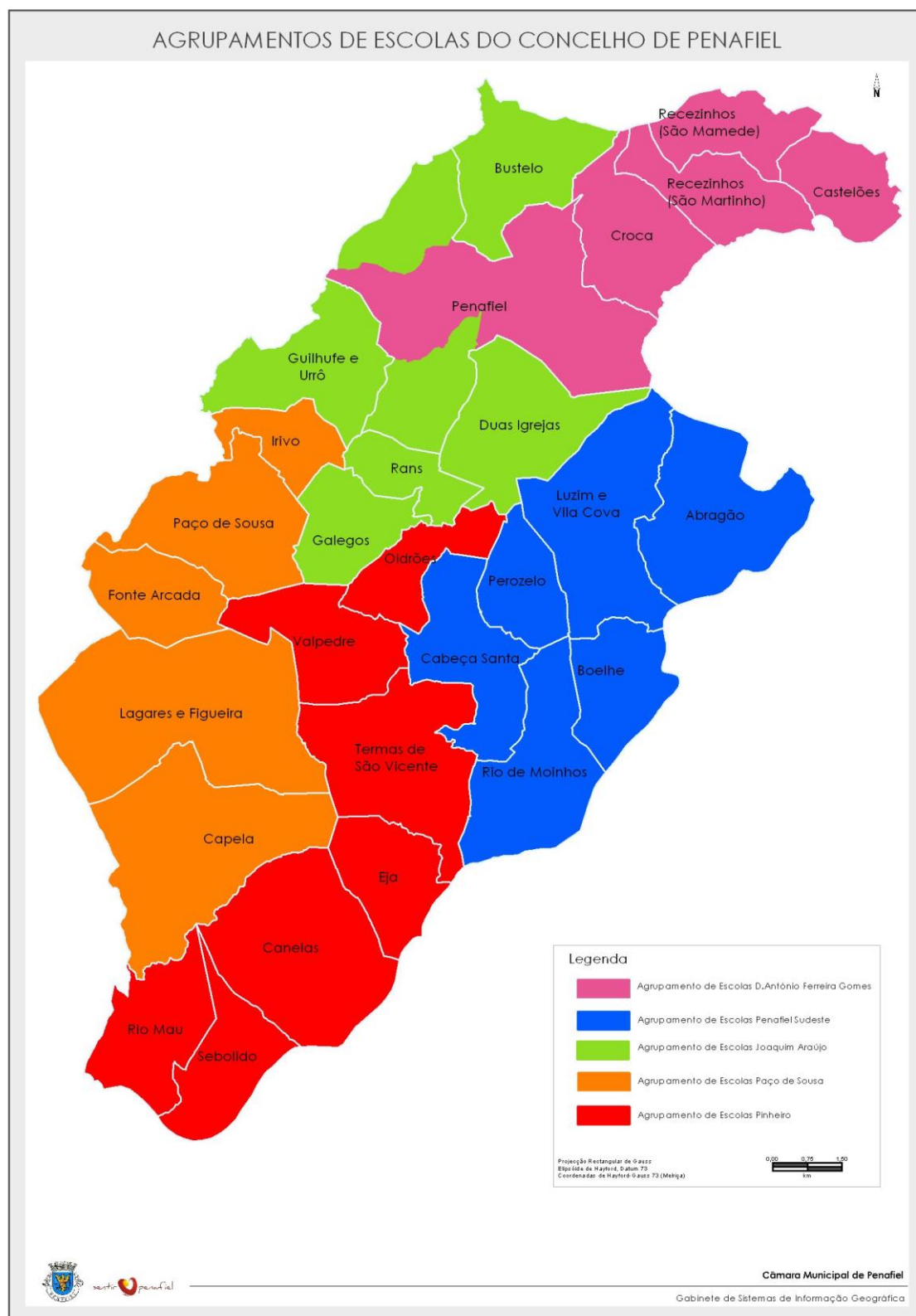
O Município de Penafiel possui cinco agrupamentos escolares, sendo eles caracterizados por diferentes zonas. Entre eles surgem o agrupamento de escolas D. António Ferreira Gomes, agrupamento de escolas de Penafiel Sudeste, agrupamento de escolas Joaquim Araújo, agrupamento de escolas de Paço de Sousa e por último o agrupamento de escolas de Pinheiro. A Figura 3 pormenoriza as freguesias agregadas a cada agrupamento.

Desde que o programa CE foi implementado no concelho, com o objetivo de melhorar o ensino e prestar melhores serviços educacionais às crianças de Penafiel é notável a realidade de encerramento de algumas escolas. Este procedimento foi necessário para que outras escolas pudessem ser construídas, com melhores condições e com um número de alunos necessário para lecionar anos letivos em salas diferentes.

Com isto após uma comparação entre a Figura 4 e a Figura 5 que apresentam uma diferença de dez anos das redes dos mapas escolares, foi possível verificar que foram encerradas 42 escolas básicas e 21 jardins de infância.

Em relação às novas edificações foram construídos de raiz 15 centros escolares e 6 centros escolares foram reconstruídos/ampliados.

No ano letivo 2017/2018 existe um total de 36 escolas básicas no concelho de Penafiel, fazendo assim um total de 139 turmas e 2725 alunos.



**Figura 3-Agrupamentos escolares do Município de Penafiel.**



# Rede de Ensino do Concelho de Penafiel

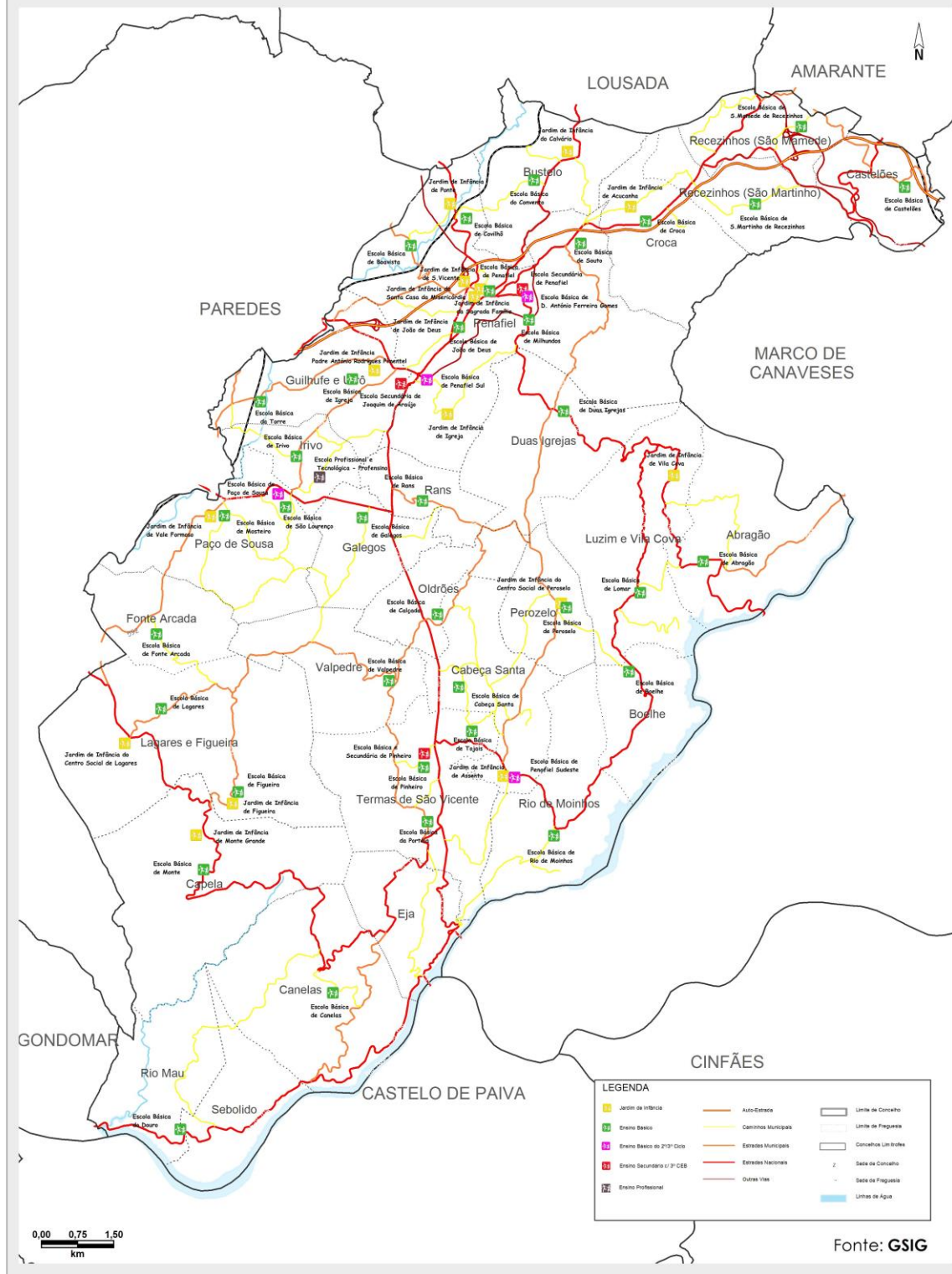


Figura 5- Mapa da rede ensino do ano letivo 2017/2018

## 6. Caso prático

Como referido anteriormente, no município de Penafiel existem 15 centros escolares, construídos de raiz. Estas escolas, todas elas são de construção recente e necessitam de diferentes tipos de energia, para as variadas funções a desempenhar, como a iluminação, aquecimento do edifício, aquecimento das águas quentes sanitárias e também da ventilação do edifício. Foram escolhidos para análise 3 centros escolares, sendo eles, A, B e C. A seleção destas escolas deve-se ao número de alunos ser relativamente próximo e por usarem tecnologias diferentes quanto à climatização dos edifícios, para posteriormente conseguir fazer o cálculo de indicadores de consumo baseado na energia/utente e energia/m<sup>2</sup>.

### 6.1. Centro Escolar A

O centro escolar A está localizado numa área urbanisticamente consolidada com ligações fáceis e seguras aos locais de residência da população a servir, com ótimas condições de segurança e salubridade [12]. O edifício desenvolve-se num piso único, diminuindo-se assim as barreiras físicas e possui uma área de 1437.40 m<sup>2</sup>. O programa para este centro escolar contempla as recomendações que constam na legislação vigente e inclui os espaços e áreas designados na Tabela 1.

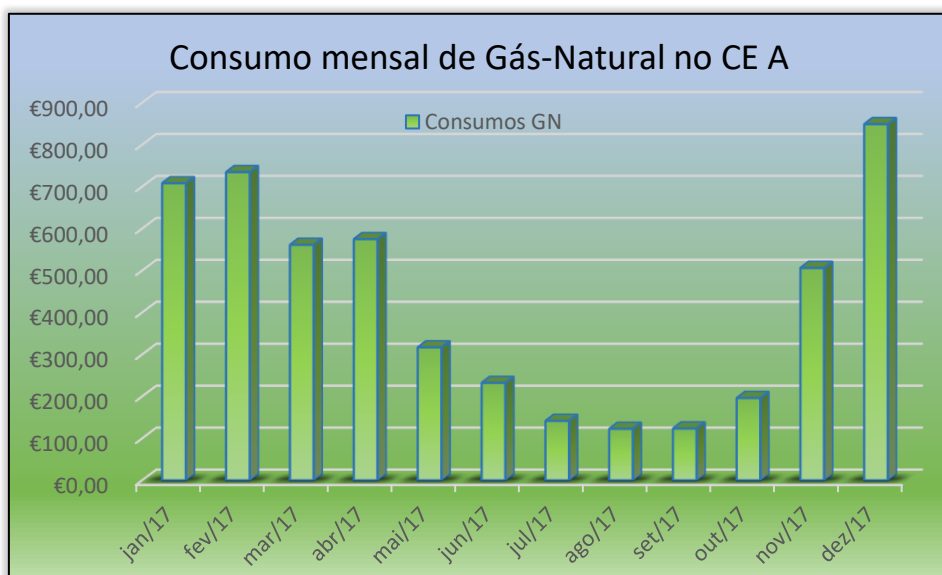
**Tabela 1-Espaços e áreas do centro escolar A, adaptado de [12]**

<b>QUANTIDADE</b>	<b>DENOMINAÇÃO</b>	<b>M<sup>2</sup></b>
1	Balneário	15.80
4	Balneários (4x 22.30)	89.20
1	Casa das máquinas	17.80
1	Corta vento	8.70
1	Átrio de entrada	45.10
1	Sala de Professores	30.50
1	Sala de reuniões	16.40
1	Distribuição EB1	98.60
4	Salas de aulas EB1 (4x55.20)	220.80
1	Arrecadação de produtos de limpeza	4.80
1	Arrecadação geral	19.00
1	Instalações sanitárias (IS) Professores	24.30
1	I.S. alunos	24.30
1	I.S. alunas	24.30
1	I.S. pré-escolar	24.30
1	Sala de repouso	24.30
1	Arrumos de material didático	11.00
1	Átrio de entrada de serviço	8.90
1	Distribuição (pré-escolar)	45.80
2	Salas de pré-escolar	110.40
1	Biblioteca	63.20
1	Distribuição	54.30
1	Refeitório	125.60
1	Sala polivalente	130.00
1	Self-Service	14.60
1	Copa suja	11.40
1	Cozinha	26.80
1	Átrio de serviço	4.00
1	I.S. funcionários	6.50
1	Despensa	12.60

Esta escola está equipada também com um sistema de Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado, AVAC, e com painéis solares térmicos. O sistema AVAC foi instalado como forma de aquecimento do edifício. Este sistema também efetua uma ventilação forçada, de modo a garantir uma perfeita renovação do ar.

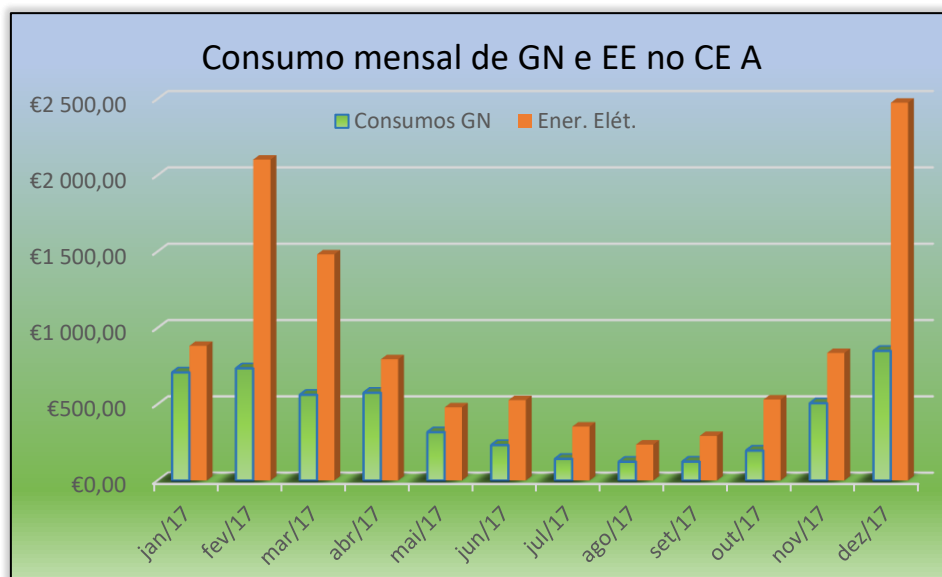
No ano 2017 este CE contemplava um número total de alunos de 64, 6 docentes e 11 elementos de pessoal não docentes.

Para que o conforto destes seja garantido é necessário fornecer aquecimento ao edifício, principalmente nos meses de inverno. Este aquecimento é feito através de radiadores, em que a água depois de aquecida entra na rede de tubos e é encaminhada até aos radiadores, ao entrar em contacto com estes últimos, a energia da água passa para os radiadores, tornando-os quente e radiando calor para a área envolvente. O aquecimento da água é realizado através de uma caldeira, esta é alimentada através de painéis solar térmicos e apoiados com gás-natural. No Gráfico 1 é possível verificar os gastos com este combustível no ano 2017. É notável que os meses mais dispendiosos, são os meses de menor incidência solar, consecutivamente os meses mais frios. A nível de conforto térmico, o sistema AVAC contribui para o acréscimo das nas despesas mensais, tendo que este era ligado nos dias mais frios, quando o aquecimento dos radiadores, por si só, não era suficiente.



**Gráfico 1- Consumo gás natural no centro escolar A.**

Tendo o sistema AVAC de estar em funcionamento nos meses mais frios, este pronunciar-se-á diretamente no consumo de energia elétrica, bem como outros equipamentos operacionais e didáticos e também a iluminação do edifício. O Gráfico 2 apresenta os valores do consumo de gás natural e também da energia elétrica no decorrer do ano 2017, mostrando as variações do consumo ao longo do ano.



**Gráfico 2-Consumo de gás natural e energia elétrica no centro escolar A.**

Nos meses mais frios há necessidade de ligar o sistema AVAC fazendo que os gastos mensais nas faturas de eletricidade disparem, quando o mesmo é ligado com maior regularidade, como é possível verificar no Gráfico 2.

## 6.2. Centro Escolar B

O centro escolar B localiza-se numa área urbanisticamente consolidada com ligações fáceis e seguras aos locais de residência da população a seguir, com ótimas condições de segurança, inserida num meio rural. [13] O novo edifício foi implantado onde funcionava a antiga escola primária, sem condições que satisfaziam as exigências atuais, quer ao nível espacial, quer ao nível funcional, térmico ou mesmo acústico. Foi realizada a demolição da antiga escola para ser realizada a construção deste CE. Parte dos resíduos desta demolição foram aplicados na estabilização das cotas do terreno.

Este terreno tem uma dimensão de 2550,00 m<sup>2</sup> e a área de implantação do corpo principal, ou seja, do edifício é de 995,50 m<sup>2</sup>. O edifício foi desenvolvido num único piso com a finalidade de eliminar as barreiras físicas.

Segundo a legislação vigente é necessário que os novos centros escolares contemplem os espaços e áreas estabelecidos na Tabela 2.

**Tabela 2- Espaços e áreas do centro escolar B, adaptado de [13].**

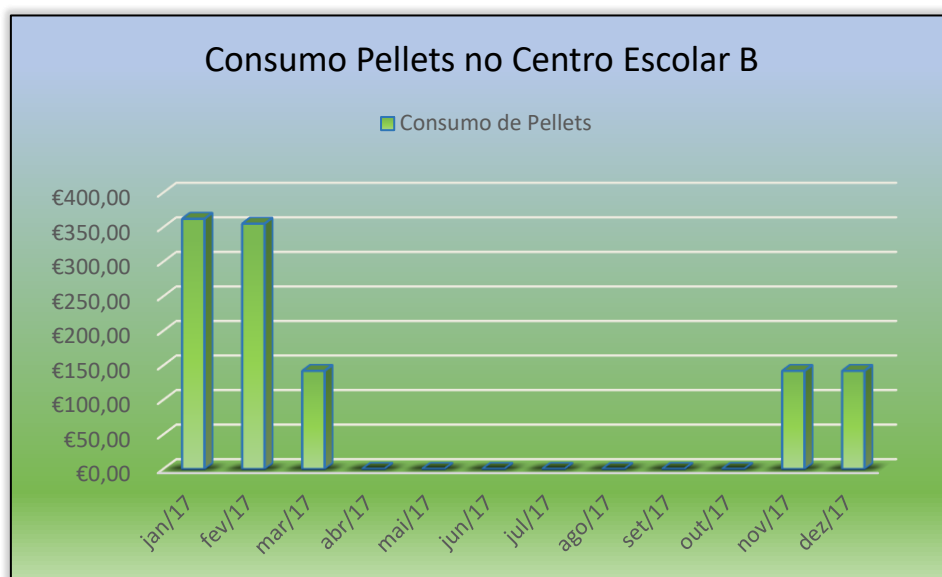
<b>QUANTIDADE</b>	<b>DENOMINAÇÃO</b>	<b>M<sup>2</sup></b>
1	Átrio de entrada	17.30
1	Átrio de distribuição	20.00
1	Biblioteca	35.85
1	Sala dos Professores	14.90
1	Arrecadação p/ material didático	5.20
1	Refeitório	78.70
1	Sala Polivalente	93.40
1	Cozinha/Self-Service	24/18
1	Despensa	5.20
1	Vestiário	20.80
1	Sala de atividades pré-escolar	51.00
1	I.S. pré-escolar	8.80
1	I.S. Funcionários	6.45
1	Vestuário	63.10
5	Salas de aula EB (4x51.10) + 1x56.20	260.60
2	I.S. crianças EB	35.40
1	I.S. deficientes	7.90
1	I.S. Professores	13.90
2	Balneários Masc./Fem.	38.35
1	Compartimento para caldeira	6.00
1	Cabine do gás	1.80

O centro escolar B, no ano de 2017 obteve um número total de alunos de 45, 7 docentes e 5 funcionários não docentes.

Como referido anteriormente, é necessário estabelecer um conforto térmico dentro do edifício, para que a rentabilidade dos que o frequentam não seja afetada, para isso é necessário proceder à climatização do edifício, principalmente nos meses mais frios.

Como acontece no centro escolar A, o aquecimento em B é realizado da mesma forma, através de radiadores a água quente, mas nesta escola o combustível difere. O aquecimento da água é efetuado através de uma caldeira de combustão a Pellets. A combustão deste biocombustível leva ao aquecimento das águas numa caldeira. Estas entrarão nas tubagens para os radiadores e consecutivamente aquecerão o edifício.

No Gráfico 3 é possível analisar-se o consumo de Pellets no decorrer do ano de 2017. Nota-se claramente que o maior consumo deste combustível é nos meses de temperaturas mais baixas, designadamente nos meses de Inverno. Os meses que se apresentam a zeros, significa que não houve necessidade de ligar a caldeira com tanta regularidade, e que os Pellets que existiam no centro escolar dos meses anteriores foram suficientes, não havendo necessidade de comprar mais.

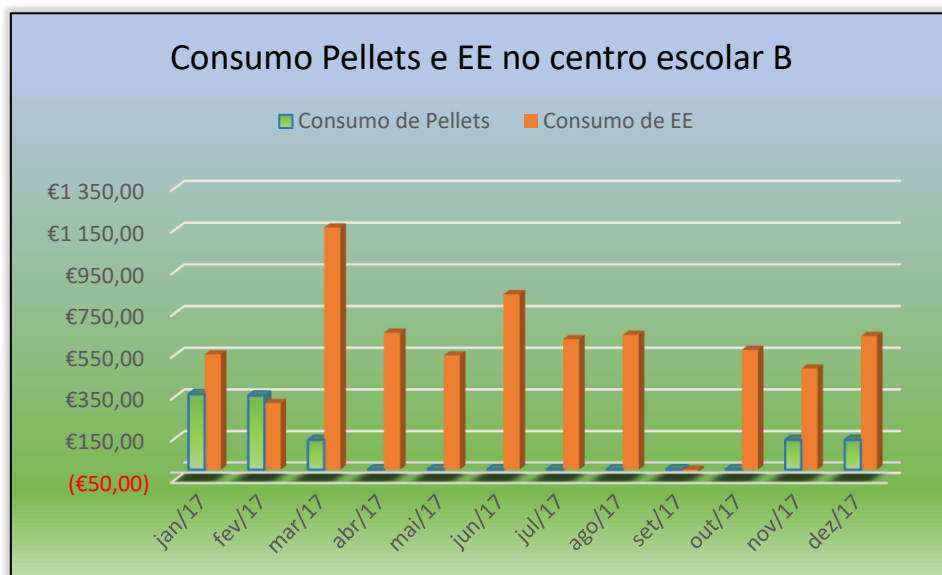


**Gráfico 3- Consumo de Pellets no centro escolar B.**

De frisar que a caldeira a Pellets, apenas está preparada ou equipada para que esta abasteça um depósito diretamente ligado às tubagens dos radiadores de aquecimento central. Para as águas quentes sanitárias, este centro escolar está equipado com painéis solares térmicos, com o objetivo de aquecer as águas quentes sanitárias. Nos meses de menor incidência solar sobre os painéis, estes não vão ter tanto rendimento e assim o aquecimento das AQS ficará comprometido.

Nesta escola, existe um termoacumulador, com permutadores de calor vindos dos painéis solares térmicos e com o apoio elétrico. O apoio da energia elétrica é requerido, quando a incidência solar nos painéis não é suficiente para manter a temperatura das AQS.

Contudo, o consumo de energia elétrica é necessário, nas diferentes formas. Neste centro escolar, também é utilizada a energia elétrica para aquecimento das AQS, como referido anteriormente. No Gráfico 4 é possível verificar a quantia dispensada para as faturas mensais de energia elétrica, neste centro escolar.



**Gráfico 4- Consumo de Pellets e Energia Elétrica no centro escolar B.**

Como é possível verificar, no mês de março o consumo de eletricidade foi o mais elevado dos restantes meses, isto porque o abastecimento de Pellets não foi suficiente, então foi necessário colocar em funcionamento ventiladores portáteis, nas salas para que estas se mantivessem à temperatura de conforto. No mês de setembro de 2017, não foi efetuado nenhum pagamento da fatura de energia elétrica, pois houve um acerto. Tendo em conta que nos meses em que a escola esteve encerrada, foi realizada uma estimativa de consumo e quando foi possível o acesso ao contador, a Câmara Municipal de Penafiel já tinha pago mais, do que realmente consumiu. Assim foi realizado um acerto, tendo o Município ainda a receber, no respetivo mês, o valor de 11,10€.

Este centro escolar ainda está equipado com um termoacumulador de bobine dupla. Este equipamento está preparado para trabalhar através de duas fontes de energia diferentes. A sua conexão usual é conectar a bobine inferior para a energia renovável, neste caso, os

painéis solar térmicos, enquanto a bobine superior está conectada à energia elétrica. Com isto, o sistema inferior aquece quando há energia em todo o volume, enquanto o superior é um suporte, e no caso de não haver energia solar, a caldeira ligará e gerará metade do tanque de AQS, [14].

Assim sendo, como os painéis solares térmicos estão inativos, o termoacumulador apenas funciona com a bobine ligada à energia elétrica, fazendo com que os consumos de energia elétrica desta escola sejam elevados.

### 6.3. Centro Escolar C

O centro escolar C localiza-se numa área com ligações fáceis e seguras aos locais de residência da população a servir [15]. Esta escola desenvolvendo-se todo o edifício num único piso com o intuito de, como nos centros escolares anteriores, de eliminar barreiras físicas, nomeadamente no que se refere a acessos. A área de implantação do corpo principal é de 1709.00 m<sup>2</sup> sendo as diferentes divisões especificadas na Tabela 3.

**Tabela 3-Espaços e áreas do centro escolar C, adaptado de (2)**

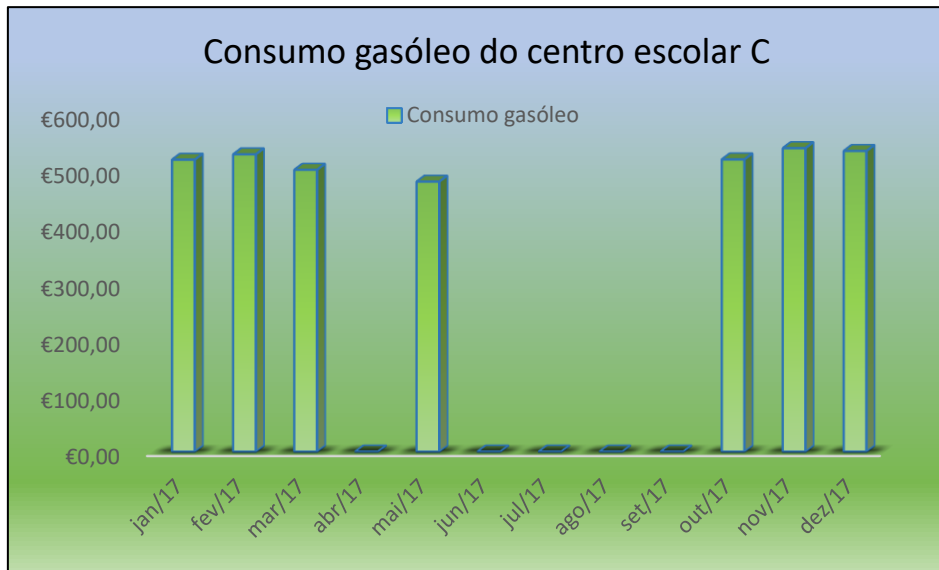
QUANTIDADE	DENOMINAÇÃO	M2
1	Corta vento	15.80
1	Átrio	47.98
1	Distribuição	270.44
1	Sala dos Professores	22.63
1	Sala de reuniões	19.45
1	Arrecadação geral	18.37
1	Arrecadação produtos limpeza	12.71
1	Arrecadação do material exterior	9.87
1	Arrecadação de material didático	9.48
2	I.S. alunos	17.71
2	I.S. alunas	17.71
1	I.S. Professores	9.80
1	I.S. Professoras	9.38
1	Sala de expressão plástica	21.72
6	Sala de aulas	55.33
1	Biblioteca	75.87
1	Arquivo da biblioteca	10.28
1	I.S. adulto masculino	9.80

1	I.S. adulto feminino	9.38
1	Balneário masculino	31.94
1	Balneário feminino	31.94
1	I.S. mobilidade condicionada	6.88
1	Sala polivalente	126.12
1	Arrumos polivalente	13.71
1	Refeitório	140.98
1	Zona de <i>self service</i>	11.17
1	Cozinha	35.20
1	Copa suja	11.19
1	Tratamento de resíduos	5.98
1	I.S. funcionários	4.77
1	Despensa	8.54
1	Entrada de serviço	7.13
4	Área técnica	15.03

Este centro escolar em 2017 aglomerou 86 alunos no total, 6 docentes e 9 funcionários. Para que estes tenham conforto, tanto no estudo como no seu trabalho, é necessário estabelecer uma temperatura de conforto no edifício.

Tendo em conta os meses frios de Inverno, é necessário estabelecer um aquecimento e para isso é utilizado o mesmo método de radiadores a água, como já referido nas escolas anteriores. O sistema de aquecimento é o mesmo, através do aquecimento da água, que posteriormente passará pelos radiadores e aquecerá o edifício. O que difere é o combustível. Aqui é utilizado o gasóleo, que através da sua combustão numa caldeira, aquecerá a água.

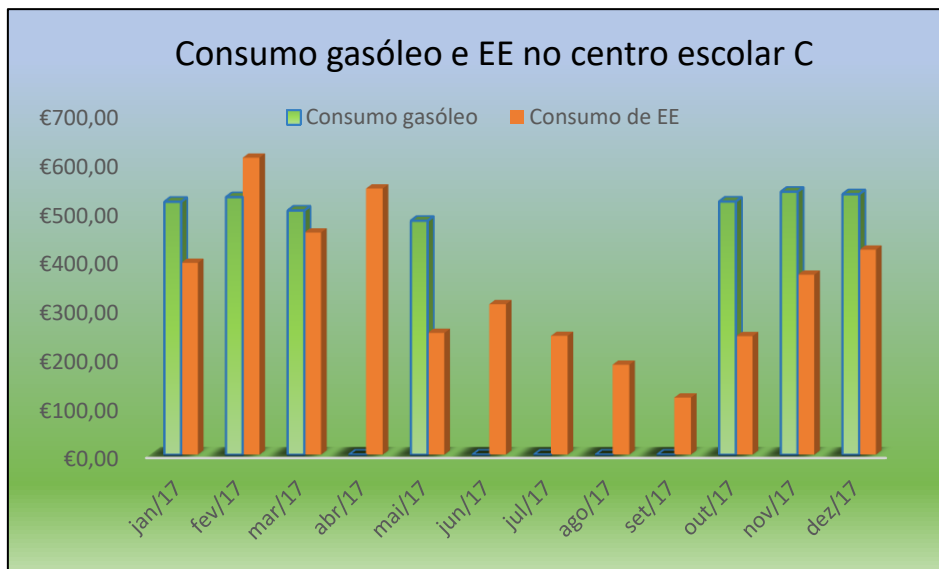
Como é conhecido, este combustível é um pouco mais dispendioso e mais poluente. O Gráfico 5, apresenta o consumo mensal deste combustível. O consumo é apresentado em valor monetário como todos os combustíveis anteriores.



**Gráfico 5-Consumo de gasóleo no centro escolar C.**

O combustível utilizado nesta escola para o aquecimento sofre muitas alterações de preços. A quantidade de gasóleo que é abastecido neste centro escolar ronda os 500 litros, mas como o preço sofre alterações constantemente, o valor pago na totalidade da fatura não é constante.

Contudo, como nos anteriores centros escolares, é necessário o consumo de energia elétrica para diferentes finalidades, como os equipamentos elétricos e a iluminação. Como é visível no Gráfico 6, o consumo de energia elétrica é mais acentuado nos meses mais frios.



**Gráfico 6- Consumo de gasóleo e de energia elétrica do centro escolar C..**

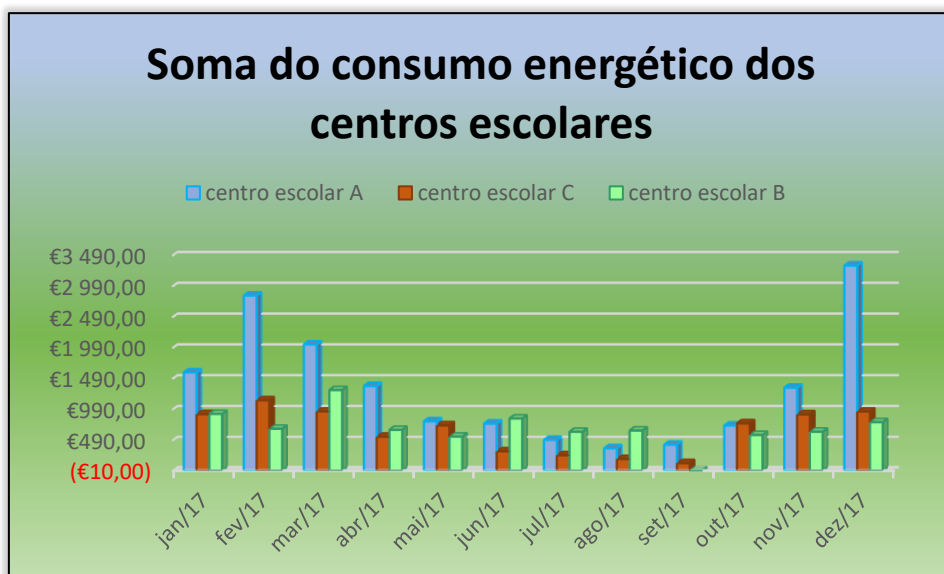


# 7. Análise do caso prático

Nos casos práticos referidos no capítulo anterior é possível averiguar que os diferentes centros escolares possuem consumos de diferentes tipos de energias, e o valor pago mensalmente difere de combustível para combustível.

Tendo em conta o valor destes consumos e do número de utentes das respetivas escolas, é possível fazer o cálculo de indicadores de consumo baseado na energia/utente e energia/m<sup>2</sup>. Esta estimativa é realizada somando as energias consumidas nos respetivos centros escolares dividindo-as pelo número de utilizadores da mesma escola. Por utilizadores denominam-se os alunos, docentes e não docentes.

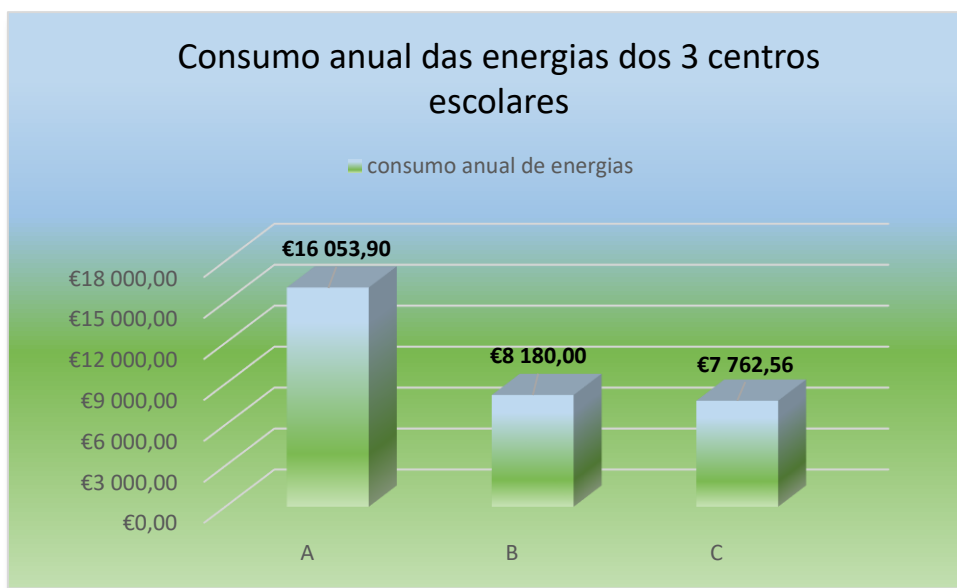
Como referido anteriormente, os CE abordados anteriormente necessitam de pelo menos dois tipos de energias diferentes para estarem em funcionamento. O Gráfico 7 mostra o consumo dos combustíveis nas diferentes escolas.



**Gráfico 7- Soma dos consumos energéticos de cada um dos três centros escolares.**

Ou seja, o centro escolar A, a coluna azul, é relativa à soma da energia elétrica com o gás natural. O centro escolar C, a coluna castanha, mostra o consumo de gasóleo mais o consumo de energia elétrica e o centro escolar B é apresentado pela coluna verde que é relativo à soma do consumo de energia elétrica com o consumo de Pellets. Todos os consumos abordados anteriormente e apresentados nos gráficos são demonstrados em euros (€).

O cálculo dos indicadores será realizado anualmente, ou seja, serão somadas todas as energias mensais das respetivas escolas, criando um valor anual de consumo de energia, Gráfico 8, e posteriormente divididas pelo número de utentes de cada centro escolar.



**Gráfico 8-Consumo anual de todas as energias utilizadas nos respetivos centros escolares.**

O indicador de energia/m<sup>2</sup> é calculado fazendo a divisão do total pago da energia do centro escolar pela área, em m<sup>2</sup> que integra cada edifício. Foi efetuado um cálculo para cada escola como é possível verificar na Tabela 4.

**Tabela 4--Cálculo do indicador de consumo €/m<sup>2</sup>**

Centro Escolar	Área (m <sup>2</sup> )	Consumo (€)	Indicador €/m <sup>2</sup>
A	1437,4	16053,9	11,16870739
B	995,5	8180	8,216976394
C	1709	7762,56	4,542165009

Como é ilustrado na Tabela 4, o centro escolar que apresenta o melhor indicador de consumo de €/m<sup>2</sup> é o C com 4,54 €/m<sup>2</sup>. Apesar de o combustível aqui utilizado não ser o mais sustentável este centro escolar é o que menos consome por m<sup>2</sup> anualmente. Seguidamente está o centro escolar de B, sendo o seu indicador de quase o dobro do primeiro, 8,22 €/m<sup>2</sup>. Por último, o centro escolar A, com um indicador relativamente alto, comparado com o primeiro, 11,17 €/ m<sup>2</sup>. Estes indicadores mostram o quanto é consumido de energia nos respetivos centros escolares, dando a informação que há um excesso de consumo nas escolas, tendo em conta o total de área destes edifícios escolares.

Outro indicador que é apresentado é o do custo/utilizador. Este indicador, como já referido anteriormente, demonstra o custo de energia por utilizador, ou seja, a quantia gasta por pessoa

que frequenta o centro escolar. Assim será realizada a divisão do total de energia consumida nos respetivos centros escolares, pelos seus utentes, como é possível analisar na Tabela 5.

**Tabela 5-Cálculo do indicador de consumo €/utilizador.**

Centro Escolar	Nº utilizadores	Consumo (€)	Indicador €/utilizador
A	81	16053,9	198,1962963
B	57	8180	143,5087719
C	101	7762,56	76,8570297

No cálculo deste indicador também é possível verificar que o centro escolar que possui menor valor é o C, com 76,86 € por cada utilizador. Segue-se a escola B, com cerca de 143,51 € por utilizador e por último o CE A, 198,20 € por utilizador.

Assim é possível verificar que o centro escolar com maior custo de energia é novamente o centro escolar A, com um valor notoriamente alto.

## **7.1. Análise do Centro A**

Como já referido anteriormente o centro escolar A possui os indicadores, calculados na Tabela 4 e na Tabela 5, mais elevados. Aqui serão abordados alguns problemas que contribuam para os resultados apresentados nas referidas tabelas.

O problema mais relevante desta escola deve-se ao consumo de energia elétrica. Este fator deve-se, maioritariamente, ao sistema AVAC. Este sistema é alimentado a energia elétrica e é um método de aquecimento que mais nenhum dos edifícios escolares, em estudo, possui. Também por este motivo é visível a discrepância entre os valores dos indicadores desta escola e as restantes.

Contudo foi necessário saber quanto é que o AVAC, consumiu em energia elétrica no ano de 2017. Como não foi possível adquirir, nem requisitar um analisador de energia, para que este pudesse avaliar o consumo do sistema AVAC, foi realizada uma forma empírica de calcular o consumo deste equipamento.

Para uma melhor análise deste consumo, foi necessário fazer um levantamento de dados e expor todos os equipamentos utilizados no centro escolar A, bem como de todas as fontes luminosas. Após todas as informações recolhidas, foi necessário saber o tempo de utilização

diária, em horas, de cada um. Após isto é possível calcular a quantidade de kWh consumidos nesta escola e multiplicar pelo valor médio do custo da energia elétrica (€/kWh). Assim é possível fazer o cálculo empírico do consumo anual, somando o gasto mensal durante o ano de 2017 e a esse valor retirar o que foi dimensionado no consumo dos equipamentos de potência e iluminação. No resultado desta subtração, assume-se um erro de 10 %, para possíveis equipamentos ligados esporadicamente e que não foram contabilizados. Tira-se esta percentagem e tem-se o valor anual gasto pelo AVAC. Na Tabela 6 é possível verificar os equipamentos elétricos e a iluminação utilizados, bem como a sua potência, tempo de utilização diária e o cálculo da energia.

**Tabela 6-Consumo anual dos respetivos equipamentos e aparelhos de iluminação do CE A.**

Descrição	Quant.	Potência (kW)	Tempo (h)	Energ. diária (kWh)	Energ. anual (kWh)
Focos da entrada	8	0,052	11	4,576	892,32
Focos Biblioteca	2	0,052	1	0,104	20,28
Lâmpadas Cantina	8	0,035	3	0,84	163,8
Televisão	1	0,118	4	0,472	92,04
Lâmpada Pavilhão	8	0,035	2	0,56	109,2
Frigorífico	2	0,015	24	0,72	140,4
Exaustor	1	0,55	3	1,65	321,75
Arcas Congelação	2	0,029	24	1,392	271,44
Arca refrigeração	1	0,65	24	15,6	3042
retroprojektor	4	0,06	2	0,48	93,6
Varinha mágica	1	0,38	1	0,38	74,1
Máquina lavar louça	1	7,5	3	22,5	4387,5
Focos cozinha	10	0,052	6	3,12	608,4
Lâmpadas corredor	24	0,035	11	9,24	1801,8
Lâmpadas Arrecadação	2	0,035	2	0,14	27,3
Lâmpadas Arrecadação 2	2	0,035	1	0,07	13,65
Lâmpadas JI	24	0,035	5	4,2	819
televisão JI	1	0,118	2	0,236	46,02
Lâmpadas Salas (4)	48	0,035	7	11,76	2293,2
Lâmpadas WC's	20	0,035	8	5,6	1092
Lâmpadas arrecadação	3	0,035	4	0,42	81,9
Fotocopiadora Prof.	1	0,76	4	3,04	592,8
Fotocopiadoras	2	0,9	3	5,4	1053
Lâmpadas cópias	6	0,035	4	0,84	163,8
Lâmpadas sala Prof.	4	0,035	7	0,98	191,1
Computadores	7	0,38	10	26,6	5187
Total					23579,4

As primeiras quatro colunas da Tabela 6 foram elaboradas através do levantamento de dados no próprio centro escolar. A 5ª coluna foi calculada, para ser possível efetuar a estimativa da energia consumida por cada equipamento. Na 6ª coluna calculou-se a energia gasta por cada equipamento e dispositivo de iluminação num ano. O cálculo não foi realizado para os 365 dias, visto que a escola não está em funcionamento durante a totalidade dos dias do ano. Foram retirados os meses de julho e agosto (62 dias), por o centro escolar estar encerrado para férias de verão, 15 dias de férias da Páscoa, mais 15 de férias de Natal. Dos dias encerrados para férias, são descontados também os fins-de-semana, 4 no mês de julho, 5 no mês de agosto, e 2 por cada quinzena de férias, num total (5+4+2+2) de 13 fins-de-semana, restando 39 fins-de-semana, que também foram retirados ao número total de dias do ano. No ano de 2017, dos 365, foram então retirados:  $31*2+15+15+39*2=170$  dias, resultando disto um número de dias operacionais de 195 dias/ano.

Foi também realizado a soma das faturas mensais, do ano em questão, como é possível verificar na Tabela 7.

**Tabela 7-Somatório das faturas mensais de eletricidade no centro escolar A.**

Mês	Cons. EE. A	
	Valor €	Consumo kWh
janeiro	881,7	4454
fevereiro	2102,03	10756
março	1481,27	7090
abril	794,38	3824
maio	479,15	1894
junho	526,72	2088
julho	353,23	1353
agosto	235,4	752
setembro	291,89	972
outubro	530,11	2124
novembro	835,47	3796
dezembro	2474,78	12459
Total	10986,13	51562

Após este somatório, foi retirado a este total, o valor total apresentado na Tabela 6. Ou seja,  $51562 \text{ kWh} - 23579,4 \text{ kWh} = 27982,6 \text{ kWh}$ .

Este último valor foi multiplicado pelo valor médio do kWh, 0,21€/kWh. Assim sendo,  $27982,6 \text{ kWh} * 0,21 \text{ €/kWh} = 5876,35 \text{ €}$ .

Como referido anteriormente, foi assumido um erro de 10 % para possíveis consumos não contabilizados, resultando,  $5876,35 \text{ €} * 10 \% = 587,64 \text{ €}$ . Este valor será subtraído ao valor de 5876,35 €, resultando 5288,71 €. Este resultado é o valor pago pela energia elétrica consumido pelo sistema AVAC anualmente.

Subtraindo este valor ao valor anual da fatura de energia elétrica, tem-se que:  $10986,13 \text{ €} - 5288,71 \text{ €} = 5697,42 \text{ €}$ . Este último valor é uma estimativa do valor pago anualmente se não existisse AVAC. O Gráfico 9 apresenta a comparação dos valores anuais pagos com e sem sistema AVAC.

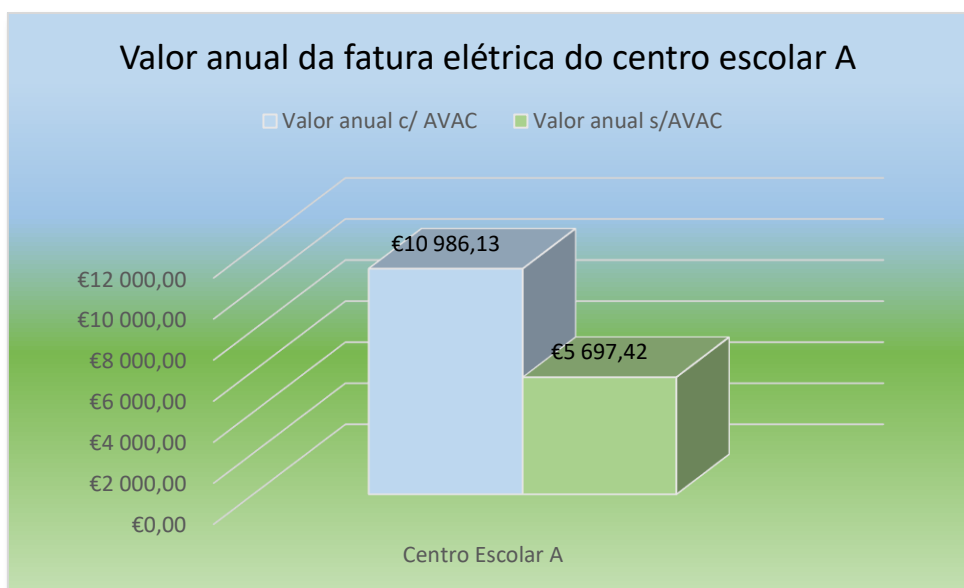


Gráfico 9- Consumo anual de energia elétrica com e sem o sistema AVAC.

## 7.2. Análise do Centro Escolar B

Este centro escolar não é o que está pior em relação aos indicadores calculados, mas tem alguns pontos a melhorar. Como é possível verificar no Gráfico 7, o consumo de energia elétrica deste centro escolar também é acentuado, mas o consumo de Pellets é o normal para a dimensão do edifício.

Nesta escola foram detetados dois problemas fundamentais para resolver. Um dos problemas é a existência de um termoacumulador que opera com dois tipos de energia, ou seja, é um termoacumulador que aquece as águas através dos painéis solares térmicos e com o apoio da energia elétrica.

Após levantamento de informação no terreno foi constatado que o painel solar não está em funcionamento, não estando ligado ao termoacumulador para aquecimento das AQS. Com isto é exigido o uso da energia elétrica por completo, visto que a energia proveniente dos painéis não está a ser utilizada.

Como este termoacumulador está a usufruir na totalidade da energia elétrica é normal que anualmente o consumo de energia elétrica seja maior do que esperado.

Outro problema encontrado neste centro escolar é o referido termoacumulador. Este equipamento permanece com uma fuga de água, segundo os utilizadores da escola, já há algum tempo, e tem de ser consecutivamente arranjado. Esta fuga em nada facilita o trabalho do termoacumulador, pois como a fuga é persistente, requer mais energia para manter a água à temperatura estabelecida.

### **7.3. Análise do centro escolar C**

Após o cálculo dos indicadores apresentados na Tabela 3 e na Tabela 4 foi possível averiguar que o centro escolar com menor despesa por m<sup>2</sup> e por utilizador é o C.

Esta escola apesar de utilizar uma energia fóssil, mais poluente e menos sustentável, para o aquecimento, é a escola que menos gasta anualmente em energia, como é visível no Gráfico 8. Isto acontece, pois, esta escola é a que apresenta menos problemas, tanto no sistema de AQS como no aquecimento central.

Apesar do bom funcionamento dos equipamentos existem aspetos que podem ser melhorados. Um deles é o facto de as águas quentes sanitárias apenas funcionarem com o aquecimento central ligado. Quando a energia dos painéis solares térmicos não é suficiente, as AQS são aquecidas através da combustão de gasóleo na caldeira. Isto causa uma incompatibilidade, porque mesmo não sendo necessário, o aquecimento do edifício tem de ser ligado para que haja água quente nesta escola.

# 8. Proposta de soluções

Neste capítulo serão apresentadas propostas de resolução, para os problemas encontrados em cada um dos três centros escolares. Estas propostas passarão por resolução de problemas, que beneficiarão o consumo de energia elétrica e os consumos do respetivo combustível, utilizado para aquecimento da escola, tornando o edifício mais sustentável.

Cada escola tem a sua particularidade e com diferentes problemas, que as levam ao maior consumo de energia. Pretende-se que os problemas sejam expostos individualmente e solucionados de igual modo.

## 8.1. Centro escolar A

Como referido no subcapítulo 7.1 um problema deste centro escolar é o consumo de energia elétrica e conforme o cálculo empírico para o consumo de energia elétrica do sistema AVAC, este é o potencial problema para o consumo anual desta escola ser elevado.

Nos meses de inverno o AVAC era ligado pois, segundo os utilizadores deste centro escolar, o aquecimento realizado pelos radiadores não era suficiente. Segundo eles, as salas eram frias e não tinham conforto térmico suficiente e por isso recorriam ao sistema AVAC.

Após uma análise, foi possível verificar que as claraboias existentes nestes edifícios, incluindo salas e corredores, tinham um isolamento térmico que não era eficiente. Estas claraboias têm como finalidade a iluminação natural, mas são também utilizadas para ventilação natural. Este fator faz com que o ar quente que está a ser insuflado para dentro do edifício saia pelas claraboias, permitindo que o ar frio possa entrar para dentro do edifício, arrefecendo-o. Segundo os utilizadores do centro escolares, cria a sensação que existe uma cortina de ar por baixo das claraboias. Este fator permite concluir que a eficiência do edifício está em causa, uma vez que estamos a perder energia e consequentemente a consumir mais do que o necessário.

Para os problemas apresentados as soluções passam por resolver o problema das claraboias, colocando um envidraçado, abaixo do local onde ocorre a extração do ar. Esta extração é realizada fora do período de aulas, para não se perder energia em forma de calor. Com isto, a cortina de ar, provocada pelo incorreto isolamento das claraboias deixaria de existir, impedindo assim a perda de calor.

Outra solução para o mesmo problema, passaria pela substituição das claraboias por tubos solares, este é um produto inovador e ecológico que capta e conduz a luz através de um vidro equipado com refletores, mantendo a intensidade solar ao longo do seu percurso. Esta tecnologia melhora a eficiência energética dos edifícios garantindo soluções de inserção nas coberturas de alta fiabilidade.

Como à priori este problema estaria resolvido, o sistema de aquecimento central, abastecido pelos painéis solares térmicos e com reforço do gás natural, seriam suficientes para manter o conforto térmico dentro do edifício. Sendo assim, não haveria a necessidade de ligar o sistema AVAC. Poupano assim na fatura de energia elétrica.

## **8.2. Centro escolar B**

Um dos problemas encontrados neste centro escolar é o termoacumulador. Este equipamento permanece com uma fuga de água há algum tempo, segundo informação dos utilizadores da escola e tem de ser consecutivamente arranjado. Esta fuga em nada facilita o trabalho do termoacumulador, pois como a fuga é persistente, requer mais energia para manter a água à temperatura estabelecida.

A solução passaria por substituição do termoacumulador, visto que, as reparações não têm solução para o problema.

A substituição do equipamento teria de ser por um termoacumulador cuja energia passaria por ser idêntica à original, ou seja, com ligação aos painéis solares térmicos e também à energia elétrica. Pois quando a energia proveniente dos painéis não for suficiente, existirá o apoio da energia elétrica para aquecer a água.

Para que o termoacumulador estabeleça ligação com as duas energias, solar e elétrica, é necessário colocar em funcionamento os painéis e fazer a correta ligação ao equipamento.

Assim é possível que a redução da fatura da energia elétrica seja notória e que posteriormente seja compensatório o investimento no termoacumulador e na ligação aos painéis solares térmicos.

### **8.3. Centro escolar C**

O problema deste centro escolar passa pelo aquecimento das AQS, ou seja, quando a energia proveniente dos painéis solares térmicos, não é suficiente, é indispensável recorrer à energia oriunda da combustão de gásóleo, mas para tal, é necessário ligar o aquecimento central do edifício. Como este sistema não está isolado, ou seja, para proceder às AQS através da caldeira a gásóleo, obrigatoriamente é ligado o aquecimento, está a perder-se energia através do aquecimento do edifício, muitas vezes desnecessário.

A solução deste problema remete ao isolamento do sistema, ou seja, fazer as ligações isoladas, não comprometendo o funcionamento das AQS e do aquecimento central, fazendo com que ambas, apesar de ligadas à mesma fonte, possam funcionar separadamente.

Uma outra opção poderia ser converter a caldeira a gásóleo para Pellets, pois como podemos verificar no Gráfico 10, o valor anual do consumo de gásóleo é 3 vezes superior ao valor despendido com o consumo de Pellets. Ao realizar esta conversão o valor possivelmente poupado seria de 2478€/ano.

A proposta, como já referido anteriormente seria converter a caldeira a gásóleo, substituindo o queimador, o que posteriormente se mostrou desadequado pois o corpo da caldeira a gásóleo está preparado para trabalhar com um queimador que exerce uma determinada pressão na câmara de combustão, que contém um injetor que realiza um determinado circuito

de queima. Ao alterar para um queimador de Pellets, este não está adaptado a essa perda de carga, não projetando a chama da mesma forma, o que provoca desgaste desequilibrado no corpo da caldeira, gerando muita cinza, que esta última não está preparada para a libertar.

Tendo isto é difícil transformar um equipamento alterando a matriz energética de uma caldeira de combustível líquido para sólido.

Assim sendo é aconselhável substituir a caldeira existente, por uma caldeira de combustível Pellets, tornando o sistema mais eficiente, menos poluente, mais rentável e acima de tudo mais adaptável ao que é pretendido.

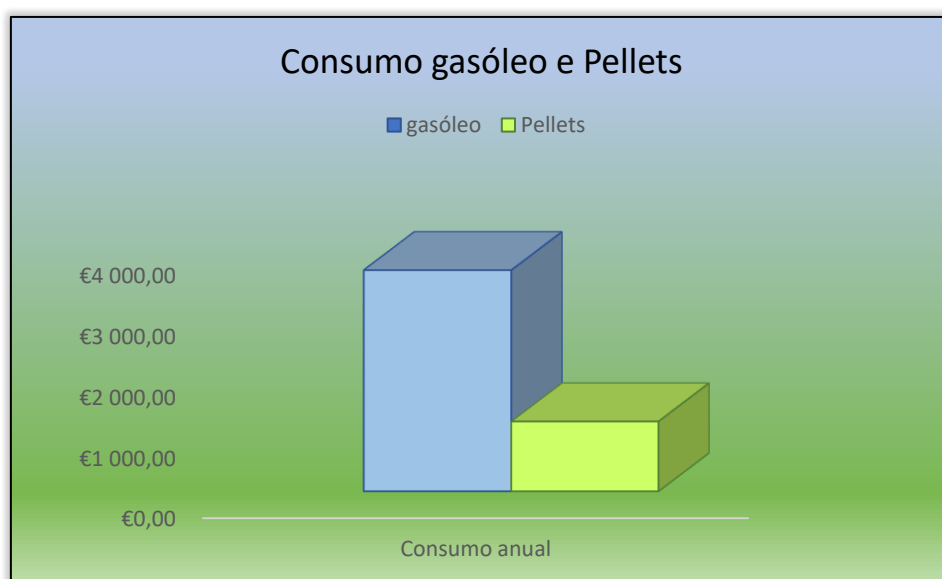


Gráfico 10- Consumo anual de gasóleo e de Pellets nos centros escolares B e C, respetivamente.

#### 8.4. Medidas comportamentais

Um problema comum dos três centros escolares, são os comportamentos dos utilizados de cada escola. Como são edifícios escolares e abrangem um grande leque de pessoas, há comportamentos que prejudicam a utilização racional de energia de cada escola. Com isto pretende-se criar uma lista de medidas comportamentais cujo objetivo será mudar o hábito do dia-a-dia dos utilizadores e da qual os edifícios beneficiarão e será notável nas faturas mensais de cada centro escolar.

O uso eficiente de energia depende da gestão correta dos edifícios escolares, para isso a Agência para a Energia (ADENE) fornece propostas e financiamento no âmbito do plano de

Promoção da Eficiência no Consumo como o objetivo de criar a figura do “Tutor de Energia”, este tutor ficará responsável pela gestão de energia, permitindo com que apenas uma pessoa tenha responsabilidade de manusear os equipamentos e introduzir qualquer tipo de alteração nos equipamentos.

Contudo foi necessário criar uma lista, apresentada em baixo, com algumas medidas a adotar para que estas possam ser apresentadas à comunidade escolar:

- Formar os responsáveis pela gestão do centro escolar para que possam ter capacidade de resposta quando for necessário alterar e manusear algum equipamento;
- Evitar que as temperaturas das salas de aulas permaneçam acima da temperatura de conforto no inverno, 20°C, para que não haja um choque térmico por parte dos alunos;
- Evitar que equipamentos permaneçam ligados, sem ninguém os usufruir;
- Manter a iluminação das divisões dos edifícios, conforme a sua utilização. No exemplo da biblioteca, se não está a ser utilizada, desligar a iluminação;
- Convergir as necessidades de iluminação, com as funcionalidades do edifício, se o corredor tem claraboias e conseqüentemente com luz natural é desnecessário a iluminação do corredor estar na totalidade em funcionamento;
- Intercalar os tempos de iluminação nas cantinas e polivalentes, quando estes não são utilizados;

Estas medidas, são de fácil implementação, se toda a comunidade escolar estiver informada e adotar um estilo de operacional mais eficiente e utilizar a energia de modo mais racional.



## 9. Conclusão

Portugal é um País com elevado potencial de utilização de energias renováveis, mas mesmo assim, continua a importar grande parte da energia que consome. A produção de energia elétrica através de fontes fósseis, é uma das energias consumida em elevadas percentagens em Portugal.

Com a análise aos centros escolares A, B e C, foi possível concluir, que estes edifícios, têm implementados, pelo menos uma fonte de energia renovável, sendo comum nas três escolas, a inclusão dos painéis solares térmicos.

O facto de estes equipamentos existirem nos centros escolares, contribuem para a redução da fatura mensal atribuída a cada escola. Contudo, este fator só é visível nos centros escolares A e C, visto que, são os únicos em que os painéis estão em funcionamento.

No centro escolar A, apesar dos painéis permanecerem em funcionamento, um dos problemas apresentado é o sistema AVAC, pois o consumo de energia elétrica é elevado. Esta escola é a única, das três em estudo, que usufrui deste sistema de aquecimento, e consecutivamente a que consome mais energia elétrica. Neste caso, foi possível concluir que o AVAC, é um sistema que poderia ser desligado, visto que o aquecimento central, está em

perfeito funcionamento, apesar de o edifício possuir algumas situações de dissipação de energia, mas facilmente resolúveis.

O centro escolar B, é a escola que melhor está equipada no que diz respeito à energia de fontes renováveis, devido à caldeira a Pellets e aos painéis solares que estão instalados, mas o maior problema, passa pela ligação dos painéis solares térmicos ao permutador de calor incluídos no acumulador de água quente. Estabelecida a ligação, a energia que passa a ser produzida pelos painéis solares térmicos e direcionada ao termoacumulador, faz com que este equipamento necessite de menos energia elétrica e assim se consiga reduzir a fatura mensal. De concluir que a substituição do mesmo termoacumulador é um fator indispensável, tendo que o consumo de energia elétrica está a ser inflacionado pelas fugas de águas existentes.

No centro escolar C o problema apresentado é o combustível que é utilizado, sendo este proveniente de fontes fósseis. Como referido anteriormente Portugal é um país de referência no que diz respeito às energias proveniente de fontes renováveis, e assim sendo a utilização de gasóleo, pode ser substituído por uma energia endógena, neste caso a proposta passa pela biomassa, que sendo mais económica possui também outras vantagens, como no caso da produção dos Pellets, maior parte da biomassa para a sua produção é proveniente da limpeza das matas florestais.

Contudo, após as alterações que podem ser implementadas, conclui-se que estas beneficiarão o município, com a redução das faturas dos combustíveis utilizados e das faturas de eletricidade.

## Referências

1. **Bernardo, Hermano, et al.** *An approach for energy performance and indoor climate assessment in a Portuguese school building.* 2016.
2. **Teixeira, Aurélio.** Memória descritiva do centro escolar de C.
3. **Sekki, Tiina, Airaksinen, Mimmu e Saari, Arto.** *Effect of energy measures on the values of energy efficiency indicators in Finnish daycare and school buildings.* 2017.
4. **Raatikainen, Mika, et al.** *Intelligent analysis of energy consumption in school buildings.* 2015.
5. **Sousa, Rui Manuel Alves de.** *Estudo da Eficiência Energética e Gestão de Energia em Edifícios Escolares.* 2011.
6. *O paradigma da eficiência energética dos edifícios.* **Sousa, João.** 2012, Edifícios e Energia.
7. Câmara Municipal de Penafiel. *cm-penafiel.* [Online] 25 de 02 de 2017. <http://www.cm-penafiel.pt>.
8. **Egwunatum I. Samuel, Esther Joseph-Akwara Akaiwe Richard.** *Assessment of energy utilization and leakages in buildings with building information model energy.* 2016.
9. **ADENE.** *Agência para a energia.* [Online] 20 de 02 de 2017. <http://www.adene.pt/eficiencia-energetica>.
10. **Custódio, Mauro Gonçalo Guerreiro.** *Eficiência Energética em Edifícios Escolares.* Lisboa : s.n., 2011.
11. **Tobias Loga, Britta Stein, Nikolaus Diefenbach.** *TABULA building typologies in 20 European countries—Making energy-related features of residential building stocks comparable.* 2016.
12. **Copiello, Sergio.** *Building energy efficiency: A research branch made of paradoxes.* 2017.
13. **Esteban Vieitesa, Iana Vassileva, Juan E. Arias.** *European initiatives towards improving the energy efficiency in existing and historic buildings.* 2015.
14. **Eco.ap.** [Online] 26 de 02 de 2017. <http://www.pnaee.pt/fee>.
15. **PNAEE.** [Online] 26 de 02 de 2017. <http://www.pnaee.pt/fee>.
16. **Eco.ap.** *Programa de Eficiência Energética na Administração Pública.* [Online] <http://ecoap.pnaee.pt/areas#barometro>.
17. **centro escolar.** [Online] 11 de janeiro de 2018. <http://www.centroescolar.min-edu.pt/np4/programa>.
18. **Cousinox.** [Online] [Citação: 16 de 07 de 2018.] <http://cousinox.com/producto/acumuladores-con-doble-serpentin/>.
19. **Teixeira, Aurélio.** Memória descritiva do centro escolar A. 22 de 2 de 2012, p. 12.
20. **Sousa, Arqº Sérgio.** *Memória Descritiva do Centro Escolar C.* 16 de Maio de 2008.