



Avaliação e parametrização de indicadores de eficiência energética em edifícios com monitorização contínua

Juliana Oliveira Marques

Dissertação do MIEM

Orientador na FEUP: Prof. José Luís Coelho Alexandre

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Especialização de Energia Térmica

julho, 2015

A quem nunca perdeu a fé em mim.

Resumo

O principal objetivo do trabalho apresentado consiste na avaliação e parametrização de indicadores de eficiência energética em edifícios monitorizados continuamente. Pretende-se demonstrar que a instalação de um sistema de monitorização contínua aliado a um sistema de gestão técnica centralizado contribuem para uma gestão energética mais assertiva e eficaz.

Tendo o caso de estudo recaído sobre uma escola secundária artística ao abrigo da Parque Escolar, direcionou-se toda a abordagem no sentido de aproximar o leitor da realidade associada às escolas secundárias portuguesas. Almeja-se a promoção da análise e da comparação da utilização energética de um edifício de serviços existente com um edifício do mesmo tipo ou de características similares. Esta metodologia permitirá por fim identificar oportunidades de poupança energética com retorno a curto e longo prazo através da determinação de medidas de aperfeiçoamento da performance energética. Tal só é possível visto o sistema de monitorização contínua facultar um conjunto de valores que se encontram acessíveis de forma remota numa base de dados. Se a isso se aliar o conhecimento aprofundado do complexo escolar e a sua orgânica de funcionamento, conseguem-se então detetar oportunidades de poupança de energia em todo o tipo de instalações e equipamentos mecânicos.

Verificou-se que o processo de monitorização contínua é eficaz na diferenciação dos vários tipos de consumo energético efetivo verificados no edifício. Pela análise das flutuações existentes torna-se possível identificar os principais fatores responsáveis por derrapagens energéticas e assim agir sobre estes. Conclui-se também acerca de eficiência de equipamentos, detetando ainda anomalias ao nível do seu funcionamento em tempo real. Foram criadas bases que sustentam a elaboração de um algoritmo de otimização que permite a criação de suportes à gestão contínua do sistema, através da análise dos consumos e por propostas de modificação.

Energy efficiency indicators assessment and parameterization in buildings with continuous monitoring

Abstract

The following report comes as a part of the course of research Dissertation of the 5th year of the Integrated Master's degree in Mechanical Engineering at FEUP, variant of Thermal Energy.

The main purpose of the presented work is the evaluation and parameterization of energy efficiency indicators in buildings continuously monitored. It is intended to demonstrate that the installation of a continuous monitoring system combined with a centralized technical management system contributes to an energy management more assertive and effective.

The case of study was based on an artistic high school and was organized in order to approach the reader to the reality associated with Portuguese high schools. The aim is to promote the analyses and the comparison of the energetic use of a building of previous services with a building with the same characteristics. In the end, this methodology will identify energy saving opportunities in the short and long term returns by determining enhancement measures to improve energy performance. This is only possible due to the continuous monitoring system that provides a set of values that are accessible remotely on a database. If to this we can combine a depth knowledge of the school complex and its organic functioning, we can detect energy saving opportunities in all kinds of facilities and mechanical equipment.

It was concluded that the continuous monitoring process is effective in the differentiation of various types of effective energy consumption checked in the building. By analyzing the fluctuations it becomes possible to identify the main reasons responsible for overspending energy and thus act on these. It is also possible to conclude about equipment efficiency and also detect anomalies in their functioning in real time. It becomes even possible to determine an optimization algorithm that allows the creation of bases that support a continuous management system for the analysis of consumption and proposed modifications.

Agradecimentos

Desejo expressar o meu agradecimento ao Professor José Luís Coelho Alexandre por ter orientado a presente dissertação. O auxílio prestado no esboço de estratégias de trabalho revelou-se fulcral na promoção da autonomia enquanto discente e no desenvolvimento do carácter que se exige a um futuro engenheiro.

Ao Parque Escolar, na pessoa da Engenheira Marta Costa, pelo contacto estabelecido com a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e que possibilitou que o caso de estudo incidisse numa das escolas que se encontram ao abrigo do programa de modernização da rede pública de escolas secundárias portuguesas.

À WSBP, na pessoa do Engenheiro Miguel Soares, pelo serviço prestado no âmbito da aquisição de dados relativos ao sistema de monitorização contínua dos consumos elétricos da escola.

À EDIGREEN, na pessoa do Engenheiro Luís Bessa, pelo tratamento efetuado dos referidos dados e pelo auxílio concedido nos momentos de impossibilidade de acesso remoto à base de dados.

Ao subdiretor da escola secundária artística alvo de estudo, Professor José António Fundo, por não ter colocado qualquer entrave ao livre acesso às instalações escolares. Um particular agradecimento ao Professor Isolino Barbosa pela disponibilidade de recursos, colaboração e constante apoio prestados durante todo o trabalho de campo que a presente dissertação exigiu. Agradeço ainda ao técnico responsável pela manutenção do complexo escolar, senhor Rúben Silva, pela simpatia demonstrada e pelo apoio técnico pontual. Por último, o meu muito obrigada ao pessoal não docente da escola por terem sido quem mais contribuiu para o sucesso do trabalho desenvolvido.

Índice de Conteúdos

Lista de Figuras	xv
Lista de Tabelas	xix
Nomenclatura	xxii
Acrónimos	xxiv
Capítulo 1 - Introdução	1
1.1. Motivação e enquadramento.....	1
1.2. Caso de estudo.....	4
1.3. Estrutura da tese.....	5
Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica	7
2.1. Eficiência energética.....	7
2.2. Performance energética.....	8
2.2.1. Indicador de performance energética - KPI.....	8
2.2.2. Métodos de previsão.....	10
2.2.2.1. Modelo físico ou <i>white-box</i>	10
2.2.2.2. Modelo estatístico ou <i>black-box</i>	12
2.2.2.3. Modelo híbrido ou <i>gray-box</i>	14
2.2.3. Da Legislação europeia à legislação nacional.....	15
2.2.4. Projeto iSERVcmb.....	16
2.3. Benchmarking energético – evolução comparativa.....	17
2.3.1. Normalização simples (<i>simple</i>).....	21
2.3.2. Método dos Mínimos Quadrados (OLS).....	21
2.3.3. Análise Estocástica de Fronteira (SFA).....	22
2.3.4. Análise dos Dados em Envelope (DEA).....	23
2.4. Quantificação do consumo energético.....	23
2.4.1. Sistema de gestão técnica centralizado - GTC.....	25
2.5. Avaliação do desempenho energético.....	25
2.5.1. Áreas de intervenção.....	27
2.5.1.1. Considerações relativas ao edifício.....	28
2.5.1.2. Considerações relativas ao sistema AVAC.....	29
2.5.1.3. Central de energia e sistemas de distribuição.....	30
2.5.1.4. Considerações relativas ao sistema de iluminação.....	30
2.5.1.5. Sistemas elétricos.....	32

2.5.1.6.	Automação dos processos.....	32
2.5.2.	Projeto AuditAC e ECO's.....	32
Capítulo 3 – Caso de Estudo	35	
3.1.	A Escola. Uma instituição. Um edifício de valores	35
3.2.	Descrição do complexo escolar.....	36
3.3.	Consumo energético e horários de funcionamento	37
3.4.	Instalações e equipamentos mecânicos.....	38
3.4.1.	Centrais térmicas e zonas técnicas.....	39
3.4.1.1.	Central de frio	39
3.4.1.2.	Central de quente.....	40
3.4.2.	Aquecimento, ventilação e ar-condicionado	41
3.5.	Metodologia de avaliação e gestão do consumo energético	42
3.5.1.	Sistema de alimentação e distribuição de energia	43
3.5.2.	Sistema de gestão técnica centralizada	45
3.5.3.	Monitorização contínua dos consumos energéticos	48
3.6.	Análise dos consumos elétricos mensais	49
Capítulo 4 - Apresentação e discussão de resultados	55	
4.1.	Avaliação de padrões de consumo.....	55
4.1.1.	Validação experimental.....	55
4.1.2.	Análise dos consumos energéticos por quadros elétricos	56
4.1.2.1.	Quadro elétrico Q.A.0.1(N) – Iluminação	56
4.1.2.2.	Quadro elétrico Q.A.0.2(N) – Iluminação.....	59
4.1.2.3.	Quadro elétrico Q.A.1(N) – Iluminação.....	61
4.1.2.4.	Quadro elétrico Q.A.G.0(N) – Geral	63
4.1.2.5.	Quadro elétrico Q.A.G.0(N) – Iluminação, Q.PORT., QAExt.(N).....	64
4.1.2.6.	Quadro elétrico Q.A.G.0(N) - Q.A.G.2(N) + Q.A.G.3(N)	67
4.1.2.7.	Quadro elétrico Q.A.G.0(N) – Q.E.A.C.0.1(N)	74
4.1.2.8.	Q.A.G.1(N) – Geral.....	75
4.1.2.9.	Quadro elétrico Q.A.G.1(N) - Iluminação	77
4.1.2.10.	Q.B.Bib.0(N) – Geral	80
4.1.2.11.	Quadro elétrico Q.B.Cer.(N) – Iluminação	82
4.1.2.12.	Quadro elétrico Q.B.G.0(N) – Q.E.A.C.1.1(N)	83
4.1.2.13.	Quadro elétrico Q.B.G.1(N) – Geral.....	85
4.1.2.14.	Quadro elétrico Q.B.G.1(N) – Iluminação	88

4.1.2.15.	Quadro elétrico Q.B.Met.(N) – Geral	91
4.1.2.16.	Quadro elétrico Q.B.Met.(N) – Iluminação	92
4.1.2.17.	Q.D.Coz.(N) – Iluminação	94
4.1.2.18.	Q.D.G.0(N) – Q.C.S.Pol.0(N).....	95
4.1.2.19.	Q.D.G.0(N) – Q.D.Coz.(N)	95
4.1.2.20.	Q.D.G.0(N) – Q.D.Ext.(N), Q.D.2(N), Q.C.Z.T.0(N).....	96
4.1.2.21.	Q.D.G.0(N) – Q.E.A.C.0.2(N)	99
4.1.2.22.	Q.E.A.C.2.1 – Geral (AVAC).....	100
4.1.2.23.	Q.E.A.C.3.1(N) e Q.E.A.C.3.2.(N).....	102
4.1.2.24.	Q.G.B.T.(N) – Geral	103
4.1.2.25.	Q.G.B.T.(N) – Q.B.G.0(N)	104
4.1.2.26.	Q.G.B.T.(N) – Q.D.G.0(N)	111
4.1.2.27.	Quadro elétrico Q.G.B.T.(N) – Q.E.C.T.(N).....	112
4.2.	Indicadores de performance energética do edifício	115
4.3.	Estratégias de atuação - melhoria do consumo energético.....	117
Capítulo 5 – Conclusão e trabalhos futuros		127
Referências		131
ANEXO A: Áreas de intervenção		135
A.1.	Considerações sobre o edifício	135
A.2.	Sistema AVAC.....	136
A.3.	Central de energia e sistemas de distribuição	139
A.4.	Sistema de iluminação	143
A.5.	Sistema elétrico.....	147
A.6.	Automação de processos.....	148
A.7.	Processos industriais.....	149
ANEXO B: Projeto AUDITAC.....		151
ANEXO C: Complexo Escolar		159
C.1.	Caracterização.....	159
C.2.	Instalações e equipamentos mecânicos	164
C.3.	Distribuição de energia	166
C.4.	Horários GTC	187
C.5.	Análise dos consumos energéticos	194
C.6.	Cálculo dos indicadores de performance energética.....	196

Lista de Figuras

Figura 1 Perspetivas de crescimento da demanda mundial de energia primária. [4]	2
Figura 2 Perfis de utilização médios de eletricidade e de gás natural para escolas dos EUA. [8].	4
Figura 3 Caracterização e tipologias de benchmarking. [34]	18
Figura 4 Etapas do processo de benchmarking. [33]	18
Figura 5 Estratégias de gestão de energia. [39]	26
Figura 6 - Esquematização dos fluxos energéticos presentes num edifício. [39]	27
Figura 7 Áreas de intervenção com objetivo da melhoria do consumo energético.	28
Figura 8 Potenciais áreas de avaliação e respetivas secções de agrupamento das ECO's. [46] .	33
Figura 9 Representação das zonas funcionais da escola.....	36
Figura 10 Esquema organizacional da central de frio.	39
Figura 11 Esquema organizacional da central de quente.	41
Figura 12 Equipamentos do Bloco A presentes na GTC.	46
Figura 13 Equipamentos do Bloco B presentes na GTC.	47
Figura 14 Equipamentos do Bloco C presentes na GTC.	47
Figura 15 Equipamentos do Bloco D presentes na GTC.	48
Figura 16 Esquema representativo dos quadros elétricos alvo de monitorização.	49
Figura 17 Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2014 a 01 de maio de 2015 (análise mensal)	51
Figura 18 Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2014 a 01 de maio de 2015 (análise diária).	52
Figura 19 [Q.A.0.1(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	57
Figura 20 [Q.A.0.1(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).....	58
Figura 21 [Q.A.0.2(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	60
Figura 22 [Q.A.0.2(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).....	60
Figura 23 [Q.A.1(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	62
Figura 24 [Q.A.1(N)] consumo elétrico de iluminação (kWh) de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014.....	63
Figura 25 [Q.A.G.0(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).	64
Figura 26 [Q.A.G.0(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	64
Figura 27 [G.A.G.0(N) – Iluminação, Q.PORT. e Q.A.Ext.(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	66
Figura 28 [G.A.G.0(N) – Iluminação, Q.PORT. e Q.A.Ext.(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).....	66

Figura 29 [G.A.G.0(N) – Q.A.G.2(N) + Q.A.G.3(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	73
Figura 30 [G.A.G.0(N) – Q.A.G.2(N) + Q.A.G.3(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).	74
Figura 31 [Q.A.G.1(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).	76
Figura 32 [Q.A.G.1(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	76
Figura 33 [Q.A.G.1(N)] Consumo elétrico geral de 01 de maio a 01 de julho de 2013 [kWh]. ...	77
Figura 34 [Q.A.G.1(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).	78
Figura 35 [Q.A.G.1(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	79
Figura 36 [Q.A.G.1(N)] Consumo elétrico de iluminação (kWh) de 1 de maio a 1 de julho de 2013 [kWh].	79
Figura 37 [Q.B.Bib.0(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).	80
Figura 38 [Q.B.Bib.0(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	81
Figura 39 [Q.B..Cer.(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	82
Figura 40 [Q.B.Cer.(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).	83
Figura 41 [Q.B.G.0(N) – Q.E.A.C.1.1] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	84
Figura 42 [Q.B.G.0(N) – Q.E.A.C.1.1] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).	84
Figura 43 [Q.B.G.1(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).	87
Figura 44 [Q.B.G.1(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	88
Figura 45 [Q.B.G.1(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).	89
Figura 46 [Q.B.G.1(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 15 de setembro de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	89
Figura 47 [Q.B.Met.(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).	93
Figura 48 [Q.B.Met.(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	93
Figura 49 [Q.D.Coiz.(N) - Iluminação] Consumo elétrico de 1 de maio de 2013 a 1 de maio de 2014 [kWh].	95
Figura 50 [Q.D.G.0(N) – Q.D.Coiz.(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).	96
Figura 51 [Q.D.G.0(N) – Q.D.Coiz.(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	96

Figura 52 [Q.D.Ext.(N), Q.D.2(N), Q.C.Z.T.0(N)] consumo elétrico de 1 de janeiro a 31 de janeiro de 2014.....	97
Figura 53 [Q.D.Ext.(N), Q.D.2(N), Q.C.Z.T.0(N)] consumo elétrico de 1 de maio a 1 de julho de 2013.....	98
Figura 54 [Q.D.G.0(N) – Q.D.Ext.(N), Q.D.2(N), Q.C.Z.T.0(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).....	98
Figura 55 [Q.D.G.0(N) – Q.D.Ext.(N), Q.D.2(N), Q.C.Z.T.0(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	99
Figura 56 [Q.D.G.0(N) – Q.E.A.C.0.2(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).....	100
Figura 57 [Q.D.G.0(N) – Q.E.A.C.0.2(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	100
Figura 58 [Q.E.A.C.2.1. – Geral (AVAC)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 06 de junho a 22 de outubro de 2013 (análise diária).....	101
Figura 59 [Q.E.A.C.2.1(N)] consumo elétrico AVAC (kWh) de 06 de junho a 27 de setembro de 2013.....	102
Figura 60 [Q.E.A.C.3.1(N) e Q.E.A.C.3.2(N)] Consumo elétrico de 1 de maio de 2013 a 1 de maio de 2014 [kWh].....	103
Figura 61 [Q.G.B.T.(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).	104
Figura 62 [Q.G.B.T.(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	104
Figura 63 [Q.G.B.T.(N) – Q.B.G.0(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).....	110
Figura 64 [Q.G.B.T.(N) – Q.B.G.0(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	111
Figura 65 [Q.G.B.T.(N) – Q.D.G.0(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).....	112
Figura 66 [Q.G.B.T.(N) – Q.D.G.0(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	112
Figura 67 [Q.G.B.T.(N) – Q.E.C.T.(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).....	114
Figura 68 [Q.G.B.T.(N) – Q.E.C.T.(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	114
Figura 69 [Q.G.B.T.(N) – Q.E.C.T.(N)] Consumo elétrico de 1 de maio de 2013 a 1 de maio de 2014 [kWh].....	115
Figura 70 Gráfico comparativo do consumo elétrico total por unidade de área associado a cada mês.	116
Figura 71 [Q.B.G.1(N) – Iluminação] Relação entre a evolução comparativa do consumo elétrico médio horário do de 15 de setembro de 2013 a 01 de maio de 2014 e a ocupação dos espaços.....	119

Figura 72 [Q.A.0.1(N) – Iluminação] Relação entre a evolução comparativa do consumo elétrico médio horário do de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 e a ocupação dos espaços.	120
Figura 73 [Q.D.Coz.(N) – Iluminação] Relação entre a evolução comparativa do consumo elétrico médio horário do de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 e a ocupação dos espaços.....	121
Figura 74 [Q.E.C.T.(N)] Relação entre a evolução comparativa do consumo elétrico médio horário do de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 e o período de funcionamento.	123
Figura 75 Pormenor da planta do piso -1.....	159
Figura 76 Pormenor da planta do piso 0.....	160
Figura 77 Pormenor da planta do piso 1.....	160
Figura 78 Pormenor da planta do piso 2.....	161
Figura 79 Pormenor da planta do piso 3.....	161
Figura 80 [Q.B.Met.(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).....	194
Figura 81 [Q.B.Met.(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).	194
Figura 82 [Q.A.0.2(N) – Iluminação] Relação entre a evolução comparativa do consumo elétrico médio horário do de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 e a ocupação dos espaços.	195

Lista de Tabelas

Tabela 1 Principais especificações do chiller.....	40
Tabela 2 Principais especificações das UTA's.....	42
Tabela 3 Esquema da rede de alimentação e distribuição de energia	44
Tabela 4 Distribuição de energia do quadro Q.E.C.T.(N)	45
Tabela 5 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.0.1(N)	57
Tabela 6 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.0.2(N)	59
Tabela 7 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.1(N)	61
Tabela 8 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.G.0.(N).....	65
Tabela 9 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.PORT.(N).....	65
Tabela 10 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.G.2(N).....	67
Tabela 11 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.S.P.(N)	68
Tabela 12 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.2(N)	68
Tabela 13 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.L.F.(N).....	68
Tabela 14 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.L.Q.(N).....	69
Tabela 15 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.Gal.2(N).....	69
Tabela 16 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.G.3(N).....	70
Tabela 17 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.3(N)	70
Tabela 18 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.Gal.3(N).....	71
Tabela 19 Esquema do quadro elétrico Q.E.A.C.3.1(N)	71
Tabela 20 Esquema do quadro elétrico Q.E.A.C.3.2(N)	72
Tabela 21 Esquema do quadro elétrico Q.E.A.C.0.1(N)	75
Tabela 22 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.G.1(N).....	77
Tabela 23 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Bib.0(N)	80
Tabela 24 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Cer.(N).....	82
Tabela 25 Especificações relativas ao quadro elétrico Q.E.A.C.1.1(N).....	83
Tabela 26 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Joal.1(N)	86
Tabela 27 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Joal.2(N)	86
Tabela 28 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Cer.1(N).....	86
Tabela 29 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Cer.2(N).....	86
Tabela 30 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Pol.(N)	86
Tabela 31 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Fot.N)	87
Tabela 32 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.G.1(N).....	88
Tabela 33 Horário de ocupação dos espaços B1.03 e B1.05.....	90
Tabela 34 Esquema do quadro elétrico Q.B.Met.(N) (s/ iluminação).....	92
Tabela 35 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Met.(N).....	92
Tabela 36 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.D.Coiz.(N)	94
Tabela 37 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.D.2(N)	97
Tabela 38 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.C.Z.T.0(N).....	97
Tabela 39 Esquema do quadro elétrico Q.E.A.C0.2(N)	99
Tabela 40 Esquema do quadro elétrico Q.E.A.C.2.1(N)	101
Tabela 41 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.G.0.(N).....	105

Tabela 42 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Grav.(N)....	105
Tabela 43 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Mad.(N)....	106
Tabela 44 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Ser.(N).....	106
Tabela 45 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Fotom.(N).	106
Tabela 46 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.OFF.(N).....	107
Tabela 47 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.C.V.(N).....	107
Tabela 48 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Reg.Vid.(N)	108
Tabela 49 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.G.2(N).....	108
Tabela 50 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Text.(N)....	109
Tabela 51 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.RPE(N).....	109
Tabela 52 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Mult.(N)....	110
Tabela 53 Especificações relativas ao quadro elétrico Q.E.C.T.(N) – geral	113
Tabela 54 Estimativa de poupança anual por racionalização da utilização da iluminação [Q.B.G.1(N)]	119
Tabela 55 Estimativa de poupança anual por racionalização da utilização da iluminação [Q.A.0.1(N)]	120
Tabela 56 Estimativa de poupança anual por racionalização da utilização da iluminação [Q.D.Coiz.(N)]	121
Tabela 57 Estimativa de poupança anual mediante ajuste do horário de funcionamento [Q.E.C.T.(N)].....	123
Tabela 58 Estimativa de poupança anual por introdução de um circuito independente no pátio exterior.....	125
Tabela 59 Causas que conduzem a perdas energéticas na envolvente do edifício [39].....	135
Tabela 60 Causas que conduzem a perdas energéticas ou à ineficiência em sistemas AVAC [39]	136
Tabela 61 Causas que conduzem à perda de água [39].....	139
Tabela 62 Causas que conduzem a perdas energéticas e à ineficiência em centrais de energia e sistemas de distribuição [39]	140
Tabela 63 Causas que conduzem a perdas energéticas e à ineficiência em sistemas de ar comprimido [39].....	142
Tabela 64 Níveis de iluminação recomendados para espaços funcionais referenciados pela PE [38]	144
Tabela 65 Causas que conduzem a perdas energéticas ou à ineficiência dos sistemas de iluminação [39].....	146
Tabela 66 Causas que conduzem a perdas energéticas ou à ineficiência dos sistemas elétricos [39]	147
Tabela 67 Causas que conduzem a perdas energéticas ou à ineficiência na automação de processos [39]	148
Tabela 68 Causas que conduzem a perdas energéticas e à ineficiência dos processos de catering e de armazenamento [39].....	150
Tabela 69 ECO's correspondentes à envolvente e cargas térmicas [46]	151
Tabela 70 ECO's correspondentes à instalação [46]	153
Tabela 71 ECO's correspondentes à operação e manutenção [46]	155
Tabela 72 Principais tipologias dos espaços do Bloco A	162
Tabela 73 Principais tipologias dos espaços do Bloco B	163

Tabela 74 Principais tipologias dos espaços do Bloco C.....	163
Tabela 75 Principais tipologias dos espaços do Bloco D	163
Tabela 76 Principais tipologias dos espaços do Bloco E.....	164
Tabela 77 Principais especificações das bombas associadas à central de frio	164
Tabela 78 Principais especificações dos grupos caldeira/queimador.....	165
Tabela 79 Principais especificações das bombas associadas à central de quente	165
Tabela 80 Principais especificações das bombas associadas à distribuição de AQS.....	166
Tabela 81 Sistema de distribuição de energia	166
Tabela 82 Horários de funcionamento de acordo com a GTC	187
Tabela 83 Períodos e ciclos considerando o serviço universal da EDP®	195
Tabela 84 Estimativa de poupança anual por racionalização da utilização da iluminação [Q.A.0.2(N)]	196

Nomenclatura

A	Área [m ²]
BTU	<i>British Thermal Unit</i>
b_p	Coeficiente de inclinação de um fator
AE_U	Energia total consumida pelo sistema AVAC no período de um mês [Wh]
AE_{U,i}	Energia total consumida num dia [Wh]
d_u	Número de dias de ocupação no período de um mês
E	Energia total consumida no período de um mês [Wh]
E_{NU}	Energia total consumida no período de desocupação [Wh]
E_U	Energia total consumida no período de funcionamento [Wh]
E_{U,i}	Energia total consumida no período de ocupação [Wh]
H	Número de horas em que decorre um mês [h]
H_{NU}	Número de horas de desocupação do edifício [h]
H_U	Número de horas do período de funcionamento [h]
IEE	Índice de eficiência energética [kWh/m ² .ano]
i	Ordem da observação
i	Intensidade de corrente [A]
n	Número de amostras
P	Potência [W]
p	Número de variáveis
S	Área total de pavimento [m ²]
SE	Erro-padrão da estimativa
Ḃ	Caudal volúmico [m ³ /s]
V_A	Volume do edifício climatizado [m ³]
v_i	Erro aleatório da distribuição normal
T	Temperatura [°C]
T_i	Temperatura exterior média diária [°C]
t	Distribuição <i>t</i> de <i>Student</i>

U_i	Valor médio de utilizadores diário
w_i	Peso da variável de entrada na variável de saída
X	Variável de entrada
x_i	Neurónio de entrada
Y	Variável de saída
ϵ_i	Erro aleatório relativo à observação de ordem i
\emptyset_{arm}	Fluxo de calor armazenado no sistema [W]
\emptyset_{fc}	Fluxo de calor proveniente de uma fonte de calor interna [W]
\emptyset_{in}	Fluxo de calor de entrada no sistema [W]
\emptyset_{out}	Fluxo de calor de saída do sistema [W]

Acrónimos

AC	Ar-condicionado
ANN	<i>Artificial Neural Network</i>
AQS	Águas Quentes Sanitárias
AVAC	Aquecimento, ventilação e ar condicionado
BEMS	<i>Building Energy Management Systems</i>
CDA	<i>Conditional Demand Analysis</i>
BDF	Bomba de distribuição de frio
BPF	Bomba de produção de frio
COLS	<i>Correlated Ordinary Least Squares</i>
COP	<i>Coefficient of Performance</i>
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
ECO	Oportunidade de Conservação de Energia
EDP	Energias de Portugal
ENE	Estratégia Nacional para a Energia
EPBD	<i>Energy Performance of Buildings Directive</i>
EPI	<i>Energy Performance Indicator</i>
GA	<i>Genetic Algorithm</i>
GEE	Gases de efeito de estufa
GTC	Gestão Técnica Centralizada
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
NILM	Non-Intrusive Load Monitoring
NZEB	<i>Nearly Zero Energy Building</i>
OLS	Ordinary Least Square
PE	Parque Escolar
PIB	Produto Interno Bruto
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

SFA	<i>Stochastic Frontier Analysis</i>
SVM	<i>Support Vector Machine</i>
UE	União Europeia
UTA	Unidade de Tratamento de Ar
UGR	<i>Unified Glare Rating</i>

Capítulo 1 - Introdução

1.1. Motivação e enquadramento

Mesmo que de forma inconsciente, quando se abraça um projeto que pressupõe a avaliação e parametrização de indicadores de eficiência energética em edifícios com monitorização contínua, há a percepção de que se tenta remar contra uma maré cujas correntes, tantas vezes políticas, geo-estratégicas ou burocráticas, compactuam com um sedentarismo de mentalidades (em alguns casos claramente confundido com facilitismo ou até mesmo com o desprezo daqueles a quem só o seu dia-a-dia nitidamente interessa) permitindo que a base energética mundial permaneça alicerçada na exploração dos combustíveis fósseis.

Analise-se a tendência do consumo energético mundial. É de senso comum que o consumo energético tem vindo a registar um incremento ímpar nas últimas décadas. O rápido crescimento populacional aliado a uma melhoria das condições de vida, ao desenvolvimento científico e tecnológico e às condições específicas de cada país ou região – tome-se, como exemplo, a cultura e as infraestruturas económicas – têm sido fatores preponderantes na sede exponencial de energia que se tem verificado [1]. O desenvolvimento resulta do esforço coletivo ou, por outras palavras, do esforço que cada sociedade promove para que ela própria se desenvolva, o que levanta um dilema – o da “aptidão” de cada sociedade para desenvolver esse esforço. Porém, nem todas as sociedades se revelam aptas de igual forma. Podendo-se definir uma sociedade como um agregado de indivíduos integrados numa estrutura de grupos, que se move dentro de uma cultura e que se sujeita a uma organização, por que não atuar nessas raízes de diferença de aptidão, procurando corrigir e minimizar as divergências na cultura, na estrutura e na organização [2]? Essa atuação levaria a uma uniformização da correlação estabelecida entre o aumento do PIB de cada país e o correspondente aumento do consumo energético *per capita* [1].

De acordo com levantamentos estatísticos realizados pela BP®, em 2013, o consumo mundial de energia ultrapassou o valor de 12,5 mil milhões de tep. Deste montante, mais de 80% corresponde a combustíveis fósseis – sejam estes carvão, petróleo e gás natural [3]. A Figura 1 pretende representar as fontes energéticas que sustentam o consumo mundial. A análise de dois instantes temporais distintos, 2011 e 2035, permite identificar um aspeto-chave preponderante na análise de desafios futuros. Ou seja, apesar do distanciamento temporal, não se verifica uma tendência de redução considerável na dependência dos combustíveis fósseis.

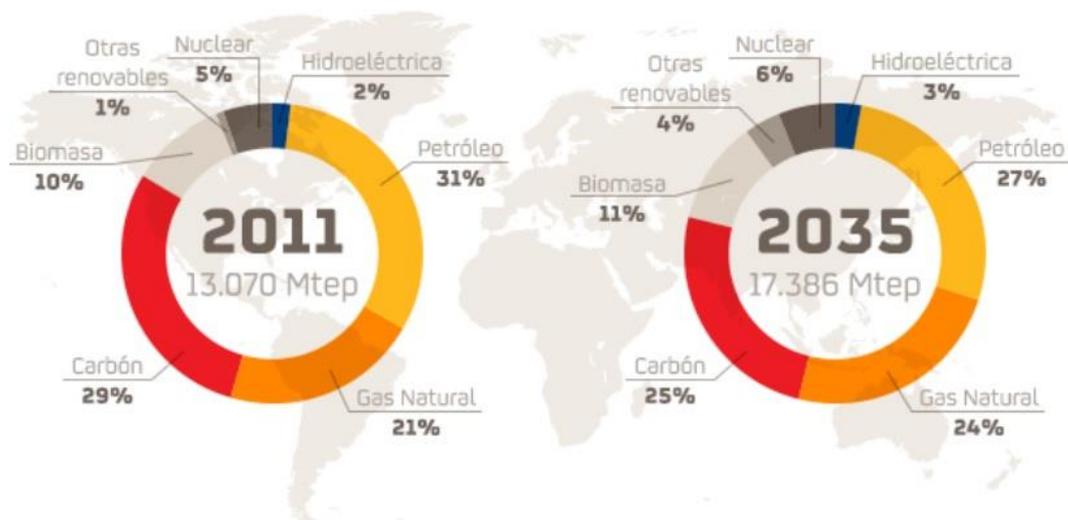


Figura 1 Perspetivas de crescimento da demanda mundial de energia primária. [4]

Com o crescimento abrupto do consumo energético mundial têm emergido algumas questões merecedoras de preocupação. Destas destacam-se a dificuldade nítida que começa a surgir na busca de alternativas ao abastecimento de energia por parte de indústrias/setores fortemente dependentes dos combustíveis fósseis; o elevado grau de exploração das consideradas fontes de energia não renováveis (poder-se-ia estender o presente relatório à abordagem das alterações que o ser humano tem vindo a provocar no (des)equilíbrio dos ecossistemas, contudo tal aspeto não constitui o grande enfoque da atual análise); e o impacto ambiental que este consumo viciado tem proporcionado (note-se a destruição da camada de ozono, o aquecimento global, alterações climáticas, entre outros) [5]. De facto, de acordo com [5], um estudo efetuado entre 1984 e 2004 atesta um aumento de 49% do consumo de energia primária, a par dos 43% de incremento das emissões de CO₂ (o crescimento médio anual varia entre os 2 e os 1,8%, respetivamente).

As atuais previsões apontam para uma continuidade da tendência de crescimento, muito por responsabilidade dos países de economia emergente. A análise de vários indicadores energéticos, ainda de acordo com o estudo anteriormente referenciado, permite mesmo retirar algumas conclusões - as emissões de CO₂ aumentaram a uma taxa inferior à do consumo energético; o consumo de energia primária cresceu a uma taxa superior à do crescimento populacional; o consumo de energia elétrica quase triplicou (viu também ampliada a sua participação no consumo energético global); e a eficiência energética (rácio entre a energia final e a primária) obteve um decréscimo de 7% por aumento do consumo de energia elétrica [5].

Seguindo a inevitável tendência de dependência dos combustíveis fósseis agravada pela sua obtenção exclusivamente externa, o Estado Português optou pela elaboração da Estratégia Nacional para a Energia [6]. A ENE 2020 trilha linhas estratégicas para o setor da energia numa tentativa de promover o crescimento económico e de tornar Portugal um país mais aliciante e competitivo no mercado da energia. O Governo almeja ainda a criação de valor e de emprego qualificado em setores com elevada incorporação tecnológica. A aposta nas “energias renováveis”, a promoção da eficiência energética, a garantia da segurança de abastecimento, a

sustentabilidade económica e ambiental e a agenda para a competitividade, para o crescimento e para a independência energética e financeira, prometem potenciar a produção de energia e de ideias, que permitam a Portugal a aquisição do título de país exportador de soluções com elevado valor acrescentado [6].

Impõe-se, neste momento, que se faça uma decomposição deste consumo energético. Não se pretendem ideias vagas. Deseja-se sim a planificação e concretização de ideias atuando num dos setores de maior potencial de poupança energética – o da construção. Aos edifícios representam 20-40% do consumo total de energia primária, tornando-se no terceiro maior setor em questões de consumo energético, apenas precedido pela indústria e pelos transportes. Acredita-se que o crescimento populacional, a melhoria dos serviços e do nível de vida, aliados ao tempo que se dispensa no interior dos edifícios possa estar na origem dos valores de consumo energético hoje em dia conhecidos. Os edifícios podem ser divididos no setor dos serviços e no setor residencial [5]. É do interesse do presente trabalho que o leitor se debruce sobre a primeira distinção.

Da categoria dos edifícios de comércio e serviços fazem parte os edifícios públicos e os comerciais (onde se inserem os estabelecimentos de ensino, hotéis, hospitais, museus, restaurantes, entre outros)[5]. Sendo que o caso de estudo que irá ser explorado é o de uma escola do ensino secundário que se encontra ao abrigo da Parque Escolar, é sobre os perfis de utilização típicos de um edifício de serviços com a vertente de ensino que recai a atenção. Na literatura, existe um amontoar de referências que incluem dados relativos a consumos energéticos globais de estabelecimentos de ensino. Contudo, raras são as vezes em que os dados surgem catalogados, não sendo habitual a referência ao tipo de energia (primária ou final) nem à especificação da finalidade ou funcionalidades do edifício (escola primária, secundária, com/sem cantina, entre outros.) [7]. A ENERGY STAR® apresenta porém um perfil de utilização típico para escolas com a vertente de ensino secundário. Uma leitura deste estudo permite identificar rapidamente quais as atividades que exigem maior disponibilidade de recursos energéticos. Tendo por suporte a Figura 2, constata-se que 70% do consumo energético total diz respeito ao aquecimento, arrefecimento, ventilação e à iluminação. De notar ainda a contribuição do equipamento de escritório (computadores, impressoras, entre outros) no consumo elétrico global, com um peso de 20%. No que a respeito diz do consumo de gás natural, este deve-se na sua grande maioria à necessidade de aquecimento [8].

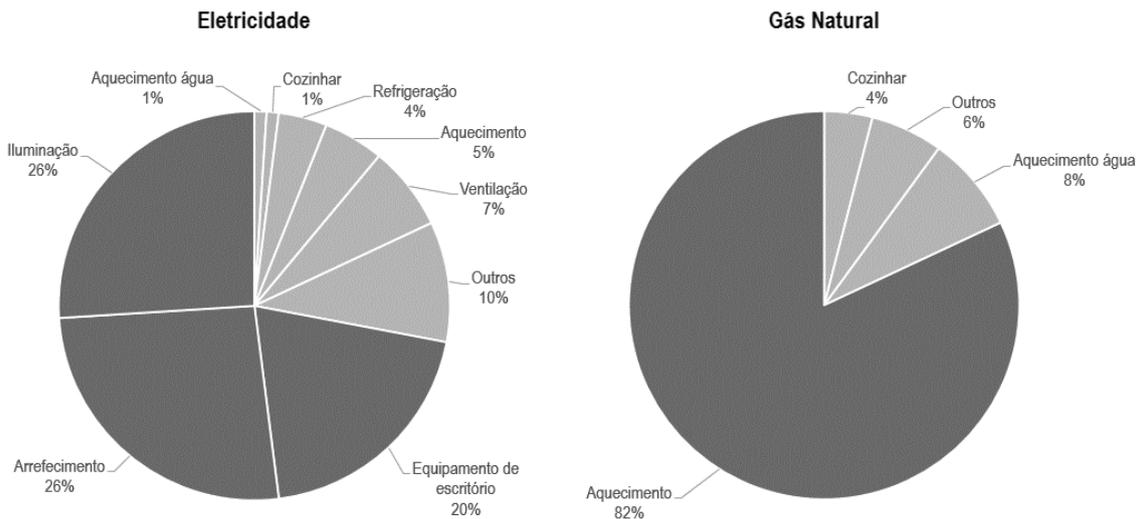


Figura 2 Perfis de utilização médios de eletricidade e de gás natural para escolas dos EUA. [8]

1.2. Caso de estudo

A Parque Escolar (PE), Entidade Pública Empresarial, é uma pessoa coletiva de direito público de natureza empresarial pensada para a prestação de serviços cujo perfil se enquadra no planeamento, gestão e execução do Programa de Modernização da Rede Pública de Escolas Secundárias e outras afetas ao Ministério da Educação no âmbito do Programa de Modernização da Parque Escolar Destinada ao Ensino Secundário. Sediada em Lisboa, possui uma cobertura nacional de acompanhamento das intervenções efetuadas em cada uma das suas delegações, encontrando-se dotada de autonomia administrativa e financeira, e de património próprio, sujeita à tutela dos membros do Governo responsáveis pelas áreas das finanças e da educação [9][10]. A Parque Escolar pretende ser visionária. Almeja o reconhecimento como empresa pública de referência nas áreas da sustentabilidade e da inovação [10].

Com o surgimento de novos paradigmas educativos e ambientais, houve uma necessidade de adaptação às tendências evolutivas do modelo educativo adotado em Portugal. A Escola deve ser orientada para a transmissão de conhecimentos, de informação; deve ser capaz de facilitar competências aos alunos; deve ser um símbolo de referência na estimulação da aprendizagem e na aquisição de valores morais que orientem os alunos no seu percurso de vida [11]. A intervenção da Parque Escolar nos estabelecimentos de ensino destinados ao Ensino Secundário pretende dar resposta a três grandes desafios – a recuperação e modernização dos edifícios escolares; a abertura da Escola à Comunidade; e a criação de um sistema eficiente e eficaz de gestão dos edifícios [10].

O tema de dissertação proposto pretende incidir na organização das várias valências – apresentem estas um carácter letivo ou não - munindo-as de recursos que lhes facilitem a sua gestão e manutenção. Com a consciência da heterogeneidade de características arquitetónicas, construtivas e funcionais, presentes no seio escolar, pretende-se que a escola convirja no sentido de um projeto educativo pensado caso a caso. Só assim é possível a resposta adequada às necessidades, objetivos e características de cada estabelecimento, garantindo a longevidade

e sustentabilidade das interveniências efetuadas numa linha temporal dilatada [11]. A presente dissertação cruza-se com a Parque Escolar na medida em que o caso de estudo abordado dirá respeito a um estabelecimento de ensino secundário, de raízes fortemente artísticas, inserido na zona norte de Portugal Continental, ao abrigo da Delegação Regional do Norte (Porto).

Atendendo ao caráter assumido pela Parque Escolar, bastante peculiar na política de preocupação ativa que tem vindo a revelar no que diz respeito aos edifícios escolares a seu abrigo, pretende-se demonstrar que, através de um sistema de monitorização contínua, é possível contribuir para uma gestão energética mais assertiva e eficaz. Fomentando o controlo dos consumos energéticos, consegue-se analisar e comparar a utilização energética de um edifício de serviços existente com um edifício do mesmo tipo ou de características similares. Esta abordagem permite por fim identificar oportunidades de poupança energética com retorno a curto e longo prazo, através da determinação de medidas de aperfeiçoamento da performance energética em edifícios públicos, como decorrem os edifícios escolares.

1.3. Estrutura da tese

A estruturação da presente dissertação recai sobre cinco capítulos. Pensa-se que a organização promovida é uma mais-valia para a compreensão de todo o trabalho desenvolvido. Assim sendo, atente-se a finalidade imposta a cada um dos referidos capítulos.

Intitulado de “Capítulo 1 – Introdução”, pretende-se introduzir o presente documento através do enquadramento do leitor no panorama energético atual, alertando-o para factos e valores que expressam a dependência energética mundial vivenciada nos dias correntes. A certa altura, ocorre a necessidade de convergir o foco de interesse para o caso particular dos edifícios de comércio e serviços visto o caso de estudo assentar num edifício destinado ao ensino secundário público. Neste momento, estão reunidas as condições necessárias à compreensão do surgimento do tema associado à presente dissertação. Enaltece-se a vontade de procurar definir estratégias de atuação que promovam o melhoramento da performance energética dos edifícios públicos, beneficiando de todas as vantagens que deste advêm.

No segundo capítulo, desenvolve-se a revisão bibliográfica procurando munir o leitor de bases teóricas que lhe permitam compreender quais os alicerces em que assenta toda a essência do presente trabalho. Os conceitos abordados resultam em grande parte da necessidade de explorar linhas de pensamento que se concluíram nem sempre evidentes e devidamente abordadas em casos de estudo similares.

Num terceiro capítulo, ocorre uma primeira abordagem ao caso de estudo. Partindo-se de uma descrição muito própria do conceito escola e de tudo o que a este se encontra inerente, expõe-se uma descrição do complexo escolar, dos consumos energéticos e dos horários de funcionamento a este associado. Pretende-se a descrição das instalações e dos equipamentos mecânicos. Descreve-se ainda a metodologia de avaliação e de gestão do consumo energético estabelecida.

O quarto capítulo pretende exhibir os resultados obtidos e progredir com a sua discussão. Procurou-se avaliar padrões de consumo e analisar de forma detalhada os consumos

energéticos dos quadros elétricos que foram alvo do processo de monitorização aplicado ao complexo escolar. Essa pormenorização revelar-se-á fundamental para o redireccionamento dos objetivos da dissertação. Reserva-se ainda espaço à definição de indicadores de performance energética, culminando na apresentação de estratégias de atuação que visam a otimização dos consumos energéticos.

Por último, reserva-se um capítulo para a apresentação das conclusões finais assim como para a orientação de trabalhos futuros.

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica

2.1. Eficiência energética

Quando se aborda o conceito de eficiência energética, um dos primeiros esforços centra-se na tentativa de generalizar este conceito por atribuição de uma definição objetiva. Contudo, este é um termo genérico, não existindo uma definição inequívoca que o singularize [12]. Na literatura há assim uma tentativa constante de aproximação de definições que conduzem a uma interpretação de leitura recorrente. Esta atribui à eficiência energética a designação da otimização que se realiza no consumo de energia. Porém, quando o leitor se afasta do campo da subjetividade consciencializa-se de que a eficiência energética se refere a um rácio entre uma determinada variável de saída e uma variável de entrada. A preocupação foca-se agora na caracterização destas variáveis [12]. Consultando [12] constata-se ainda que pode ser realizada uma apreciação dos valores de eficiência energética atendendo a um conjunto de indicadores. Deste fazem parte indicadores de cariz termodinâmico, físico-termodinâmico, económico-termodinâmico ou económico.

Atente-se a seguinte citação presente na diretiva 2002/91/CE [13]: “A maior eficiência energética constitui uma parte importante do pacote de políticas e de medidas necessárias ao cumprimento do Protocolo de Quioto, devendo pois constar de qualquer pacote de políticas que visem o cumprimento de outros compromissos.” Emitida pelo Parlamento Europeu e pelo Conselho da União Europeia em 2003, a diretiva 2002/91/CE (EPBD) almeja um aperfeiçoamento da performance energética dos edifícios referenciando para tal a utilização de energia. Abre assim mão da demanda de energia correspondente ao ciclo de vida do edifício durante a produção dos materiais de construção [14]. Esta diretiva constitui uma primeira tentativa de aplicação de exigências mínimas em matéria de desempenho energético por parte dos Estados-Membro, e revelou ser um grande avanço na alteração de mentalidades políticas. Isto porque, se pensar bem, os conceitos de eficiência energética e de conservação de energia são constantemente utilizados como sinónimo em discussões políticas, o que facilmente incorre em erro [15].

Atualmente vigora a diretiva 2010/31/EU que veio introduzir alterações substanciais à anterior diretiva emitida [16]. Em adição aos requisitos de qualidade térmica, desenvolvem-se critérios que visam a melhoria da eficiência energética dos principais tipos de sistemas técnicos do edifício - sejam estes os sistemas de climatização, de iluminação, de preparação de água quente sanitária, de aproveitamento de fontes de energia renováveis e ainda os sistemas que proporcionam a gestão energética – ficando todos estes submetidos a padrões mínimos de eficiência energética [17].

2.2. Performance energética

Uma leitura atenta do que foi supracitado, permite concluir que é impossível dissociar os conceitos de eficiência e performance energéticas. De facto, uma avaliação da performance de um edifício revela-se uma etapa primordial na determinação da sua eficiência energética[18]. O conceito de performance energética surge como indicador da qualidade de utilização energética por parte de um edifício [19].

No seguimento das intenções propostas pelas diretivas emitidas pode-se concluir que as medidas de melhoramento da performance energética aplicadas a um dado edifício fomentam a redução de emissões nocivas para o ambiente, ferramenta essa que é chave para o cumprimento do Protocolo de Quioto no que diz respeito ao decréscimo da quantidade de CO₂ emitido para a atmosfera [20]. Para além do mais, quando se constata que a qualidade do ar interior, a eficiência energética e as condições de conforto térmico são os três principais fatores que influenciam o ambiente escolar surge então a questão: até que ponto a presença de grandes quantidades de CO₂ influenciam o desempenho dos alunos? Salienta-se ainda a importância das elevadas concentrações de formaldeído, compostos orgânicos voláteis e partículas suspensas que podem interferir na saúde dos alunos [21].

Com o pensamento suficientemente distanciado na linha de tempo, há uma consciencialização inicial do impacto que os edifícios terão no futuro em termos de consumo de energia. Deverá ser então estimulada a utilização de fatores que reforcem o desempenho energético, pela avaliação da viabilidade técnica, ambiental e económica de sistemas alternativos de fornecimento de energia. Obras de renovação que ocorram em edifícios existentes deverão representar retornos dentro de um prazo razoável relativamente à vida técnica aguardada do investimento e com as inerentes poupanças de energia. [13] Uma avaliação da performance energética traz muitos benefícios económicos e ambientais que justificam claramente os custos acrescidos da realização de análises e simulações realizadas desde uma fase precoce do projeto, sendo que uma das consequências mais visíveis se traduz na potência instalada dos equipamentos AVAC [18]. Um aumento da performance energética permitirá ainda atenuar a dependência da importação de energia vivenciada atualmente no ceio da União Europeia. [20]

Representando os edifícios 40% do consumo de energia total da União Europeia, torna-se inevitável proceder à cuidada gestão da procura de energia. [16] Exige-se a formulação de políticas aplicáveis aos edifícios que estimulem o aumento da sua eficiência energética. Deve-se procurar o aumento da eficiência energética associada aos processos de construção e até mesmo dos equipamentos instalados, insistir na monitorização dos consumos energéticos e proceder a uma avaliação cuidada dos dados obtidos.

2.2.1. Indicador de performance energética - KPI

A definição de índice de performance energética (KPI) surge com alguma naturalidade após a abordagem do conceito de performance energética. É através do cálculo destes índices que se consegue quantificar o desempenho energético de um edifício. O KPI mais comum, abrangendo um vasto leque de tipologias de edifícios, é a intensidade de utilização energética (kWh/m²). A

performance energética de um edifício depende de seis fatores: clima (dependendo da localização do edifício), envolvente do edifício, sistemas de energia associados à utilização dada ao edifício, manutenção, atividade dos ocupantes e a qualidade do ar interior [19].

A identificação e quantificação da ineficiência associada ao consumo energético pode ser feita com recurso a seis índices parciais e a um de cariz global [22]:

Índice ESH – define o consumo global de energia.

$$ESH = \frac{E}{S \cdot H} [W/m^2] \quad (2.1)$$

Sendo E [Wh] a energia total consumida no período de um mês, S [m²] a área total do edifício e H [h] o número de horas em que ocorre um mês.

Índice E_USH_U – determina o consumo energético do edifício em períodos de ocupação, por outras palavras, regista a intensidade de utilização energética.

$$E_U SH_U = \frac{E_U}{S \cdot H_U} [W/m^2] \quad (2.2)$$

Sendo E_U [Wh] o consumo energético durante o período de funcionamento do edifício e H_U [h] o número de horas ocorridas durante esse período.

Índice E_UUH_U – permite identificar desperdícios energéticos em situações que se verifica um consumo energético excessivo para o reduzido número de utilizadores.

$$E_U UH_U = \frac{\sum_{i=1}^{d_U} (E_{U_i} / U_i)}{H_U} [W/m^2] \quad (2.3)$$

Sendo E_{U_i} [kWh] o consumo energético durante o período de ocupação do edifício, d_U o número de dias de ocupação no período de um mês e U_i [ud] o valor médio de utilizadores diário.

Índice E_{NU}SH_{NU} – determina o consumo energético no período em que o edifício permanece desocupado por consideração do número de horas de não-utilização. Em períodos de inatividade, o consumo residual do edifício deve ser mínimo.

$$E_{NU} SH_{NU} = \frac{E_{NU}}{S \cdot H_{NU}} [W/m^2] \quad (2.4)$$

Sendo E_{NU} [Wh] o consumo energético durante o período de desocupação do edifício e H_{NU} [h] o número de horas de não-ocupação.

Índice AE_UV_AH_U – facilita o controlo do consumo energético associado ao sistema AVAC.

$$AE_U V_A H_U = \frac{AE_U}{V_A \cdot H_U} [W/m^2] \quad (2.5)$$

Sendo AE_U [Wh] o consumo energético associado ao sistema AVAC no período de um mês e V_A [m³] volume do edifício que é sujeito a climatização.

Índice $KAE_U V_A H_U$ - sendo um índice semelhante ao anterior, relaciona o consumo energético com a temperatura exterior.

$$KAE_U V_A H_U = \frac{\sum_{i=1}^{d_U} AE_{U_i} K_{T_i}}{V_A H_U} [W/m^3] \quad (2.6)$$

Sendo AE_{U_i} [Wh] o consumo energético diário associado ao sistema AVAC, K_{T_i} calculado com recurso à expressão (2.7) e T_i a temperatura exterior média diária.

$$K_T(T) = \frac{10}{|T - 22| + 10} \quad (2.7)$$

Parâmetro ERF (Energy Rating Factor) – índice de índole geral. É definido pela combinação dos seis índices até então referenciados. A cada índice é atribuído um peso consoante o seu grau de relevância no edifício. A atribuição destes pesos tem em consideração a relevância que estes assumem na deterioração do panorama energético do edifício (tenha-se como exemplo o consumo energético excessivo durante o período de desocupação do edifício ou a reduzida eficiência do sistema AVAC instalado). Cada fator deve ser normalizado numa escala de 0 a 1 por consideração da distribuição normal associada.

$$ERF = \frac{100 - (10\overline{ESH} + 10\overline{E_U SH_U} + 25\overline{E_U UH_U} + 25\overline{E_{NU} SH_{NU}} + 5\overline{AE_U V_A H_U} + 25\overline{KAE_U V_A H_U})}{10} \quad (2.8)$$

2.2.2. Métodos de previsão

A previsão dos consumos energéticos de um edifício pode alicerçar-se numa de três abordagens possíveis – obedecendo ao formato de um modelo físico (*white-box*), de um modelo estatístico (*black-box*) ou ainda de um modelo híbrido (*gray-box*). As suas divergências residem nos requisitos dos dados, no tempo de computação exigido, no esforço indispensável ao desenvolvimento dos modelos associados, na habilidade de quem manuseia estes mesmos métodos e ainda na sofisticação e fiabilidade por eles fornecida [23]. Sugere-se a exploração destas três abordagens, desenvolvida nos capítulos seguintes.

2.2.2.1. Modelo físico ou *white-box*

Os modelos físicos (comumente designados por métodos *white-box*) assentam na Termodinâmica clássica ou em considerações que envolvem fenómenos de transferência de calor, no fundo aspetos físicos do problema. Este tipo de modelo é frequentemente preferível a outros pois é comum a existência de poucos parâmetros, sendo a formulação matemática baseada em princípios físicos que governam a performance do edifício ou do equipamento. Concludentemente, os coeficientes dos modelos tendem a ser mais robustos, conduzindo a modelos de previsão apelativos [23].

O recurso a modelos físicos permite modelar o comportamento térmico de um edifício consoante as necessidades que este apresente, podendo estar em causa a análise de uma escola, de um escritório, de uma moradia, de um hospital, entre outros. Alguns dos componentes a modelar incluem o aquecimento ambiente, a ventilação natural, sistemas de ar

condicionado, soluções solares passivas, painéis fotovoltaicos, as condições climatéricas ou até mesmo o comportamento dos ocupantes. Na equação (2.9) encontra-se representada a igualdade que rege este comportamento físico de transferência de calor [24]:

$$\Phi_{in} + \Phi_{fc} = \Phi_{out} + \Phi_{arm} \quad (2.9)$$

Sendo Φ_{in} o fluxo de calor de entrada no sistema, Φ_{fc} o fluxo de calor proveniente de uma fonte de calor interna, Φ_{out} o fluxo de calor de saída do sistema e Φ_{arm} o fluxo de calor armazenado nos sistema.

Tendo em vista a resolução deste padrão de problema, apresenta-se a descrição sucinta de três tipos de modelos físicos utilizados – CFD (*Computational Fluid Dynamics*), zona e multizona. A opção pelo modelo mais apropriado depende muito do problema em questão [24].

A previsão sugerida pelo **modelo CFD** constitui a abordagem mais completa no que diz respeito à simulação térmica de um edifício. Através da aproximação microscópica do fenómeno de transferência de calor, consegue-se detalhar o campo de escoamento. Esta técnica diferencia-se das demais por permitir uma aproximação tridimensional. Os programas informáticos que se baseiam nos modelos CFD recorrem à resolução da equação de Navier-Stokes [24].

A principal vantagem apontada ao modelo CFD prende-se com a facilidade com que este permite obter uma descrição detalhada de diferentes escoamentos de ar no interior de um edifício. Para além disso, a divisão do volume total em múltiplos volumes de controlo (refinamento da malha) possibilita a análise de geometrias complexas. Todavia, o tempo de simulação acoplado a este método físico pode atingir valores exagerados (relembra-se o detalhe exigido à descrição 3D completa de um edifício agravado do elevado refinamento da malha). A aplicação deste modelo exige um forte conhecimento em mecânica dos fluidos, apresentando ainda limitações na correta modelação de regimes turbulentos [24].

Quando se aborda a aproximação por **zonas** é importante referir que esta constitui uma primeira simplificação do modelo anteriormente citado. Traduzindo uma situação bidimensional, este método constitui um atalho na pormenorização de ambientes interiores e na determinação da zona de conforto térmico. Resumindo, a aproximação por zonas baseia-se na divisão do edifício em múltiplas células, sendo que a cada célula corresponde uma pequena parte de uma divisão [24].

Como vantagem deste modelo apresenta-se a possibilidade em estimar a distribuição espacial de diferentes campos, sejam eles a temperatura, a pressão, a concentração de poluentes ou a velocidade do ar, nunca exigindo para tal demasiado tempo de computação. Contudo, facilmente se compreende que um método que pretende ser uma simplificação de um outro de muito maior complexidade acarreta inconvenientes. Entre eles, realçam-se a necessidade de conhecimento prévio do perfil de escoamento e a incapacidade de apurar resultados detalhados sobre a descrição dos diferentes campos [24].

A abordagem **multizona ou nodal**, provavelmente a mais simplista, assume que cada zona do edifício é um volume homogéneo com características uniformes. Por conseguinte, assemelha-se uma zona a um nó cujas propriedades são únicas. As equações associadas aos

fenómenos de transferência de calor são resolvidas para cada nó que compõe o sistema, o que faz com que a abordagem multizona seja considerada um método unidimensional [24].

A competência para relatar o comportamento de um edifício segmentado em diversas zonas num reduzido tempo de computação constitui a principal vantagem deste método. A esta, alia-se o facto de constituir uma ferramenta apropriada à previsão de consumos de energia assim como à obtenção da variação temporal de temperatura média de um espaço. Entre as desvantagens ocorre a dificuldade encontrada aquando do estudo do conforto térmico e da qualidade do ar interior associado a uma zona e a dificuldade de aplicação do método a espaços de grande volume [24].

2.2.2.2. Modelo estatístico ou *black-box*

A aplicação de um modelo estatístico (vulgarmente conhecido por método *black-box*) permite que um modelo de regressão simples ou multivariável possa ser definido entre a quantidade de energia usada que é medida e os vários parâmetros de influência (como exemplo de parâmetros apontam-se as variáveis climáticas e a ocupação do edifício) [16]. Uma das singularidades deste tipo de modelo consiste assim no facto deste se adaptar à pouca ou nenhuma informação relativamente a características físicas. Não são necessárias equações de transferência de calor nem parâmetros térmicos ou geométricos, *a priori* [24]. A abordagem empírica pode ser utilizada independentemente da escala de tempo (mensalmente, diariamente ou hora a hora) [23].

O modelo de regressão linear simples, o de regressão linear múltipla, as séries de Fourier, o modelo da rede neural artificial, o algoritmo genérico e o método da máquina do vetores de suporte são alguns dos modelos estatísticos utilizados [23][24]. Algumas destas metodologias serão desenvolvidas a seguir.

A previsão proposta pelo **modelo de regressão linear múltipla (CDA)**, traduzida pela equação (2.10), pressupõe a combinação linear de várias variáveis de entrada (X_1, X_2, \dots, X_p) com vista à obtenção da variável de saída Y . De considerar ainda o erro associado ϵ_i [24]:

$$Y_i = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot X_{i1} + \alpha_2 \cdot X_{i2} + \dots + \alpha_p \cdot X_{ip} + \epsilon_i, \quad i \in [1, n] \quad (2.10)$$

Sendo n o número de amostras, p o número de variáveis e α_0 uma constante.

A principal vantagem deste método reside na simplicidade dos conceitos envolvidos, não sendo exigido qualquer tipo de perícia para a sua aplicação. Todavia, a análise de problemas não lineares poderá conduzir a previsões de variáveis de saída pouco flexíveis e ainda a dificuldades no que diz respeito à *multicolinearidade* [24].

O modelo de regressão linear múltipla é frequentemente utilizado, no setor da construção, para previsão de consumos energéticos e comparação da evolução da demanda de energia entre dois períodos distintos [24].

O **modelo da rede neural artificial (ANN)** distingue-se pela sua estrutura de processamento de informação complexa, possível de organizar sob a forma de um grafo direcionado. Este

modelo baseia-se no funcionamento do sistema nervoso central, sendo portanto denominada cada variável de entrada x_i por neurónio de entrada, ao qual corresponderá um determinado peso w_i que reflete a sua influência na variável de saída. Feito o somatório ponderado de cada variável irá ser estabelecido um dado nível de atividade através de uma função f que conduzirá à ativação da variável de saída (a variável de saída assumirá um valor entre 0 e 1). Grande parte das vezes, a função de agregação é uma combinação linear como a descrita na equação (2.11) [24]:

$$I = f\left(\sum_{i=0}^n w_i \cdot x_i\right) \quad (2.11)$$

Sendo n o número de neurónios de entrada e o produto para $i = 0$ o erro sistemático.

O modelo da rede neural artificial facilita a dedução do tipo de encadeamento existente entre as diferentes variáveis de entrada sem que para tal haja necessidade de suposições ou de se demonstrar qualquer tipo de proposição. Para além disso, a aplicação deste modelo estatístico permite ultrapassar o problema da discretização, admite ainda uma vasta tipologia de variáveis (da forma sim/não, binárias, valores contínuos, entre outros) e tudo isto sem que para tal requeira grandes tempos de simulação. Apresenta, no entanto, desvantagens que assentam na necessidade de existência de uma quantidade significativa de dados e no grande número de parâmetros indefinidos [24].

Quando se pretende abordar o **modelo do algoritmo genérico (GA)** é inevitável que se faça referência aos princípios da genética e à seleção natural. É com o pensamento na teoria da evolução de Darwin que se consegue desenvolver esta técnica de otimização estocástica que permite que uma população composta por muitos indivíduos evolua segundo regras de seleção específicas por forma a atingir um patamar que maximiza o “*fitness*” (isto é, minimiza a função associada ao custo) [25]. Todas as variáveis de entrada, consideradas como genes, encontram-se assim contidas num único cromossoma. Posteriormente, procede-se à codificação da informação [24].

Imagine-se a simulação de um edifício. O método do algoritmo genérico é utilizado para que se obtenha uma previsão do comportamento deste último. O objetivo é deduzir uma equação que se ajuste ao problema. Esta equação pode assumir diferentes formas apresentadas nas equações (2.12), (2.13) e (2.14) [24]:

$$Y = w_1 \cdot X_1 + \dots + w_n \cdot X_n \quad (\text{linear}) \quad (2.12)$$

$$Y = w_1 \cdot X_1 + \dots + w_n \cdot X_n + w_1 \cdot X_1 \cdot X_2 + \dots + w_m \cdot X_1 \cdot X_n + w_p \cdot X_2 \cdot X_3 + w_k \cdot X_n \cdot X_{n-1} + w_q \cdot X_1^2 + \dots + w_r \cdot X_n^2 + w_s \quad (\text{quadrática}) \quad (2.13)$$

$$Y = w_1 + w_2 \cdot X_1^{w_3} + w_4 \cdot X_2^{w_5} + \dots + w_1 \cdot X_n^{w_{i+1}} \quad (\text{exponencial}) \quad (2.14)$$

Correspondendo a Y a variável de saída, a X_i as variáveis de entrada (como exemplos apresentam-se a temperatura exterior, a humidade e a radiação solar) e a w_i o peso que cada variável de entrada tem na variável de saída.

Das várias vantagens associadas a este método de previsão destacam-se a capacidade de otimização de variáveis tanto contínuas como discretas, a capacidade de lidar com um grande número de variáveis de entrada, a obtenção de diversas variáveis de saída ótimas (ao invés de uma solução única) e ainda a possibilidade de operar com dados gerados numericamente, dados experimentais ou até mesmo funções analíticas [25]. Porém, como qualquer outro método, não se encontra isento de desvantagens. Ocorre a possibilidade de não se conseguir garantir que a solução escolhida pelo utilizador seja a melhor. Também o tempo de simulação em computador pode ser extenso podendo conduzir à aplicação de outros métodos estatísticos [24].

O modelo estatístico denominado **máquina de vetores de suporte (SVM)** permite que se resolvam dois tipos de problema – classificação e regressão. Enquanto o primeiro permite que se classifiquem conjuntos de dados, cujas características são determinadas pelo utilizador, o segundo confere a esse conjunto uma dada equação [24]. É sobre este último tipo de abordagem que se focará a presente análise teórica.

Tendo como objetivo encontrar uma generalização ótima do modelo, o SVM assenta na linearização da relação entre as variáveis de entrada e de saída [24]. A aplicação deste modelo permite que se definam padrões (classificadores) que serão aplicados a exemplos novos (ainda não conhecidos, ou seja, exemplos que não foram utilizados na geração do classificador). Cria-se assim a possibilidade de se prever variáveis de saída em função de futuras variáveis de entrada [26].

A principal vantagem deste método reside no facto da otimização dos problemas ser fundamentada nos princípios indutivos da minimização do risco estrutural. Requer poucos parâmetros para os quais não é necessário explicitar qualquer tipo de relação. A grande adversidade atribui-se à dificuldade de determinação das expressões matemáticas e ajuste dos seus parâmetros [24].

No setor da construção, o modelo da máquina de vetores de suporte é frequentemente utilizado na previsão de consumos de energia e de temperatura, com a particularidade de suportar bases de dados heterogéneas (com diferentes montantes de informação ou na ausência de informação completa) [24].

2.2.2.3. Modelo híbrido ou *gray-box*

A abordagem proposta pelo modelo híbrido, ou *gray-box*, tem hipocentro nos princípios que sustentam as abordagens física e empírica. A exposição efetuada nos parágrafos precedentes foi cuidadosamente estruturada por forma a elucidar as principais vantagens e limitações destas duas últimas abordagens. Só assim o leitor consegue reconhecer a necessidade de se encontrar uma solução que consiga interligar o melhor destas duas perspetivas.

O método *white-box* assume que todas as características térmicas e geométricas de um edifício são bem conhecidas, informação essa de difícil recolha quando o caso em estudo consiste num edifício existente, porém vital quando o objetivo é o estabelecimento de estratégias de monitorização. Para além do mais, os modelos físicos não permitem a descrição concisa e realista dos processos físicos envolvidos nos fenómenos de transferência de calor visto que, apesar da sua grande maioria ser bem conhecida e descrita, acabam por subsistir

mecanismos envolvidos em considerações e outros em aproximações. Por outro lado, o método *black-box* requer uma grande quantidade de informação, a acrescentar à dificuldade na interpretação física dos resultados. A recolha de informação é ainda específica e única para cada edifício [24].

O modelo híbrido é pioneiro na formulação de um modelo físico capaz de representar a estrutura ou a configuração física de um edifício ou equipamento/sistema AVAC, identificando assim certos parâmetros e características físicas fundamentais, permitindo ainda a sua agregação através de análise estatística [23]. A abordagem proposta pela *gray-box* apresenta como vantagens o facto de permitir a consideração de uma quantidade limitada de informação assim como não exige que as variáveis de entrada sejam definidas aquando do início da simulação. Na verdade, apenas se impõe a delimitação dos valores apresentados pelos parâmetros físicos. Como desvantagem aponta-se o elevado tempo de simulação. O casamento entre dois domínios científicos distintos pode conduzir a problemas de interpretação, o que exige um elevado nível de especialização do cientista ou engenheiro [24].

2.2.3. Da Legislação europeia à legislação nacional

Conceitos como os de performance ou eficiência energética requerem sempre que se desenvolva uma abordagem centrada na atitude da União Europeia perante os desafios que estas áreas representam. Nos tópicos anteriores, procurou-se ir consciencializando o leitor da importância de interligar as preocupações e objetivos europeus com a própria definição dos conceitos mencionados. Nessa perspetiva introduziram-se as diretivas 2002/91/CE e 2010/31/CE, e as suas principais intenções e propostas.

Emitida em 2010, a reformulação da diretiva original permitiu estabelecer requisitos mínimos de desempenho energético em três casos – em situações de frações ou edifícios (quer estes assumam um carácter de edifício novo ou existente) quando são alvo de remodelações; para os elementos construtivos da envolvente e com impacto no desempenho quando substituídos ou reabilitados; e para a obtenção de níveis ótimos de rentabilidade definidos por metodologia comparativa. Uma análise particular aos desafios sugeridos para os edifícios existentes revela um incentivo à análise e meditação relativamente à instalação de sistemas alternativos de elevada eficiência; refere-se ainda que a uma grande remodelação deve estar sempre associada uma melhoria do desempenho energético do edifício. Com a diretiva 2010/31/CE impõe-se a certificação do desempenho energético. Por recurso a um sistema de avaliação e posterior comparação, deverão ser propostas recomendações que visem a melhoria rentável ou otimizada em termos de custos do desempenho energético [27].

A transposição para o direito nacional da diretiva atrás citada deu azo à melhoria da sistematização e do âmbito de aplicação do sistema de certificação energética e respetivos regulamentos. A mais recente atualização da legislação nacional assenta em vários patamares de reformas. Um primeiro aspeto implica a aglutinação, num só diploma, do SCE (Sistema de Certificação Energética), do RSECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios) e do RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios). Ocorre, desta forma, uma reestruturação significativa que pretende alcançar a harmonização conceptual e terminológica, assim como proporcionar uma maior simplicidade de interpretação

por parte dos destinatários da norma. Um segundo aspeto evidencia a separação bem definida do REH relativamente ao RECS, enaltecendo a tipologia de edifício associado a cada um (REH – edifícios de habitação; RECS – edifícios de comércio e serviços) [17].

Com a nova diretiva (nova EPBD) surge ainda o conceito de NZEB – *Nearly Zero Energy Building*. O intuito é o de que todos os edifícios tenham necessidades energéticas quase nulas num futuro próximo [27]. Na verdade, a partir de 2020, os edifícios novos terão de corresponder aos requisitos definidos por este novo conceito, sendo que os edifícios do Estado terão de ser os primeiros a dar o exemplo, já a partir de 2018. A revisão da diretiva para os edifícios refere um edifício “com um desempenho energético muito elevado em que as necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas por renováveis.” A definição comunitária recomenda que os edifícios tenham um balanço quase nulo, ou seja, nos quais a procura e a oferta energéticas sejam praticamente equivalentes [28]. Pretende-se a estruturação de planos nacionais de ação para implementação dos NZEB onde deverão constar um conjunto de aspetos sem nunca perder de vista as políticas energéticas [28].

2.2.4. Projeto iSERVcmb

O projeto iSERVcmb (*Inspection of HVAC Systems through Continuous Monitoring and Benchmarking*) providenciou uma abordagem única para a compreensão e redução do consumo de energia dos edifícios de serviços. Acumula um conjunto único de dados operacionais de 16 países diferentes na Europa [29].

O iSERVcmb pretende demonstrar os benefícios de um sistema de monitorização automática e com *feedback* aplicado nos sistemas AVAC. Este projeto é importante na medida em que estudos anteriores demonstraram que é possível reduzir os consumos dos sistemas AVAC em até 60%, situando o iSERVcmb num contexto por demais pertinente na conjetura da aplicação da EPBD [30].

Os principais objetivos deste projeto consistem em estabelecer o desígnio de que a monitorização contínua e o *benchmarking* de sistemas AVAC pode proporcionar benefícios, no que à poupança energética concerne, equivalentes ou até superiores em relação às auditorias periódicas previstas na maioria das legislações europeias e pretende ainda produzir *benchmarks* para o consumo de energia em sistemas AVAC para cada utilização na circunstância europeia. Este pretende ainda demonstrar que existem retornos financeiros significativos quando se aplicam medidas de melhoria ao nível da eficiência energética [30].

A estrutura de um relatório no âmbito deste projeto avalia os seguintes aspetos relacionados com o desempenho, manutenção e operação dos edifícios [29]:

- O desenvolvimento de um procedimento para descrever e confrontar os edifícios em termos dos seus espaços, atividades, equipamentos e respetivos contadores;
- O consumo e a procura de energia elétrica medidos em equipamentos de climatização por toda a Europa;
- Identificação das ECO's para cada equipamento dos sistemas AVAC bem como das economias globais previstas a partir dessas mesmas oportunidades;
- A economia de energia elétrica obtida em edifícios que integrem o programa;

- A qualidade do ar interior de uma amostra dos edifícios ou sistemas testados;
- As conclusões das inspeções EPBD realizadas a uma amostra de sistemas por toda a Europa;
- O impacto sobre as instituições profissionais da área, os fabricantes de sistemas AVAC e empresas de manutenção;
- As implicações dos resultados obtidos para a futura legislação e operação de edifícios;
- O modo como o processo pode ser transposto para um sistema dentro da UE.

2.3. Benchmarking energético – evolução comparativa

Percorrendo o histórico associado ao termo *benchmarking* constata-se que este surgiu, no campo da geologia aquando da necessidade de se atribuir uma designação ao ponto utilizado como referência numa análise geológica ou de terreno. Anos mais tarde, a necessidade de se avaliar o desempenho das empresas por comparação de processos e performances de forma sistemática veio refrescar o campo lexical associado a este conceito [31]. Desenvolveu-se assim uma poderosa ferramenta de gestão que se centra na procura de pontos de referência com os quais seja possível obter uma comparação entre identidades similares, promovendo a investigação de oportunidades de melhoria interna e a aprendizagem contínua. Há um esforço no sentido da implementação de alterações obrigando, para tal, à mudança de mentalidade e cultura no ceio da própria empresa [32]. Resumindo, pode definir-se *benchmarking* como sendo “um processo contínuo e sistemático para avaliar produtos e processos de trabalho de organizações que são reconhecidas como representantes das melhores práticas, com a finalidade de melhoria organizacional.” [33]

É possível atribuir ao processo de *benchmarking* diversas categorias. Atente-se a Figura 3 onde se destacam e descrevem as principais.

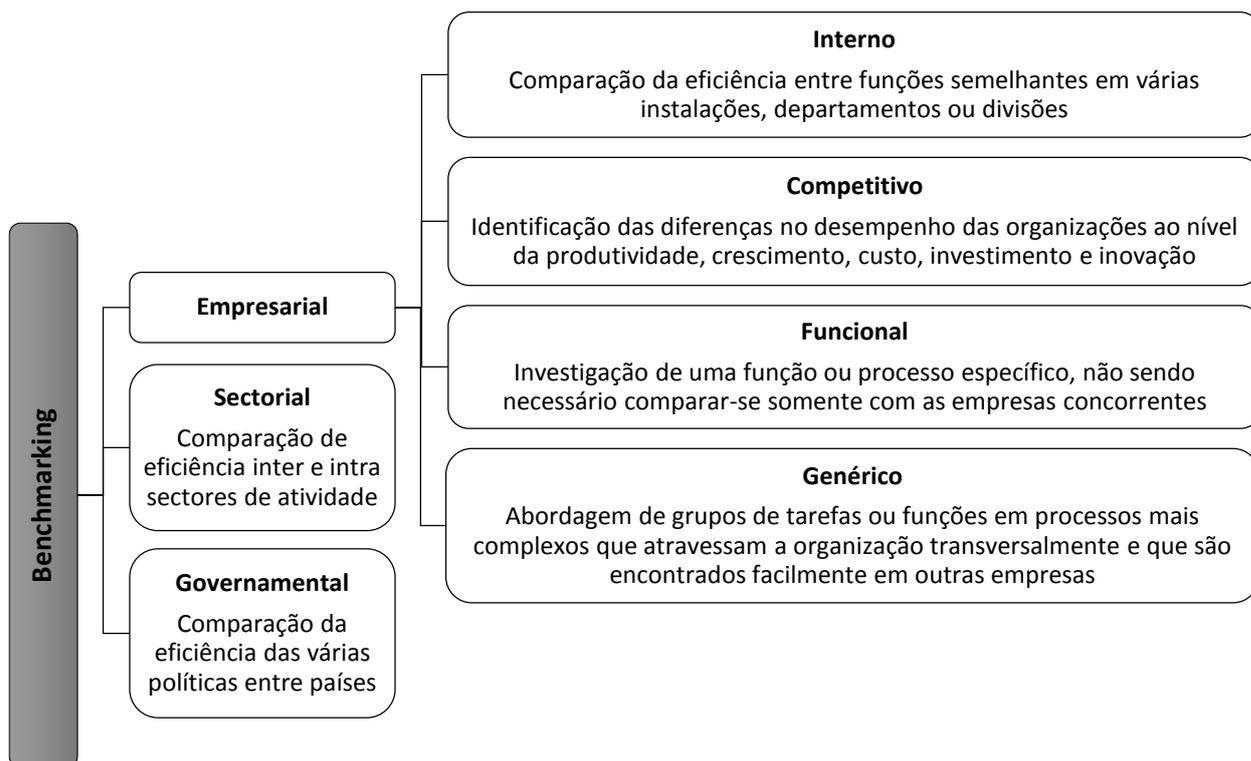


Figura 3 Caracterização e tipologias de benchmarking. [34]

A aplicação do processo de *benchmarking* impõe um planeamento cuidadoso. Logo numa fase inicial, a entidade interessada tem de se consciencializar de que não tem em mãos uma mera atividade pontual [33]. Na Figura 4, podem-se consultar as que se consideram ser as etapas essenciais associadas ao processo de *benchmarking*.

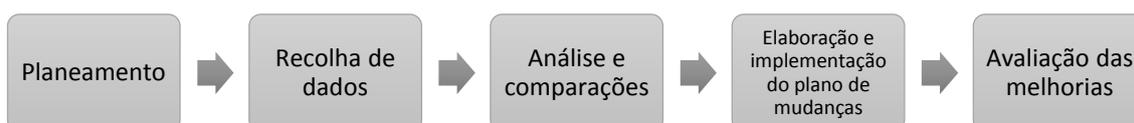


Figura 4 Etapas do processo de benchmarking. [33]

Tendo em linha de conta as fases apresentadas na Figura 4, proceder-se-á a uma breve explanação do processo de implementação recorrendo à divisão das referidas fases em atividades e destas últimas em tarefas, conforme sugerido em [33] e [34]:

1. Planeamento

- i) Reconhecimento das áreas/ atividades/ processos a ser melhorados;
- ii) Estabelecimento de critérios e indicadores para medição das atividades;
- iii) Identificação das organizações participantes/parceiras.

2. Recolha de dados

- i) Recolha e análise de informação publicada interna e externamente (por meio de fontes secundárias tais como bancos de dados, pesquisas, publicações das próprias organizações, entre outros);
- ii) Processo de recolha de dados a cargo da entidade mediadora:
 - Entrevistas com guiões previamente estudados;
 - Reuniões com gestores das organizações;
 - Visitas à organização em análise;
 - A organização possui atualmente projetos em cima da mesa?

3. Análise e comparações

- i) Elaboração de um relatório de atividades desenvolvidas;
- ii) Análise comparativa das atividades com recurso aos critérios definidos em 1 – classificação e produção de um ranking consoante os diferentes fatores em análise;
- iii) Elaboração de um relatório de *benchmarking*.

4. Elaboração e implementação do plano de mudanças

- i) Identificação das ações corretivas
- ii) Desenvolvimento do plano de implementação:
 - Avaliação da adaptabilidade das melhores práticas;
 - Identificação de oportunidades de melhoria;
 - Estabelecimento de planos de melhoria e objetivos a atingir.

5. Avaliação das melhorias

- i) Verificação dos resultados – os objetivos foram atingidos?

6. Melhoria contínua – repetição do exercício

A definição de *benchmarking* aponta para a continuidade do processo. Pretende-se que as organizações evoluam progressivamente, prevenindo um eventual desvio negativo no desempenho da atividade/área/processo melhorado. Para tal recomenda-se:

- i) Manutenção da base de dados;
- ii) Implementação da melhoria contínua do desempenho

Compreendida a dinâmica, propõe-se um exercício que vai ao encontro das expectativas do presente trabalho – como trilhar um caminho que permita a comparação da utilização energética entre edifícios de características similares?

O cerne da questão reside na comparação do KPI do edifício alvo com outros valores de KPI verificados numa amostra de edifícios. O tipo de KPI mais recorrente diz respeito ao consumo energético anual por unidade de área útil do edifício [31]. Todavia, consoante a especificidade do caso em estudo podem surgir KPI's mais elucidativos e interessantes. Veja-se o exemplo de um edifício escolar. A utilização de KPI's que recaiam sobre o consumo energético anual por discente ou por docente permite uma visualização mais clara e objetiva dos resultados obtidos.

Tendo por base as fases anteriormente descritas para o processo de *benchmarking*, procede-se então à sua aplicação [31]:

1. Planeamento

Necessidade de se desenvolver uma base de dados com informação sobre a performance energética de um número significativo de edifícios. Claro está que se deve

atender à semelhança de características e de funções por estes apresentados. O grau de similaridade entre os edifícios comparados deve ser no mínimo igual à existência do mesmo clima. Deve-se promover a normalização dos edifícios do mesmo tipo para que a comparação seja o mais correta possível (fatores como as características físicas, a diversidade de utilização que possa ocorrer entre edifícios do mesmo tipo, etc.), podem dificultar o processo de comparação

2. Recolha de dados

Compilação da informação mais relevante para a determinação do KPI do edifício em análise.

3. Análise e comparações

Avaliar a qualidade do edifício em termos de utilização energética, por comparação da performance energética deste com os restantes que constituem a base de dados. Em [31], incentiva-se a atribuição de um grau de qualidade por comparação do ponto de referência (KPI atual) com um valor médio definido por referências já existentes. Assim, obtêm-se performances energéticas abaixo da média, acima da média ou na média. Neste ponto, torna-se indispensável a aplicação de modelos de regressão que relacionem os valores de KPI apresentados pelos diversos edifícios. É ainda importante identificar fatores que influenciem esses mesmos KPI's. [35]

4. Elaboração e implementação do plano de mudanças

Elaboração e aplicação de medidas amigas do aumento da performance energética. Dever-se-á elaborar uma estratégia técnico-económica viável.

O que se impõe definir agora diz respeito à determinação do consumo energético anual do edifício, ou seja, pretende-se uma avaliação energética. Deseja-se reconhecer os diferentes vetores energéticos e determinar consumos, podendo incluir, entre outros aspetos, os parâmetros dimensionais do edifício (área interior e volume climatizado), especificações do edifício (sejam estas a funcionalidade atribuída a cada espaço, o perfil de utilização, o número de ocupantes e o tipo de sistema AVAC – centralizado ou descentralizado) e o levantamento das características da envolvente e dos restantes sistemas técnicos[17][36]. O consumo energético anual do edifício pode ser previsto via método de simulação dinâmica ou através de medições feitas no local [31]. Ambos os processos apresentam prós e contras.

O grande leque de variáveis de saída e a informação detalhada disponibilizados através do recurso à simulação dinâmica, só são possíveis graças ao vasto número de variáveis de entrada introduzido por trabalhadores qualificados e com tempo suficiente para desenvolver uma base de dados fidedigna. Os dados da utilização de energia são os estimados, e os dados relativos ao clima e aos perfis de utilização são *standard*. Este método aproxima-se mais daquilo que seria idealmente expectável, visto permitir uma repartição de consumos consoante o destinatário, algo já abordado. Trata-se de uma metodologia destinada tanto a edifícios novos como existentes [31].

Por sua vez, a monitorização contínua já não exige uma elevada formação dos trabalhadores. É destinada apenas a edifícios existentes e baseia-se em dados de utilização de energia medidos, assim como a dados relativos ao clima e a perfis de utilização reais. Os consumos energéticos podem ser obtidos através de faturas energéticas ou por monitorização dos consumos. Ao contrário do sucedido com a simulação dinâmica, não disponibiliza a repartição de consumos

por utilizador [31] (alerta-se para o desenvolvimento deste tópico numa fase posterior do relatório).

Atendendo aos métodos apresentados, facilmente se depreende que ocorrerá uma discrepância nos valores de consumo energético obtidos. Tal disparidade poderá ser atribuída à diferença entre o clima simulado e o real, à influência da ocupação e da respetiva atividade, aos *set-points* dos termostatos, à ventilação natural, à produção de água quente, entre outros.

Sendo o *benchmarking* energético uma ferramenta de comparação e incentivo ao melhoramento da performance energética, apresentam-se nas secções subsequentes alguns dos modelos matemáticos que permitem o desenvolvimento de sistemas de benchmarking – Normalização Simples, Método dos Mínimos Quadrados, Análise Estocástica de Fronteira e Análise dos Dados em Envelope.

2.3.1. Normalização simples (*simple*)

A abordagem associada à normalização simples (vulgarmente conhecida por *simple*) é a mais simplista. Esta assenta em relações pouco complexas estabelecidas entre os indicadores de performance e no relacionamento existente entre as variáveis de entrada e de saída. Os indicadores de eficiência energética são comumente obtidos e empregues por normalização dos consumos tendo por base a área do edifício e/ou o número de horas de utilização. Está prevista a correção climática em situações cujos dados de graus-dia se encontrem disponíveis [35].

A simplicidade previamente mencionada aliada aos poucos recursos económicos que este método exige constituem as grandes vantagens da normalização simples. Contudo, é um método bastante limitado. Quando a normalização do edifício ocorre não prevendo outro tipo de fatores (tenha-se como exemplo o sistema AVAC) é de fácil perceção de que ocorrerão discrepâncias entre os valores obtidos e os reais [35].

2.3.2. Método dos Mínimos Quadrados (OLS)

A aplicação do método dos mínimos quadrados (OLS - *Ordinary Least Square*) permite a determinação do modelo de regressão linear, definindo um valor médio da performance energética para cada tipo de edifício. A partir deste ponto surgem duas situações - os edifícios situam-se acima da média (os edifícios possuem um EPI superior ao EPI considerado médio), ou seja, são declarados ineficientes; ou então os edifícios encontram-se abaixo da média, sendo-lhes atribuída a categoria de eficientes. Por outro lado, um sistema de *benchmarking* pode ser desenvolvido tendo por base a distribuição dos valores do resíduo provenientes do modelo de regressão, sendo que este valor de resíduo resulta da diferença entre o EPI do edifício e o EPI médio para a tipologia de edifício em causa. O resíduo é ainda considerado uma medida de ineficiência do edifício. Desta forma, quando este apresenta um valor negativo significa que o edifício se encontra a consumir menor quantidade de energia do que os edifícios seus similares (é portanto um edifício eficiente), já quando o valor é positivo, o edifício deve ser considerado como ineficiente [35].

No caso de haver uma dependência linear entre o KPI do edifício e os fatores x_1, \dots, x_p (idade do edifício, tipo de sistema AVAC, área do edifício, entre outros), poder-se-á realizar uma análise partindo da equação (2.15) [35]:

$$\min_{a, b, \varepsilon_i} \left\{ \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \mid KPI_i = a + b_1 \cdot x_{1i} + \dots + b_p \cdot x_{pi} + \varepsilon_i \forall i = 1, \dots, n \right\} \quad (2.15)$$

Sendo n o número de observações, a a interseção com o eixo, b_1, \dots, b_p os coeficientes de inclinação de cada fator e ε_i o erro aleatório correspondente à observação de ordem i .

Uma das desvantagens associadas ao método convencional dos mínimos quadrados ocorre aquando de uma possível dispersão de dados. Perante esta situação, nem sempre se torna viável a utilização do valor de KPI como critério de comparação. Nasce assim a base do programa de *benchmarking* da ENERGY STAR®, que recorre aos valores médios dos erros aleatórios associados à regressão para desenvolver as tabelas de *benchmark*. Pode-se então determinar um valor SE que pretende representar o erro-padrão para a estimativa. Atente-se a equação (2.16) [35]:

$$KPI_{real} - KPI_{previsto} \approx t \cdot SE \quad (2.16)$$

Sendo t o valor associado à tabela para cada observação.

Os críticos referem que aos erros aleatórios constituintes da abordagem OLS se encontram associadas ineficiências assim como erros de aquisição de dados e outros fatores sem explicação aparente. Surge, desta forma, o Método dos Mínimos Quadrados Correlacionado (COLS – *Correlated Ordinary Least Squares*), uma extensão do método OLS [35].

O procedimento da abordagem COLS divide-se em duas fases - numa primeira etapa, estima-se a linha de regressão por recurso ao método OLS; numa segunda fase, promove-se o deslocamento dessa linha de regressão (para baixo) numa tentativa de englobar todos os dados. Ou seja, todos os valores de resíduo são positivos excetuando os casos em que os edifícios são considerados eficientes, apresentando um valor de resíduo nulo [35].

A abordagem COLS recebe a atribuição de versão extremista da anteriormente referenciada OLS, tendo por alicerce o pressuposto de que será o ponto mais abaixo da amostra que irá definir o valor *standard* da performance energética e por se assumir que o gradiente estimado pelo método OLS permanece válido na fronteira. Este método admite que os resultados apresentam grande sensibilidade ao valor da melhor performance da amostra [35].

2.3.3. Análise Estocástica de Fronteira (SFA)

A análise estocástica de fronteira (SFA – *Stochastic Frontier Analysis*) aponta suposições distintas para as distribuições associadas às ineficiências energéticas do edifício e para as componentes associadas ao erro. A regressão é então estimada por recurso a duas componentes de erro independentes uma da outra. A distância entre os dados e a fronteira de eficiência média é geralmente menor do que a que se obtém pela abordagem OLS [35].

A fronteira estocástica para o modelo de eficiência energética pode ser traduzida pela equação (2.17) [35]:

$$\ln KPI_i = x_i^T \cdot \beta + v_i + u_i \quad (2.17)$$

Sendo KPI_i a eficiência energética correspondente ao edifício de observação i ($i = 1, 2, \dots, n$), x_i condiz com o vetor correspondente a uma variável de entrada que inclui dados de características físicas e de manutenção do edifício, β representa o vetor de parâmetros que se pretende estimar, v_i designa o erro aleatório que pertence a uma distribuição normal e que é independente do u_i , que representa as variáveis aleatórias não-negativas associadas a ineficiências técnicas.

A grande maioria da análise estocástica de fronteira encontra-se direcionada para a previsão de efeitos de ineficiência, podendo estes ser avaliados como rácios entre a variável de saída observada e a fronteira estocástica que lhe corresponde. Pretende-se com isto definir o conceito de eficiência técnica TE_i correspondente ao edifício em estudo i . Pede-se ao leitor que atente a equação (2.18) [35]:

$$TE_i = \frac{KPI_i}{\exp(x_i^T \cdot \beta + v_i)} = \exp(u_i) \quad (2.18)$$

O valor TE enquadra-se no intervalo $[0; 1]$. Quantifica a eficiência energética da amostra i comparativamente a um edifício completamente eficiente, sendo que para tal se recorre ao mesmo vetor de entrada [35].

2.3.4. Análise dos Dados em Envelope (DEA)

O método de análise dos dados em envelope (DEA – *Data Envelopment Analysis*) apresenta-se como uma abordagem que enfoca a produtividade de múltiplos fatores, recorrendo para tal à medição da eficiência relativa de um conjunto homogêneo de unidades de decisão. Atendendo ao contexto do presente relatório, a tais unidades correspondem edifícios. O valor atribuído à eficiência na conjetura de um grande leque de variáveis de entrada e de saída é dado pela equação (2.19) [35]:

$$Eficiência = \frac{\text{soma ponderada das variáveis de saída}}{\text{soma ponderada das variáveis de entrada}} \quad (2.19)$$

Sendo que para uma eficiência igual à unidade o edifício é considerado eficiente. Quando o valor é inferior a 1, o edifício assume-se como ineficiente [35].

2.4. Quantificação do consumo energético

Qualquer decisão tomada no sentido da otimização da eficiência energética requer uma avaliação do desempenho energético do edifício para que assim se apure o consumo de energia corrente [19]. Tal, à semelhança do que já exposto previamente, permitirá avaliar a qualidade do edifício em termos de utilização energética, por comparação de performance energética deste com outros de características similares (conceito de *benchmarking*).

Da lista de métodos a que de forma mais comum se recorre para o controlo dos consumos energéticos de um edifício fazem parte as faturas energéticas mensais, os dados provenientes de auditorias energéticas, os sistemas de monitorização contínua e o recurso a métodos de simulação dinâmica [19]. A caracterização do edifício em novo ou existente determinará o melhor método a aplicar. No caso particular de um edifício existente, aconselha-se a utilização de métodos que se baseiem em faturas mensais ou então opta-se pelo recurso a métodos que permitem a avaliação, hora a hora, dos consumos energéticos [19].

Comece-se por ponderar a primeira solução proposta – a análise das faturas energéticas. Para além de se verificar o método monetariamente mais viável (pressupõe-se que se possui o pleno acesso a este tipo de registo, o que nem sempre é possível), este procedimento revela ser muito eficaz. Contudo, o facto de os consumos serem apresentados numa agregação tipicamente mensal, ou seja, há apenas um valor relativo ao consumo médio do edifício nesse intervalo de tempo, oculta oscilações horárias casuais, não permitindo assim uma visão clara do histórico do consumo energético. Para além disso, a referenciada agregação não admite a diferenciação dos consumos por tipo de utilizador (entenda-se por utilizador o equipamento, o sistema AVAC, a iluminação, entre outros) [19]. Uma forma de se tentar solucionar esta última desvantagem consiste em desagregar os consumos por atribuição de pesos relativos a cada utilizador. Esta opção poderá ser morosa e exige um elevado conhecimento de toda a orgânica do edifício (inventário de equipamentos instalados, perfis de utilização, potências nominais, fatores de carga, entre outros).

A segunda opção mencionada reside na monitorização contínua dos consumos energéticos. Como facilmente se compreende, quanto maior for o rigor pretendido, mais sofisticados deverão ser os sistemas de medição e as respetivas plataformas. É seguindo esta linha de pensamento que a monitorização contínua se ramifica em três métodos distintos – monitorização por consumidor energético; monitorização por métodos não-intrusivos; e gestão técnica centralizada [19].

O método de monitorização por consumidor energético implica a instalação de contadores energéticos individualizados por cada ramo relevante do circuito. É um procedimento de clara eficácia na decomposição da utilização dada à eletricidade, sendo empregue em situações de validação teórica e na área da investigação. Por não ser uma alternativa economicamente viável, este método não tem grande aplicação prática [19]. Por sua vez, a monitorização por métodos não-intrusivos (NILM) recorre à medição de valores de corrente e de tensão, e a sistemas de informação e comunicação para recolha, análise e gestão dos valores obtidos. Obtém-se a desagregação dos consumos energéticos por meio da aplicação de algoritmos avançados capazes de identificar os equipamentos associados a determinado consumo através do reconhecimento da sua assinatura, ou seja, pela identificação de características únicas de funcionamento [37]. Com o aumento das dimensões do edifício, o NILM evidencia algumas dificuldades de aplicação (por obrigar a sistemas mais complexos e por ter a si associada uma rede de utilizadores energéticos maior). Este método não é indicado para edifícios de serviços [19]. Por último, faz-se uma abordagem à monitorização contínua que se apoia num sistema de gestão técnica centralizada. De forma bastante comum, os dados disponíveis neste sistema de gestão centralizada costumam ser suficientes na obtenção de um panorama geral do consumo energético dos equipamentos tipicamente associados ao sistema AVAC. Em situações adversas, recorre-se à instalação de dispositivos como contadores e sensores de temperatura [19]. Este

método é merecedor de particular destaque no capítulo seguinte visto ser um procedimento recorrente nos estabelecimentos de ensino secundário público em Portugal.

2.4.1. Sistema de gestão técnica centralizado - GTC

No seu “Manual de Projecto: Instalações Técnicas” (Cap. V) [38], a Parque Escolar apresenta os objetivos que pretende ver cumpridos para o sistema de gestão centralizada instalado nas escolas secundárias a seu abrigo. Definindo-o como um sistema que se destina a “controlar, vigiar e gerir, para apoio à exploração e manutenção do edifício, as instalações técnicas de eletricidade e de AVAC”, idealiza-se a otimização do custo inerente ao consumo de energia, sem descuidar o conforto dos ocupantes [38]. Ciente da dificuldade no estabelecimento desse compromisso, a PE pretende definir uma rede de informação técnica que conduza a benefícios nos campos da manutenção e da exploração, e que permita ainda a troca de dados entre as diversas instalações, fomentando a globalização da gestão do edifício [38].

A PE procura munir os complexos escolares com postos de supervisão capazes de manipular a informação proveniente da GTC cuja arquitetura deve incluir uma estação de gestão onde se agregam um computador do tipo *workstation*, um *router* e controladores devidamente ligados numa rede de comunicação e em periferia. O sistema deverá possuir uma base de dados capaz de guardar um número significativo de referências e alarmes. Cada controlador deverá ser autónomo, por forma a garantir todas as suas funções incluindo rotinas diárias, na eventualidade de ocorrer qualquer tipo de falha de comunicação entre os controladores [38].

Na GTC encontram-se eletricamente interligados os equipamentos de controlo AVAC, equipamentos de campo como sensores, atuadores, válvulas, relés, contactos sem tensão, entre outros. Ocorre assim uma transmissão de informação relativa ao estado da instalação [38].

2.5. Avaliação do desempenho energético

Sendo o estado de arte uma oportunidade de fortalecimento dos alicerces de um qualquer trabalho de investigação, entende-se, com alguma naturalidade, a necessidade de se definir um guião de trabalho que permita culminar na implementação de medidas de conservação de energia. Esta alusão faz todo o sentido porque uma das maiores lacunas detetadas durante o processo de investigação teórico, se prendeu com a consciencialização de que é comum a menção de oportunidades de poupança de energia, sem que antes se averigue devidamente a raiz do problema. Deste modo, propõe-se que a presente secção se inicie com uma breve referência às áreas de intervenção tipicamente associadas a um edifício. Seguidamente, sugere-se que o leitor se inteire sobre o Projeto AuditAC para que assim compreenda o enquadramento das designadas ECO's (oportunidades de economia de energia).

A escola que será alvo de estudo do presente relatório é parte integrante do Programa de Modernização de Escolas destinado ao Ensino Secundário emitido em agosto de 2009 sob coordenação da Parque Escolar, onde lista um conjunto de edifícios escolares a reabilitar (em termos regulamentares, no âmbito do RSECE – Decreto de Lei n.º79/06, de 4 de abril – envergando o estatuto de um Grande Edifício de Serviços) [38]. A heterogeneidade assumida

das características construtivas, arquitetónicas e morfológicas expande o leque de pontos de análise e de intervenção. Embora possa existir na sua grande maioria a ocorrência de um padrão estandardizado, muito por responsabilidade da aplicação de projetos-tipo e da construção em série verificada em décadas precedentes, há uma crescente preocupação com a particularização das necessidades construtivas, espaciais e funcionais de cada escola [38]. A valorização da comunicação e da interação entre todos os elementos intervenientes no processo de crescimento, de modernização e de evolução de uma escola, é cada vez mais primordial para que se atinjam metas que não beneficiem somente aqueles que se preocupam simplesmente com o “dia de amanhã”. Por outras palavras, uma escola é muito mais do que um edifício. Uma escola pretende educar, cumpre um papel socializador e fundamental na construção de valores morais. E se cada interveniente é fundamental para que se erga um edifício saudável, deve-se apelar à responsabilidade de toda a comunidade escolar. É com este pensamento que surgem estratégias de gestão energética com diversos níveis de complexidade e que atingem vários campos.

O intervalo de tempo requerido para a aplicação de estratégias energéticas pode variar, podendo assumir um carácter de curto ou longo prazo (atente-se a Figura 5). Enquanto uma gestão energética a curto prazo implica que se use, de forma mais eficiente possível, os sistemas e equipamentos presentes no edifício por forma a rentabilizar ao máximo investimentos feitos, a longo prazo a performance técnica e funcional deve ser melhorada para que responda satisfatoriamente aos novos requisitos e às crescentes demandas socioeconómicas [39].

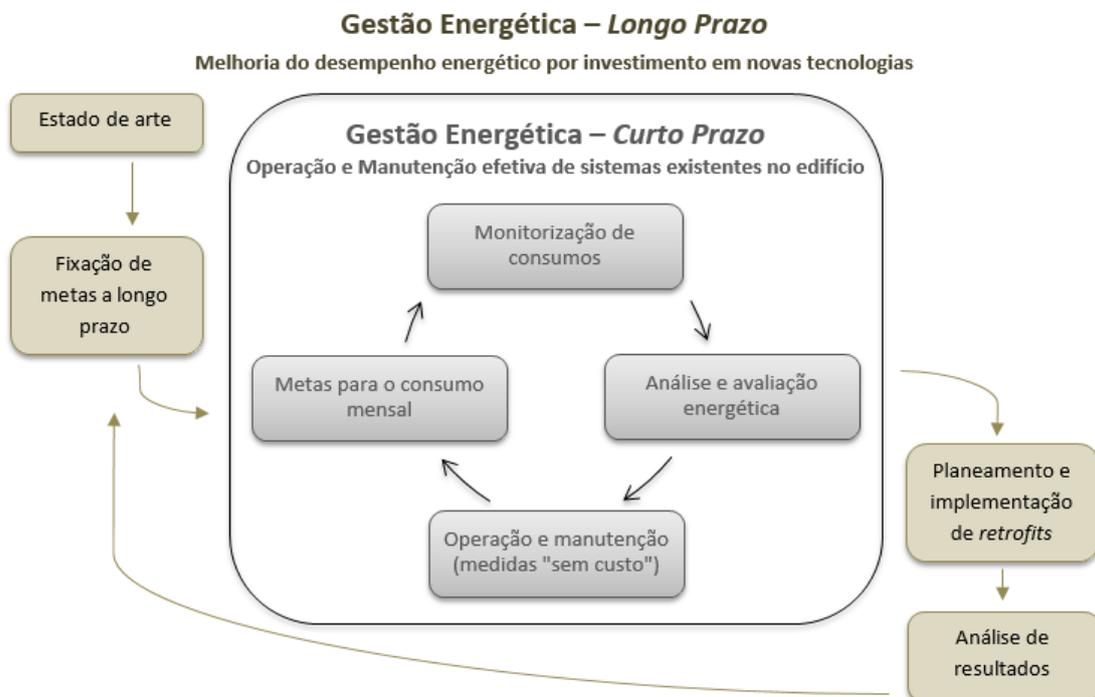


Figura 5 Estratégias de gestão de energia. [39]

2.5.1. Áreas de intervenção

Faça-se uma análise das características típicas inerentes a espaços não-industrializados. Para tal, apresenta-se a Figura 6 que pretende explicar os fluxos energéticos presentes num edifício tipo. Comece-se por atentar as fontes de energia requeridas. Como facilmente se depreende, a qualidade da energia e o custo a si associado, é preponderante na viabilidade económica de estratégias direcionadas para a conservação energética [40]. Esta análise tem de assumir um paralelismo com as infraestruturas gerais do edifício.

Na grande maioria das instalações alvo desta distinção de não-industrialização - onde se aglomeram escolas, edifícios universitários, escritórios, laboratórios, jardins-de-infância, lares de idosos, hospitais, dormitórios, instalações desportivas, entre outros – verifica-se comumente um conjunto de características. Deste destacam-se a simplicidade frequente dos sistemas AVAC e a distribuição de energia claramente repartida pelo aquecimento dos espaços, tratamento do ar, ar condicionado e pelo aquecimento de água. O consumo de eletricidade encontra-se relacionado essencialmente com a iluminação, com tomadas de uso geral e com o sistema AVAC [39].

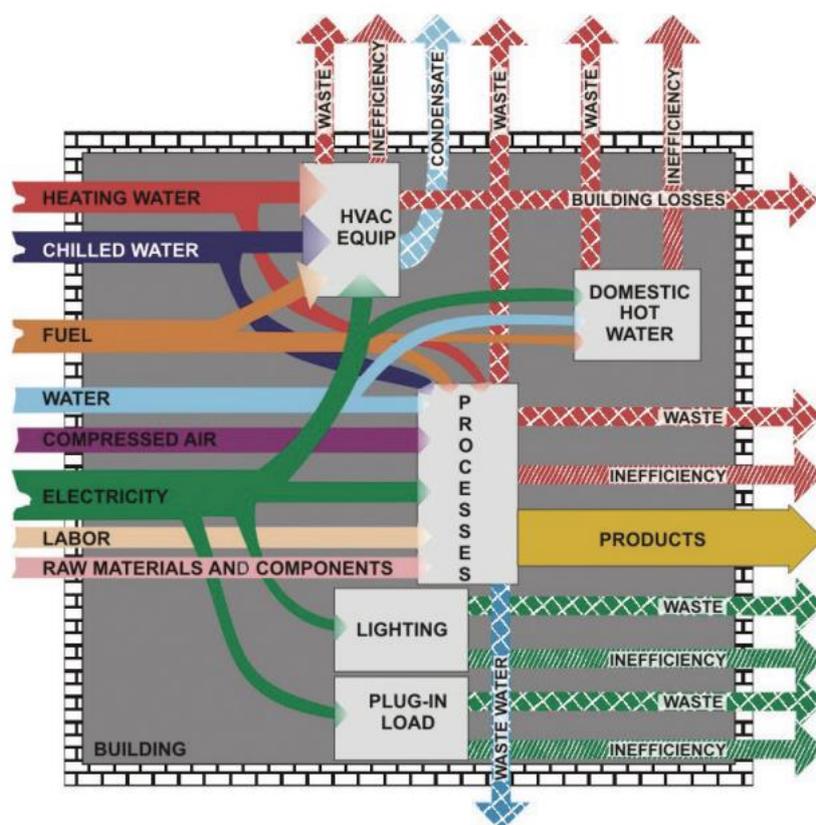


Figura 6 - Esquemática dos fluxos energéticos presentes num edifício. [39]

Optou-se pela abordagem de seis tópicos – considerações relativas ao edifício; o sistema AVAC; a central de energia e os sistemas de distribuição; o sistema de iluminação; o sistema

elétrico e a automação de processos [39]. Apesar de patente, no ANEXO A – secção A.7, uma referência adicional a alguns processos industriais, achou-se por bem não se desenvolver em demasia este item por ser o que menos se enquadra a um espaço não-industrializado. Desta forma, abordam-se somente causas que conduzem a perdas energéticas ou a ineficiências associadas aos processos de *catering* e de armazenamento, por se considerar que são os que mais se adequam ao caso de estudo. A Figura 7 ilustra de forma clara as áreas de análise que se seguirão.

Tendo como linha de orientação a eficiência energética mas também a sustentabilidade, a Parque Escolar prevê a produção de água quente sanitária para espaços como os balneários por recurso a energia solar térmica, a qual deverá ser devidamente auxiliada por sistemas complementares. Por escola, deverá ser projetada uma central fotovoltaica, cuja potência média deverá ser de 150kWp. A produção de energia elétrica tem ainda como objetivo a venda à rede de distribuição pretendendo assim contribuir para a minimização do impacto ambiental, por diminuição das emissões de CO₂ [38].

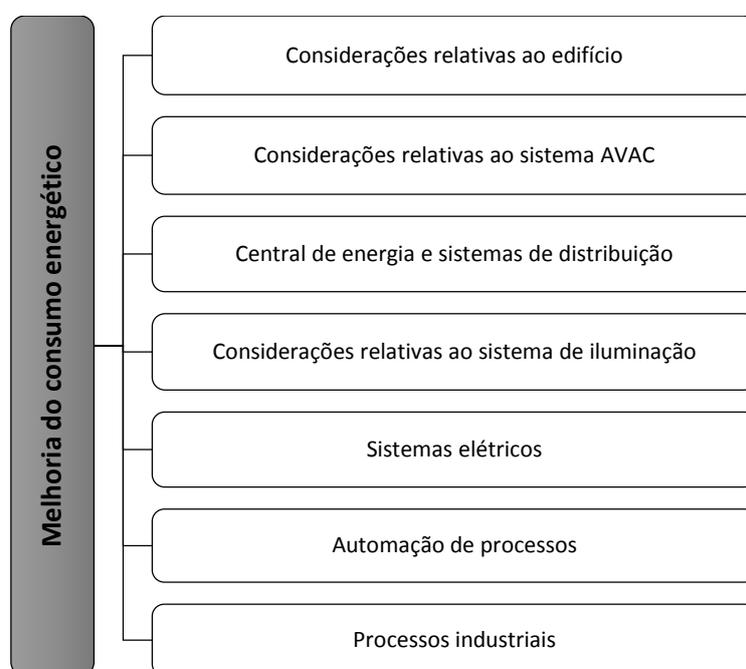


Figura 7 Áreas de intervenção com objetivo da melhoria do consumo energético.

2.5.1.1. Considerações relativas ao edifício

A envolvente do edifício pode ter um papel crucial na quantidade de energia requerida para o condicionamento da instalação. Compete à estrutura do edifício ser um abrigo, uma espécie de incubadora de ideias onde um conjunto de pessoas, ou uma organização por exemplo, esboça e define projetos. Exige-se que o edifício e tudo o que diz respeito à sua envolvente sejam capazes de proporcionar condições favoráveis ao alcance de objetivos. O edifício deve ser capaz de proteger as pessoas do ambiente exterior, independentemente da atividade que neste exerçam [39].

Na Tabela 59, parte constituinte do ANEXO A – secção A.1, encontram-se problemas tipicamente associados à envolvente de um edifício. O aquecimento, o arrefecimento ou até mesmo o controlo de humidade são campos de destaque na acumulação de perdas energéticas. Deve-se privilegiar a saúde dos ocupantes, minimizando os efeitos secundários inerentes à envolvente. Problemas que conduzam a riscos para a saúde, a temperaturas despropositadas para a estação do ano em questão, a eventuais correntes de ar responsáveis por desconforto no inverno, a infiltrações que não só danificam a estrutura do edifício como são também responsáveis pela criação de áreas contaminadas com bolor e mofo, devem ser minimizados (idealmente erradicados) [39].

As medidas de melhoria da conservação energética relativas à envolvente do edifício assentam essencialmente na adição de isolamento térmico, na substituição de janelas e na redução de infiltrações [40].

2.5.1.2. Considerações relativas ao sistema AVAC

O desenvolvimento da temática referente aos sistemas de ventilação é compreensível devido ao papel primordial que as instalações técnicas, nomeadamente as de AVAC, desempenham na qualidade de manutenção e exploração dos edifícios escolares [38]. A climatização de edifícios de serviços recai essencialmente no conforto dos ocupantes. O recurso ao aquecimento ou arrefecimento e à ventilação pode acarretar custos indesejados, basta que o leitor reflita no peso que o sistema AVAC possui no consumo elétrico total de um estabelecimento de ensino secundário. Segundo um estudo realizado pela ENERGY STAR® que abrange as escolas secundárias americanas essa parcela supera os 40% [8].

A conceção e o dimensionamento dos sistemas AVAC devem assentar em critérios rigorosos, assegurando o cumprimento dos regulamentos em vigor para a área de intervenção mas também a integração harmoniosa na arquitetura do edifício [38]. Independentemente da solução encontrada para o sistema de climatização – seja este tudo-ar, ar-água ou tudo-água – há critérios que devem ser tidos em linha de conta. Destes constam a segurança e a fiabilidade das instalações em termos de exploração e manutenção; a flexibilidade e durabilidade das instalações no tempo (ajustando-se às exigências futuras do Ministério da Educação); a flexibilidade de adaptação das instalações às condições de exploração de cada local (tendo em mira situações de emergência e a racionalização de meios humanos dedicados à exploração); a escolha ponderada de equipamentos (tendo sempre em mente a minimização de consumos energéticos); e a obtenção dos níveis de conforto apropriados à escola sem perder de vista a maximização da eficiência energética do edifício [38]. A regulação da capacidade de produção de frio e de calor acrescido de um sistema de gestão conduz à otimização das condições de funcionamento. Compreende-se que o consumo da instalação dependerá do modo como se realiza o processo de climatização, ou seja, se através de UTAs, de *injectoconvectores* ou de ventilosconvectores [41].

À semelhança do que ocorre em cada área de intervenção anteriormente identificada, uma avaliação a este tipo de sistema permite detetar um conjunto de causas ou problemas que, após devida análise e ataque, poderão minimizar desperdícios energéticos e eventuais ineficiências (sugere-se a leitura da Tabela 64, ANEXO A [39]). Todavia, ao longo do presente documento, e

apesar das diversas causas que serão apontadas como perturbadoras do consumo energético, alerta-se para uma em particular - a escolha do *set-point*. Na verdade, a instalação de um sistema que supervisione o sistema de climatização não é suficiente para garantir que a instalação funciona de acordo com o espectável. Pequenas oscilações dos valores de *set-point* podem provocar alterações significativas do funcionamento da instalação, levando a divergências do tempo entre revisões, do tempo de vida útil dos equipamentos principais e dos consumos energéticos por comparação com os desempenhos inicialmente previstos [41].

2.5.1.3. Central de energia e sistemas de distribuição

Nesta secção são três os focos de análise – gestão do sistema de água, central de energia e sistemas de distribuição, e ainda sistemas de ar comprimido.

A quantificação das perdas energéticas e de água assim como de possíveis reduções de eficiência exige uma avaliação de todos os componentes constituintes do sistema em questão [39]. Como é expectável a escolha do tipo de bomba de água não é aleatório. Para além da multiplicidade de funções que se associam às bombas – sejam estas eletrobombas de águas sujas com partículas em suspensão para bombagem de esgotos; eletrobombas autoaspirantes para movimentação de água de uso doméstico; bombas recirculadoras para movimentação do fluido térmico num equipamento, entre outros – é necessário que a escolha do tipo de bomba recaia sobre uma boa solução compromisso entre as condições pretendidas e a sua eficiência. Uma escolha menos acertada será responsável por um aumento do consumo elétrico. Deve-se promover o recurso a bombas de classe superior que operem nas proximidades das condições nominais. É ainda importante considerar a utilização de bombas com variação velocidade [42].

Na central de energia as caldeiras de água quente ou bombas de calor operam como geradores de calor de modo a suprimir as necessidades de aquecimento localizadas. Por sua vez, os *chillers* são responsáveis pela redução da temperatura da água consoante as necessidades do edifício e dos processos em curso [39].

O recurso a ar comprimido tornou-se uma ferramenta indispensável nas mais diversas áreas industriais. Estima-se, porém, que apenas 20 a 25% da energia elétrica fornecida é realmente aproveitada no processo de compressão do ar [40]. Retomando o exemplo de um estabelecimento de ensino secundário, os projetistas deverão, junto da Direção da Escola, obter toda a informação relativa a instalações técnicas particulares, como é o caso da possível necessidade de instalação de uma rede de ar comprimido [38].

Não criando exceções, também os três tópicos expostos têm a si associados problemas. Estes encontram-se descritos no ANEXO A, Tabelas 65, 66 e 67 [39].

2.5.1.4. Considerações relativas ao sistema de iluminação

A iluminação representa uma parte significativa da despesa associada ao funcionamento de um edifício, chegando a ultrapassar os 25% [8]. Como tal, quando se pretende realizar uma intervenção completa e profunda às bases da fatura energética anual de um edifício, é muito importante repensar todo o sistema de iluminação. Aconselha-se que esse exercício ocorra

numa fase inicial do processo. Isto porque a iluminação pode afetar as cargas de aquecimento e de arrefecimento, assim como a qualidade da energia, provocando diferenças significativas nas especificações de outros sistemas do edifício [43].

A aposta na iluminação, para além de possibilitar uma redução do custo final da eletricidade, é ainda vital no apoio ao conforto dos ocupantes. A iluminação de um edifício afeta diretamente o estado de espírito, a produtividade, a saúde e a segurança dos seus utilizadores [43]. Tomando como exemplo o caso de um estabelecimento de ensino, facilmente se compreende a importância da estética, do ambiente arquitetónico ou da conjugação de luzes e sombras na criatividade do aluno. Uma iluminação pensada beneficia o conforto visual, reduz a fadiga ocular e melhora o desempenho do discente nas tarefas visuais [43]. Tipicamente, são três os fatores que determinam qual o nível de iluminação mais adequado para um determinado espaço – a idade dos ocupantes, os requisitos de perspicácia e de precisão, e o contraste de toda a envolvente (dependendo este último da tarefa a realizar) [40]. Por sua vez, a iluminação também contribui para a segurança dos ocupantes e do edifício. Um ambiente visual confortável não deverá expor as pessoas a níveis de brilho excessivos ou a grandes diferenças nos níveis de iluminação [43]. A consulta da Tabela 68, presente no ANEXO A (secção A.4), permite apurar os níveis de iluminação recomendados para os espaços funcionais referenciados pela Parque Escolar (valores em Lux mantidos para superfícies horizontais) [38].

Atendidas as exigências requeridas para um determinado espaço funcional relativamente ao seu nível de iluminação, impõe-se agora a necessidade de se estabelecer uma conexão entre a potência instalada e a eficiência energética. O grande objetivo concentra-se na minimização dos custos de exploração e de manutenção por aplicação racional das luminárias. Dever-se-á utilizar o menor número possível destas, respeitando um valor mínimo de 0,5 para a razão “valor mínimo/valor máximo”. Sugere-se que o valor da potência máxima de referência seja de $10\text{W}/\text{m}^2$ para espaços funcionais com um nível de iluminação de 500 lux, sendo que a potência para os restantes espaços deverá ser obtida por proporcionalidade direta [38].

A análise ao sistema de iluminação prossegue com a classificação de cada espaço relativamente ao tipo de comando – [A] espaços de ocupação temporária; [B] espaços de ocupação permanente; [C] espaços de circulação, balneários e instalações sanitárias; [D] espaço polivalente/sala de exposições; e [E] áreas desportivas [38]. O conjunto de estratégias seguidas para controlo do processo de iluminação apoia-se na utilização de sensores de ocupação, na gestão por controlo horário ou por ajuste às necessidades do utilizador, no recurso a sensores crepusculares, na gestão por resposta à demanda ou por adaptação compensatória (período noturno), ou ainda na utilização de interruptores de atuação manual ON/OFF [43][40]. Para informação mais detalhada sobre este tópico, pede-se ao leitor que consulte o ANEXO A.

Facilmente se compreende que a formulação de uma opinião relativamente a um sistema de iluminação requer um conhecimento aprofundado das exigências do edifício mas também uma sensibilidade para eventuais falhas que possam estar a ser cometidas. Para uma maior precisão do estudo do desequilíbrio energético inerente a toda a componente de iluminação, propõe-se a leitura do ANEXO A onde se encontra exposta uma lista de problemas associados aos sistemas de iluminação que podem gerar desperdícios energéticos ou eventuais ineficiências.

2.5.1.5. Sistemas elétricos

Quando se pretende efetuar uma abordagem ao sistema elétrico são vários os pontos a examinar. A eletricidade detém o monopólio do funcionamento de um edifício e, como tal, é um tópico de importante reflexão. A energia elétrica é distribuída ao consumidor final a alta tensão, competindo aos transformadores a redução de voltagem consoante as necessidades. Salienta-se que a eficiência deste processo ronda os 5 a 10% [39].

Recomenda-se a leitura do ANEXO A, Tabela 70 para informações relativas a causas que conduzem a ineficiências ou perdas energéticas neste âmbito [39].

2.5.1.6. Automação dos processos

Todo e qualquer edifício precisa de um cérebro provido de capacidade para gerir e controlar de forma inteligente toda a informação que está constantemente a ser gerada. Quando a gestão energética e a automação de sistemas inerentes ao edifício são prioridade e um fator de preocupação, fatores como o conforto dos ocupantes, a qualidade do ar interior, ou a verificação das condições ideais à realização das atividades/processos saem beneficiados. O controlo pretendido passa por uma abordagem integrada que tenta aproximar os sistemas numa única rede ao longo de todo o edifício por recurso a uma plataforma de *software* única. Assim que integrados, os dados de saída fornecidos por esses sistemas são retidos e convertidos em informação que deverá ser utilizada para a tomada de decisões e de medidas que procurem o incremento da eficiência assim como o conforto e bem-estar dos ocupantes [44]. O conjunto de sistemas de interesse dizem então respeito ao sistema de ventilação, ao sistema de aquecimento e de arrefecimento, ao sistema de ar comprimido, ao sistema de iluminação, ao sistema elétricos e ainda a atividades/processos em curso. Sugere-se a consulta do ANEXO A, Tabela 71.

2.5.2. Projeto AuditAC e ECO's

Nas duas últimas décadas, o recurso a sistemas AVAC, nos edifícios pertencentes à EU, tem vindo a assumir um relevo cada vez mais acentuado quando se abordam temas como o consumo energético ou a emissão de GEE (gases de efeito de estufa). A sua avançada deterioração apela à renovação e/ou substituição destes equipamentos após 10-15 anos de operação. Posta esta situação, cria-se uma oportunidade para promover a eficiência dos sistemas a partir da inclusão de equipamentos mais eficientes. Se a isto se juntar uma auditoria energética a todo o sistema, então a redução do consumo energético poderá ser bastante significativa [45].

O projeto AUDITAC (*Field Benchmarking and Market Development for Audit Methods in Air Conditioning*) pretende mobilizar auditores, inspetores de ar-condicionado, proprietários e operadores no sentido da redução do consumo de energia e do impacto ambiental dos sistemas de AC dos edifícios, através da diminuição da emissão de gases de efeito de estufa. Este projeto surgiu em sequência da implementação da nova diretiva para edifícios da Comissão Europeia (EPBD), emitida em janeiro de 2006 [46].

Tendo por base uma lista de defeitos e/ou melhorias suscetíveis de serem aplicadas às instalações, pretende-se explorar todo o potencial energético oriundo das auditorias energéticas [45]. O projeto europeu AUDITAC define assim uma lista de ECO's (oportunidades de economia de energia) que se encontram agrupados por áreas de avaliação e que deverão trilhar o rumo da inspeção ou auditoria. As grandes áreas mencionadas traduzem-se na envolvente e cargas térmicas, na instalação e na operação e manutenção [46]. Pede-se ao leitor que observe a Figura 8 onde é feita uma primeira estruturação das diferentes ECO's. Para uma abordagem mais detalhada desta matéria, propõe-se a leitura do ANEXO B.

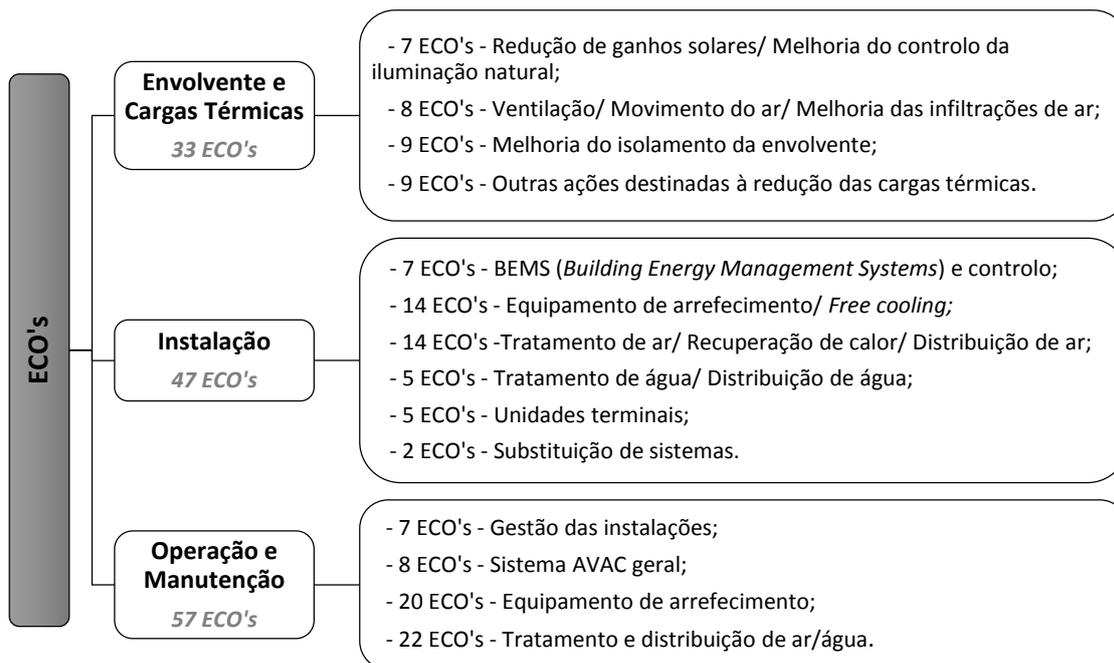


Figura 8 Potenciais áreas de avaliação e respetivas secções de agrupamento das ECO's. [46]

Capítulo 3 – Caso de Estudo

3.1. A Escola. Uma instituição. Um edifício de valores

Posto o término do estado de arte, impõe-se agora uma abordagem metodológica de investigação adequada à compreensão e exploração de acontecimentos e contextos complexos que se desviam do estudo meramente teórico, tantas vezes linear e afastado da análise particularística. É neste seguimento que surge a oportunidade de estudo de uma escola secundária direcionada para o ramo artístico, situada na zona norte de Portugal Continental.

Por constituir um domínio acidentado, é o campo da sociologia que define o rumo da caracterização pretendida para a instituição Escola. Torna-se assim relevante descrever a Escola por dentro para que melhor se compreenda a sua estrutura física visível assim como todas as funcionalidades e oportunidades que este espaço deve ser capaz de suportar. No caso particular de uma escola artística opõem-se de forma mais proeminente os adeptos das teorias da internalização àqueles que defendem as teorias do distanciamento. É o cruzamento destes dois eixos que permite repensar o espaço que irá abrigar ideias e que será capaz de definir campos de debate sociológico [47]. A Escola é a evidência da enorme diversidade de personalidades. No caso particular de uma escola artística, devem ser repensados todos os pormenores de construção a partir da particularização da tradicional escola secundária.

A escola é uma instituição que tem a seu encargo a educação, seguindo programas e planos sistemáticos, de indivíduos nas diferentes idades da sua formação. A escola pode também ser definida como o conjunto formado por alunos, professores e outros funcionários. A escola representa o conjunto de artistas, escritores ou filósofos que partilham os mesmos princípios, métodos ou estilos, simbolizando o conjunto de experiências que contribuem para o amadurecimento da personalidade [48].

A PE estruturou um modelo de intervenção no seu Programa de Modernização das Escolas do Ensino Secundário. Sugere a reformulação do complexo escolar a partir da articulação dos distintos setores funcionais que o compõem – núcleo de aprendizagem formal; núcleo de biblioteca/ centro de recursos; núcleo de espaços desportivos; núcleo de espaços sociais e de convívio; núcleo de receção, gestão/ administração e atendimento geral; núcleo de direção; (7) Núcleo de docentes; núcleo de funcionários e núcleo de formação de adultos e certificação de competências [11]. O programa definido considera a intervenção de 332 escolas até ao ano de 2015. Arrançou no verão de 2007 com quatro intervenções piloto, sendo que a escola secundária alvo de estudo no presente relatório se insere nesse grupo restrito [49].

3.2. Descrição do complexo escolar

Durante os seus 130 anos de história, a escola em estudo já conheceu várias casas. Foi o seu percurso algo atribulado, de constante adaptação e mudança, que deu ainda mais incentivo ao estabelecimento de diálogo entre as entidades envolvidas e as interessadas no projeto daquelas que viriam a ser as novas instalações da escola em causa. Como referido, estas já se encontram ao abrigo do Programa de Modernização das Escolas do Ensino Secundário, fundado pela PE.

O atual complexo escolar (após remodelação) tem capacidade para acolher 1100 alunos e é composto por cinco zonas/blocos, claramente identificados na Figura 9 - sendo que o bloco A é constituído por um total de 120 espaços repartidos por cinco pisos; ao bloco B estão associados três pisos, perfazendo um total de 102 espaços; o bloco C possui dois pisos e ao todo encerra 9 espaços; o bloco D foi pensado para ter dois pisos, assumindo 15 espaços; e por último o bloco E apresenta três pisos, num total de 27 espaços. Existe ainda um parque de estacionamento, um campo exterior polidesportivo e uma área verde que vai ao encontro do conceito de arquitetura bioclimática pretendido. O complexo escolar possui uma área total de pavimento de aproximadamente 13100 m² e apresenta um pé direito de 2,7m (com a clara exceção do pavilhão desportivo).

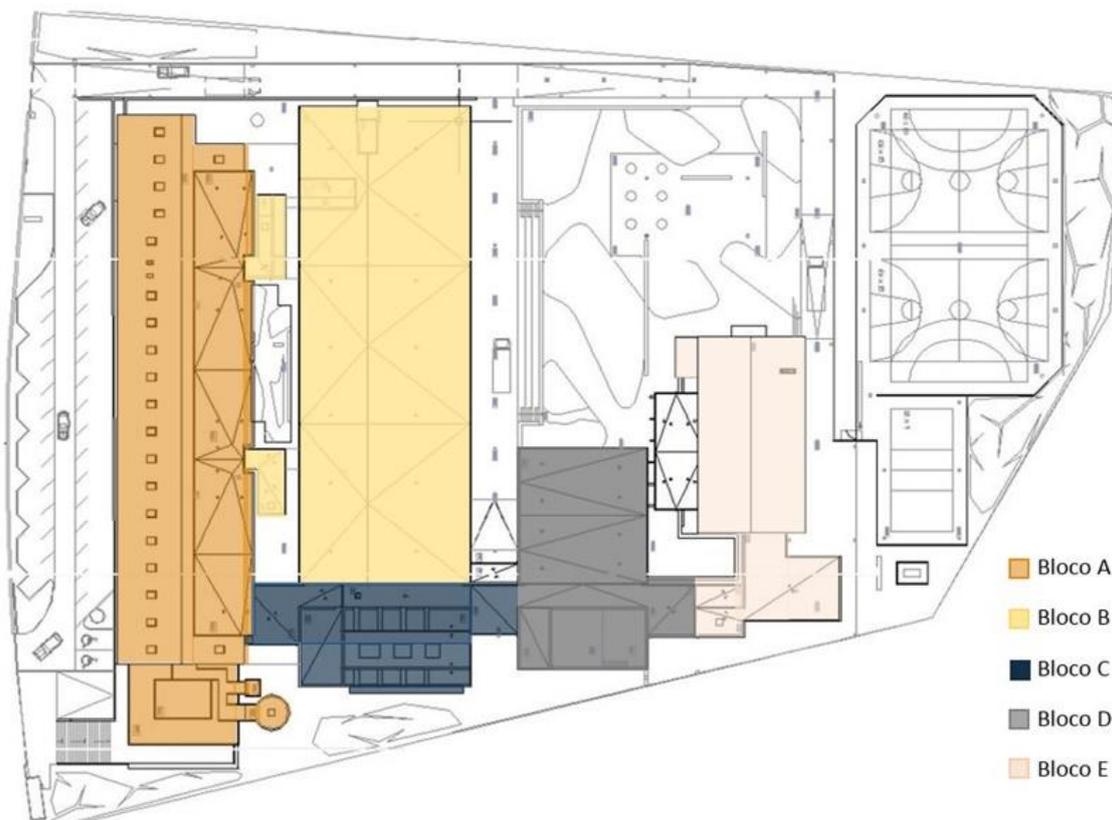


Figura 9 Representação das zonas funcionais da escola.

No ANEXO C – secção C.1., constam pormenorizações da planta de cada piso, para que melhor se entenda a orgânica do complexo escolar. Para além disso, é ainda apresentada, nas Tabelas 71, 72, 73, 74 e 75, uma descrição das atividades alocadas aos espaços anteriormente contabilizados. Optou-se por organizar a informação por blocos, atribuindo a cada piso as áreas funcionais atuantes.

Apesar da organização aparente, um primeiro contacto com as instalações escolares permitiu perceber que havia discrepâncias entre as telas finais fornecidas pela PE e os desígnios atribuídos aos blocos assim como aos respetivos espaços a si associados. O primeiro desafio consistiu em verificar todas as telas finais registando o que estava diferente da realidade. Inicialmente previa-se a estruturação em quatro blocos (de acordo com o descrito nas telas finais), e não nos atuais cinco (posteriormente definidos pela administração da escola). Para além disso a organização/direção da escola achou por bem não manter as designações dos espaços que se encontram mencionados nas telas finais, o que obrigou a que se efetuasse o trabalho extra de verificar e corrigir todas as designações e respetivas áreas de pavimento associadas a cada espaço do complexo escolar. Tal tarefa foi morosa devido ao elevado número de espaços existentes.

3.3. Consumo energético e horários de funcionamento

O consumo energético da escola agrega não só o consumo evidente de eletricidade como também o consumo de gás natural (a rede de gás alimenta em exclusivo a cozinha e os sistemas de produção de água quente). Todavia, o grosso da despesa mensal reside no consumo elétrico que se deve essencialmente ao sistema AVAC, aos equipamentos instalados e à iluminação. A pormenorização destes três grandes grupos de consumo será alvo de análise num capítulo posterior.

A escola secundária em análise suporta dois regimes de ensino – diurno e noturno. Por este motivo é exetável que se verifique um horário mais alargado do que o comumente observado nas demais escolas. O período de aulas ocorre essencialmente entre as 08h30 e as 18h35, sendo que as aulas em regime noturno o prolongam até às 23h. Do diálogo com o pessoal não docente efetivo na escola pôde-se concluir que não há um horário rigoroso de abertura e de encerramento do complexo escolar. O horário de encerramento ronda quase sempre as 23h30, todavia o horário de abertura é mais flexível podendo-se localizar entre as 07 e as 08h (pelo que se averiguou depende muito do funcionário responsável pela abertura da escola). Aos sábados e domingos não ocorre qualquer tipo de atividade nas instalações escolares. Salientam-se ainda as interrupções escolares definidas pelas datas de início e de término dos três períodos escolares (teve-se em consideração as datas estabelecidas pelo Ministério da Educação e Ciência – DGEstE (Direção-Geral dos Estabelecimentos Escolares) para o ano letivo de 2014/2015 [50]:

- Primeiro período: de 11-15 de setembro a 16 de dezembro de 2014;
Interrupção: de 17 de dezembro a 04 de janeiro;
- Segundo período: de 05 de janeiro a 20 de março de 2015;
Interrupção: de 21 de março a 07 de abril;
- Terceiro período: de 07 de abril a 12 de junho de 2015 (incluindo já o alargamento do período de aulas aos alunos do 10º ano);

Interrupção: de 13 de junho a 10 de setembro.

O consumo energético associado às diversas tipologias de equipamentos é essencialmente definido pelo período de aulas. Contudo, deve-se ter em consideração o período de funcionamento dos serviços administrativos da escola (das 08h às 18h) assim como a época de exames nacionais e eventuais atividades que possam ocorrer durante os períodos de férias (tenha-se como exemplo eventuais cursos de verão) pois estes podem justificar consumos energéticos casuais em períodos de interrupção escolar.

Por último, pretende-se fazer uma referência à iluminação. Esta não é alvo de controlo do sistema de gestão técnica centralizada instalado na escola, sendo o seu horário gerido manualmente. Analise-se um caso muito particular e que despertou alguma curiosidade. Aquando da averiguação do horário de funcionamento das luminárias ditas “gerais” (correspondendo a este grupo as luminárias das áreas sociais de convívio de alunos, átrios, áreas de circulação, corredores, entre outros) constatou-se que, para além de não existir um horário de funcionamento rigoroso, não há uma gestão criteriosa da percentagem de iluminação ligada. Veja-se um exemplo. Verificou-se que diferentes entidades da escola fornecem informação díspar relativamente às luminárias dos corredores – ora é dito que a iluminação dos corredores está sempre a 100% no período de intervalos e a 50% no período de aulas, como também garantem que a iluminação se encontram sempre a 50%. Porém, o contrato com a escola ao longo do desenvolvimento da tese permitiu averiguar que não se verifica nenhum dos dois casos. Por outras palavras, não há um verdadeiro plano de gestão associado às luminárias. Por outro lado, o controlo da iluminação relacionada com salas, oficinas, gabinetes, áreas técnicas, estúdios, laboratórios, entre outros, é também feita manualmente e de acordo com o período de ocupação dos espaços.

Os restantes horários de funcionamento são controlados pela GTC.

3.4. Instalações e equipamentos mecânicos

Nesta secção inicia-se uma análise crucial no rumo traçado para a dissecação do caso de estudo. Abordam-se dois grandes tópicos – as centrais térmicas e as zonas técnicas; e o campo relacionado com o aquecimento, ventilação e ar-condicionado.

Verifica-se a existência de um sistema de climatização centralizado que garante o abastecimento das necessidades globais do estabelecimento escolar. De acordo com a ADENE [17], um sistema de climatização centralizado é “o sistema de climatização em que os equipamentos de produção térmica se concentram numa instalação e num local distintos dos espaços a climatizar, sendo o frio, calor ou humidade transportados por um fluido térmico”. Esta solução implica que as potências do *chiller* e das caldeiras sejam suficientes para satisfazer as necessidades de todo o complexo. Contudo, esses valores seriam sempre inferiores à soma das capacidades necessárias a instalar, na hipótese da ocorrência de um sistema descentralizado, o que implicaria a instalação de sistemas energéticos em cada um dos blocos.

3.4.1. Centrais térmicas e zonas técnicas

3.4.1.1. Central de frio

Atente-se a Figura 10 onde se apresenta um esquema que pretende ilustrar a organização estrutural da central de frio. Neste esquema estão patentes o *chiller* e os dois conjuntos de bombas que compõem o circuito primário e o de distribuição de água fria aos cinco blocos do complexo escolar.

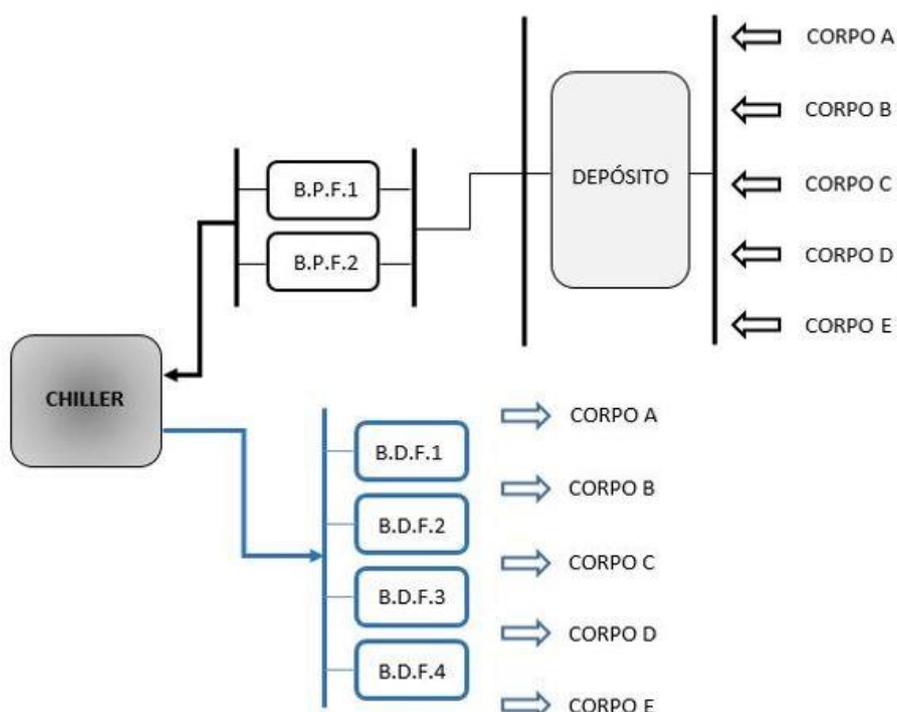


Figura 10 Esquema organizacional da central de frio.

Na Tabela 1 constam as principais especificações do *chiller* instalado. Contudo, há um conjunto de características adicionais a ser mencionadas para além das referenciadas. O equipamento de localização técnica centralizada empregue utiliza como fluido térmico o ar, trabalhando em direto (sem estar associado a bancos de gelo). Deve-se referir que o *chiller* é composto por dois compressores (99kW de potência térmica) que têm a si associados circuitos elétricos independentes mas ligados ao mesmo quadro elétrico (que contudo não lhes é exclusivo).

Tabela 1 Principais especificações do chiller

Chiller					
Caraterísticas					
Designação [Escola]	Marca	Modelo da Unidade	Potência térmica de arrefecimento	COP	Outro(s)
CHILLER	MC QUAY®	MC ENERGY CLASS A - ST 092.2	312kW	3,15	T _{água ent.} = 12°C T _{água saída} = 6°C

* NOTA: Potência térmica do *chiller* = 312 kW; Potência **elétrica** do *chiller* = 312/3,15 ≈ 99 kW (à carga máxima)

Seguidamente, expõem-se as principais especificações das bombas associadas à central de frio. Analise-se assim o sistema de bombagem de água:

- Circulação de água no primário induzido por duas bombas (de designação interna B.P.F.1 e B.P.F.2, ambas de potência nominal 4,0 kW);
- Circulação de água no secundário promovido por um conjunto de quatro bombas (de designação interna B.D.F.1, B.D.F.2, B.D.F.3 e B.D.F.4, de potência nominal 3,0 kW; 3,0kW; 1,1kW; e 0,75kW, respetivamente).

Para mais especificações relativamente às referidas bombas, recomenda-se a consulta do ANEXO C – secção C.2..

3.4.1.2. Central de quente

A central de quente apresenta-se esquematizada na Figura 11. Esta é composta por duas caldeiras (potência nominal de 400kW) e por quatro conjuntos de bombas descritos a seguir:

- Circulação de água no primário do qual fazem parte três bombas (de designação interna B.P.Q.1, B.P.Q.2 e B.P.Q.3, todas com potência nominal de 1,5kW);
- Distribuição de água quente no secundário promovido por um conjunto de quatro bombas (B.A.Q.1, B.A.Q.2, B.A.Q.3 E B.A.Q.4, de potência nominal 3,0 kW; 3,0kW; 1,1kW; e 0,75kW, respetivamente);
- Conjunto de duas bombas (B.A.Q.S.1 e B.A.Q.S.2, ambas de potência nominal 1,5kW) de abastecimento dos depósitos D.A.Q.1, D.A.Q.2 e D.A.Q.3;
- Duas bombas circuladoras inseridas no circuito hidráulico dos painéis solares (B.Q.S.1 e B.Q.S.2, ambas de potência nominal 4kW).

Para uma maior pormenorização das características relativas aos equipamentos mecânicos mencionados, recomenda-se a consulta do ANEXO C – secção C.2..

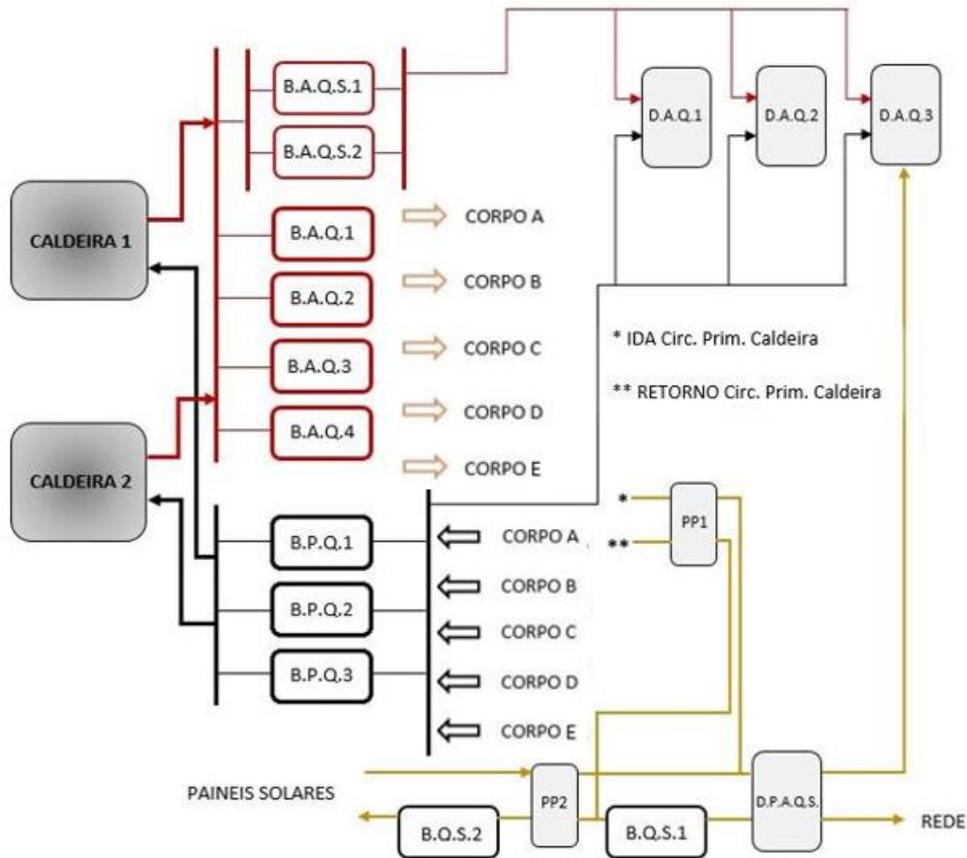


Figura 11 Esquema organizacional da central de quente.

3.4.2. Aquecimento, ventilação e ar-condicionado

O sistema de climatização da escola secundária é do tipo ar-água. Começam-se por identificar as cinco unidades de tratamento de ar - UTA's anfiteatro, biblioteca, cafeteria, cozinha e polivalente - cujas características principais se encontram agrupadas na Tabela 2.

Tabela 2 Principais especificações das UTA's

UTA					
CARACTERÍSTICAS					
Designação [Escola]	Marca	Modelo da Unidade	Caudal de Ar de Retorno/ Insuflação	Tipo de Unidade	Outro(s)
UTA ANFITEATRO	Wesper®	PR 090	5000/6140 [m ³ /h] 1,39/1,71 [m ³ /s]	Unidade exterior	Isolamento – lã mineral (50kg/m ³) / 50mm
UTA BIBLIOTECA	Wesper®	PR 060	4800/5100 [m ³ /h] 1,33/1,42 [m ³ /s]	Unidade exterior	Isolamento – lã mineral (50kg/m ³) / 50mm
UTA CAFETARIA	Wesper®	PR 060	5000 [m ³ /h] 1,39 [m ³ /s]	Unidade exterior	Isolamento – lã mineral (50kg/m ³) / 50mm
UTA COZINHA	Wesper®	PR 060	5000 [m ³ /h] 1,39 [m ³ /s]	Unidade exterior	Isolamento – lã mineral (50kg/m ³) / 50mm
UTA POLIVALENTE	Wesper®	PR 160	11000/12000 [m ³ /h] 3,06/3,33 [m ³ /s]	Unidade exterior	Isolamento – lã mineral (50kg/m ³) / 50mm

3.5. Metodologia de avaliação e gestão do consumo energético

Uma das etapas fulcrais na avaliação que se pretende para os indicadores de eficiência energética do edifício, reside na compreensão do cruzamento entre a ramificação que deriva do processo de monitorização e o sistema de gestão centralizado instalado. A opção por este tipo de controlo de toda a rede consumidora elétrica é essencial para o estabelecimento de matrizes representativas da realidade do complexo escolar, pois só assim se conseguirão isolar as anomalias responsáveis por consumos energéticos excessivamente desajustados com as reais necessidades do edifício. Pretende-se percorrer toda a árvore de monitorização do consumo elétrico – numa primeira fase, por análise da sua copa, ou seja, encarando cada consumidor final como folha ou ramificação dessa mesma árvore; e, por último, identificando e caracterizando as suas raízes.

A estruturação deste subcapítulo tem por base três campos distintos. Pretende-se uma apresentação da rede elétrica que de uma forma macroscópica é representada pela organização dos quadros elétricos, uma explanação do funcionamento da GTC por identificação dos elementos que esta gere/controla e, por último, uma referência ao processo de monitorização contínua dos consumos energéticos da escola.

3.5.1. Sistema de alimentação e distribuição de energia

Quando se pretende compreender a distribuição dos consumos elétricos é fundamental que se averigue a rede de alimentação e distribuição de energia associada à escola. Isto implica que se analise, numa primeira instância, a hierarquia dos quadros elétricos. Na Tabela 3 procurou-se representar da forma mais perceptível possível essa hierarquia (pede-se que atente nas cores das células pois estas indicam o correspondente nível na hierarquia; a tons de vermelho encontram-se representados os quadros elétricos relacionados com a alimentação de emergência).

Posto isto, prosseguiu-se para a localização dos quadros para que se entendesse a sua distribuição espacial (o objetivo era atribuir a cada quadro um determinado bloco, piso e a identificação de uma sala/espço que lhe servisse de futura referência). Esta etapa revelou-se muito complexa, contrariando as expectativas. Na verdade, e pondo de parte os quadros relativos à alimentação de emergência, de um total de 65 quadros elétricos (N), 16 encontram-se em áreas técnicas ou simplesmente não possuem qualquer tipo de sinalética que os identifique. Com a colaboração do técnico responsável pela manutenção da escola tornou-se possível localizar apenas 3. Todos os outros obrigaram a que se palmilhasse todo o complexo escolar, tarefa que se revelou morosa. Tal demora prendeu-se com diversos fatores – verificou-se que a designação atribuída aos quadros elétricos nem sempre é intuitiva (curiosamente, apenas se levantaram dúvidas relativamente aos quadros que não tinham uma denominação que desse algum tipo de pista relativamente à sua localização); as telas finais disponibilizadas não fazem referência à localização destes quadros; o acesso às salas apenas era possível em períodos de intervalo entre aulas e quando a funcionária responsável pelo piso tinha disponibilidade para abrir a sala; outro grande entrave foi o facto de não se possuir uma chave que possibilitasse o livre acesso aos espaços (incluindo áreas técnicas) sem estar dependente de terceiros; o desconhecimento que o técnico demonstrou relativamente à localização de grande parte dos quadros (o que pode ser justificável devido ao facto de se encontrar efetivo naquela escola há poucos meses); por último, e à semelhança do que já foi mencionado, devido à ausência de sinalética. Para além da questão de localização, a distribuição dos consumos associada a estes 16 quadros não constava das telas finais, o que agravava a necessidade de os localizar.

Tabela 4 Distribuição de energia do quadro Q.E.C.T.(N)

Q.E.C.T.(N)					
Circuito ÁGUA FRIA		Circuito ÁGUA QUENTE		Outros	
(AQS)					
<i>Chiller</i>		Caldeira 1		B.A.Q.S	
<i>Bombas circuito primário</i>	B.P.F.1	Caldeira 2		B.A.Q.S.1	
	B.P.F.2	<i>Bombas circuito primário</i>	B.P.Q.1	B.A.Q.S.2	
B.D.F.1	B.P.Q.2		BR.A.Q.S.1	VE C2.1	
<i>Bombas circuito de distribuição</i>	B.D.F.2	B.P.Q.3	BR.A.Q.S.2	VI – UTA – S.P.	
	B.D.F.3	B.D.Q.1	BR.A.Q.S.3	VE – UTA – S.P.	
	B.D.F.4	<i>Bombas circuito de distribuição</i>	B.D.Q.2	<i>Bomba Painel solar</i> B.Q.S.2	
			B.D.Q.3		
		B.D.Q.4			
		Dissip. Cal.			

3.5.2. Sistema de gestão técnica centralizada

A instalação de um sistema de gestão técnica centralizada pressupõe uma preocupação com o controlo, vigilância e gestão dos equipamentos mecânicos para que seja possível rentabilizar a exploração e manutenção do edifício, assim como das suas instalações técnicas de eletricidade e de AVAC. Uma atuação mais assertiva passa então pelo controlo individual dos principais equipamentos consumidores de energia, através da qual se torna possível avaliar o impacto desses equipamentos no consumo global do edifício.

A GTC atualmente instalada na escola secundária apresenta-se organizada tendo em linha de conta a suposta existência de apenas quatro blocos (e não dos atuais cinco). No entanto, todos os dados aqui apresentados já possuem a devida correção relativamente à sua localização. Saliencia-se ainda que este sistema de gestão centralizada foi instalado por uma empresa de manutenção anterior à que atualmente se encontra responsável pelas instalações da escola sendo que isso acarreta alguns problemas. Um deles diz respeito à gestão da central de quente. Na verdade, sempre que se tenta aceder à área reservada ao controlo desta central constata-se que o programa aborta inesperadamente, obrigando a uma constante reiniciação do computador. Não se consegue por conseguinte ter acesso a qualquer horário de funcionamento que esteja a si associado.

A GTC controla, para além da referida central de quente, a central de frio, as UTA's e respetivos ventiladores (de extração e de insuflação), unidades de ventilação (UV's) e radiadores. Não existe qualquer tipo de gestão dos sistemas de iluminação nem de outro qualquer tipo de equipamento, sendo que os respetivos horários de funcionamento são assim controlados manualmente.

As Figuras 12, 13, 14 e 15 esquematizam os equipamentos que constituem a GTC, especificando ainda a sua localização.

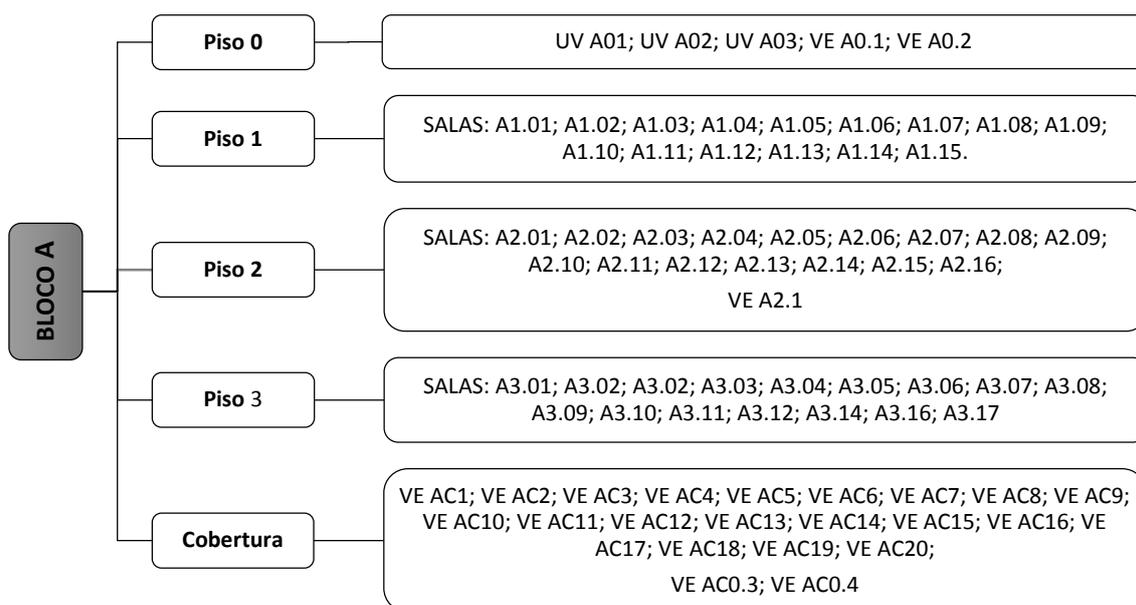


Figura 12 Equipamentos do Bloco A presentes na GTC.

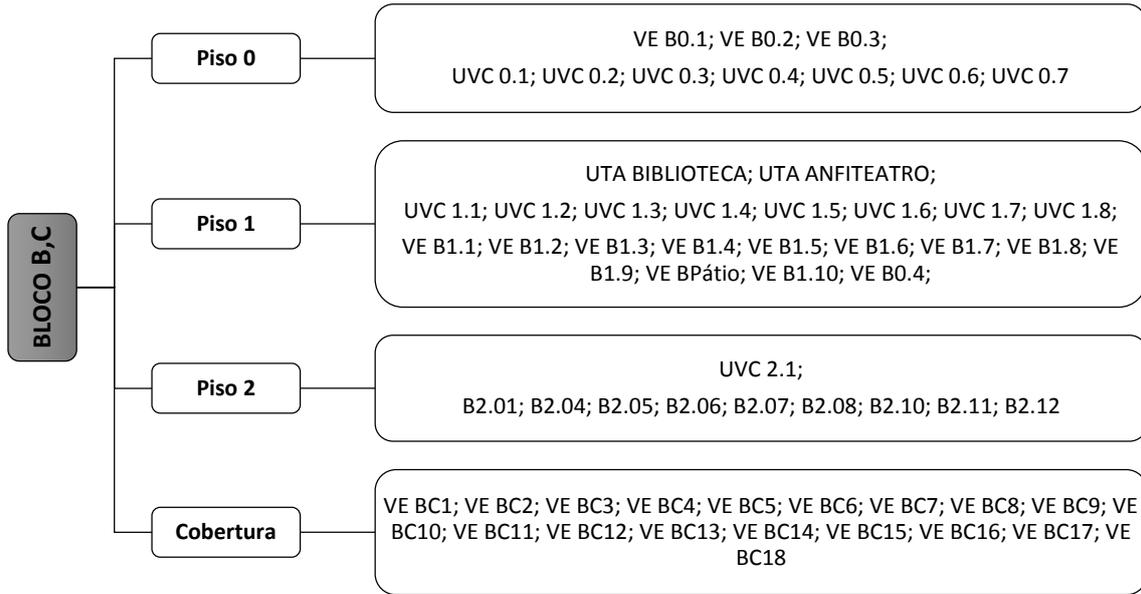


Figura 13 Equipamentos do Bloco B presentes na GTC.

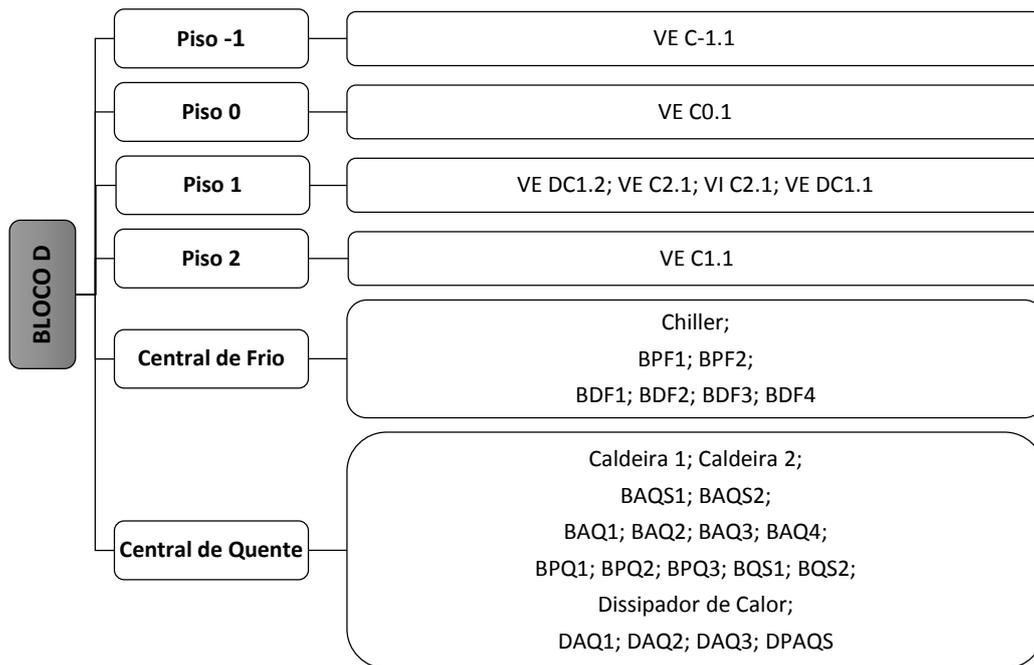


Figura 14 Equipamentos do Bloco C presentes na GTC.

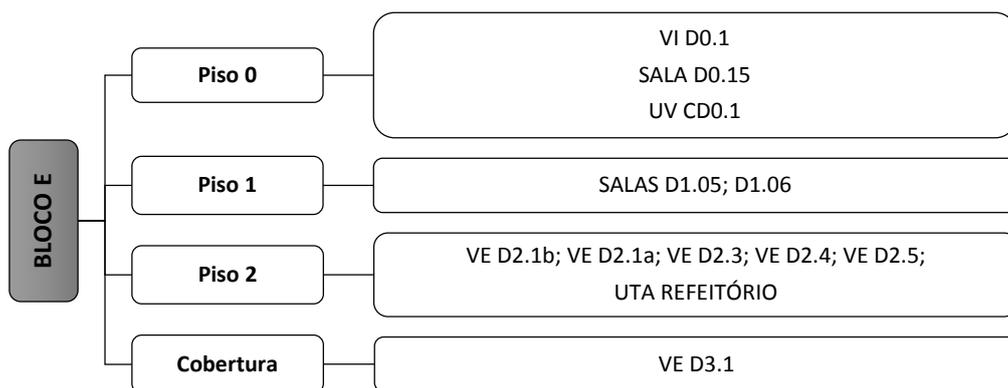


Figura 15 Equipamentos do Bloco D presentes na GTC.

Uma leitura do ANEXO C permite constatar os horários de funcionamento dos equipamentos associados à GTC.

3.5.3. Monitorização contínua dos consumos energéticos

Analisados os sistemas de alimentação e distribuição de energia assim como o sistema de gestão técnica centralizada, impõe-se agora uma abordagem ao processo de monitorização dos consumos de energia.

Numa primeira fase foi necessário proceder ao inventário dos quadros alvo de monitorização. Durante este processo verificou-se que nem todos os quadros tinham o dispositivo de controlo dos consumos energéticos operacional. Reportado este problema à empresa responsável pela gestão destes sensores (wsbp[®]), foi aconselhado que se procedesse a um *reset* de todos os módulos *Wireless Modbus* [51]. O ponto de partida foi então o quadro mais próximo da sala do servidor, por ser o local onde se encontra instalada a *Janus Box* (a *Janus Box* assegura a recolha, o armazenamento temporário, o pré-tratamento e a comunicação dos dados recolhidos [51]), sendo que o processo se foi repetindo no sentido da periferia deste. Uma vez mais foi uma etapa morosa e que acabou por se revelar inútil devido à existência de um problema na receção do sinal emitido por alguns módulos que apenas poderia ser resolvido pela própria empresa wsbp[®] no local. Como tal, e visto que essa reparação não poderia ser concluída a tempo do prazo de entrega da presente dissertação, foi necessário recorrer aos únicos dados de monitorização recolhidos na escola. Os resultados e as análises expostos ao longo do presente relatório baseiam-se assim em dados de monitorização obtidos entre os dias 01 de maio de 2013 e 01 de maio de 2014. Assume-se que o andamento dos consumos energéticos no momento atual é em tudo similar ao registado no passado. Na Figura 16 encontra-se um esquema dos quadros elétricos monitorizados.

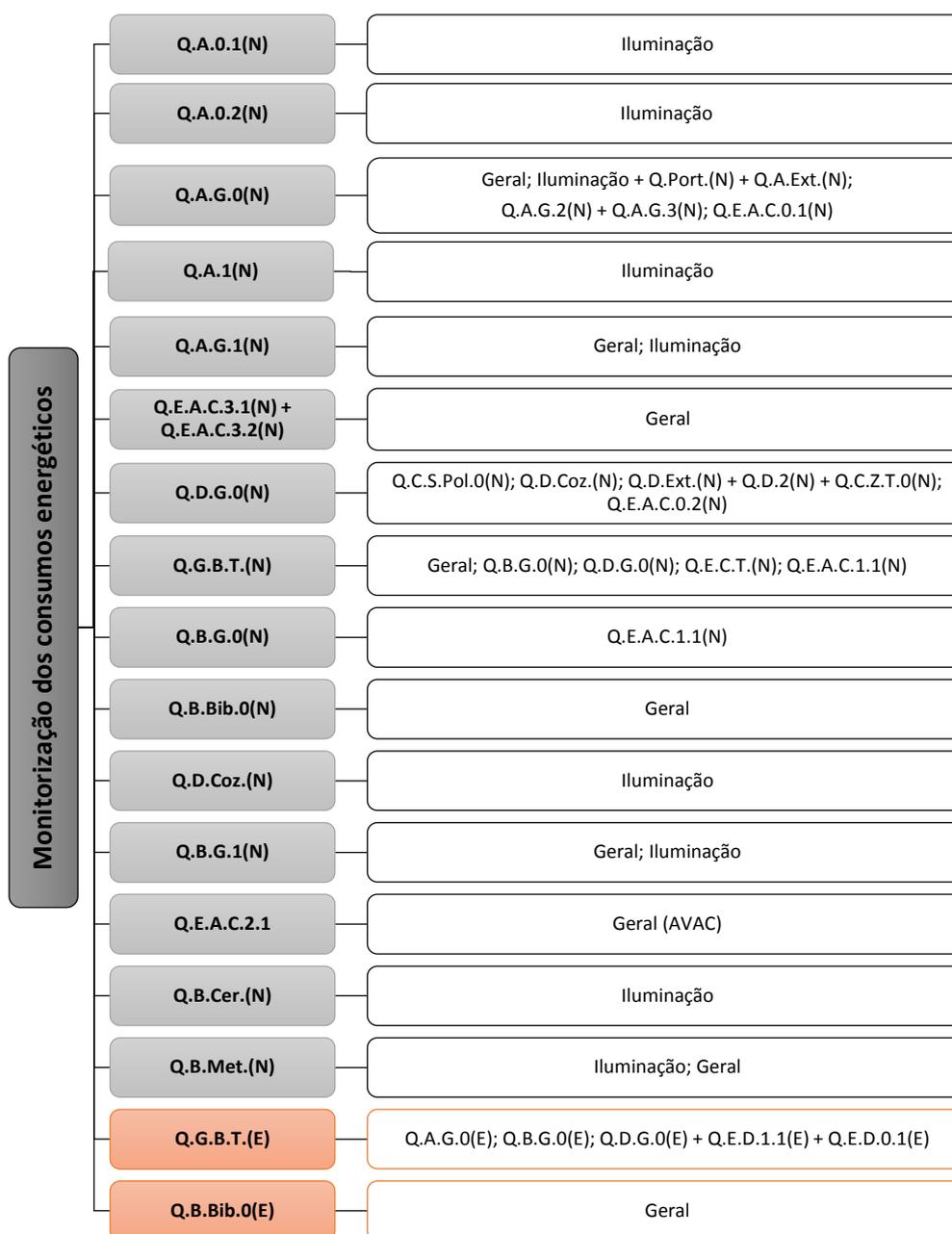


Figura 16 Esquema representativo dos quadros elétricos alvo de monitorização.

3.6. Análise dos consumos elétricos mensais

O estabelecimento de prioridades de atuação que visem o melhoramento da performance energética do edifício ou, de uma forma mais sedutora, que se traduza numa redução do valor da fatura energética no findar de cada mês, pressupõe sempre a inevitável caracterização das unidades consumidoras de energia. Esta, por sua vez, direciona todo o trabalho no sentido da fragmentação do histórico de consumo energético da escola alvo de análise.

Importa saber que a análise dos consumos pode ser realizada tendo por base duas fontes distintas de informação:

- Faturas de energia elétrica;
- Dados de consumo em média tensão cujo registo é feito de 15 em 15 minutos.

No caso particular da escola secundária alvo de estudo, foi unicamente fornecido o acesso aos valores obtidos por leitura do contador de energia elétrica da EDP®. Antes de se avançar com a análise dos consumos energéticos há um conjunto de hipóteses que deve ser considerada [52]:

- Um mês contabiliza 4 fins-de-semana (valor médio);
- No período noturno (Super-Vazio: 02h-06h), o consumo elétrico deve ser atribuído ao funcionamento das infraestruturas de suporte básicas e à iluminação noturna;
- Aos fins-de-semana, durante o período de Cheio e de Ponta, os consumos devem ser semelhantes aos de Super-Vazio menos a iluminação noturna;
- Por haver aulas em período noturno, o período de Vazio regista-se das 23h às 24h, das 0h às 02h e das 06h às 08h;
- Os espaços relativos à cantina/bufete/bar funcionam essencialmente de manhã;
- Durante o período de férias letivas, o consumo energético do complexo escolar reside essencialmente nas infraestruturas de apoio.

O estudo dos consumos elétricos requer ainda que se faça uma menção ao fator de utilização dos equipamentos que funcionam 24 horas por dia. Consoante o bloco do edifício alvo de análise, deverá ser tido em consideração que, nos períodos de fim-de-semana, os perfis de consumo devem exibir dois patamares de potência – um durante registado durante o período diurno (relativo aos equipamentos que funcionam 24 horas por dia); e outro durante o período noturno (onde há a adição da iluminação noturna).

À semelhança do que foi referido anteriormente importa salientar que os dados que serão alvo de posterior análise (resultado da monitorização) se restringem ao período de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014. Esta evidência estará patente no estudo individualizado de cada quadro elétrico. Por outro lado, atenta-se o leitor para o facto de os valores apresentados para o consumo elétrico total da escola secundária incidirem sobre o período de 01 de maio de 2014 a 01 de maio de 2015. Dever-se-á assumir que esses dois intervalos de tempo são similares no que diz respeito ao andamento dos consumos energéticos. Só assim a análise exposta fará sentido.

A Figura 17 pretende representar a evolução do consumo médio horário que ocorre para cada mês no período de 01 de maio de 2014 a 01 de maio de 2015.

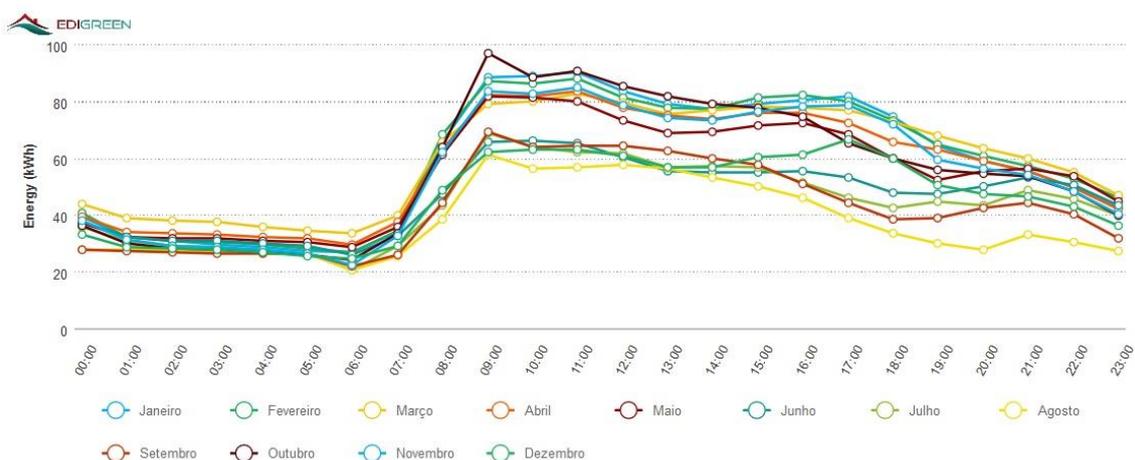


Figura 17 Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2014 a 01 de maio de 2015 (análise mensal).

A análise da figura anterior permite que se enuncie um conjunto de evidências. Antes de mais é notória a existência de dois períodos distintos e comuns a todos os meses – das 06h às 09h/11h, ocorre um aumento constante do consumo elétrico; por sua vez, a partir do período entre as 09h e as 11h até às 06h do dia seguinte há, de forma generalizada, um decréscimo gradual desse mesmo consumo. Levanta-se assim uma primeira questão: se a hora de início das atividades do complexo escolar, sejam estas letivas ou administrativas, ronda as 08h/08h30, justificar-se-ão os valores de consumo elétrico registados até essa hora? Por que é que se regista um aumento do consumo energético a partir das 06h? Haverá motivos racionais que o justifiquem? Não se poderá proceder a um ajuste que aproxime essa hora da de início do horário de abertura da escola? Deve ainda ser alvo de investigação o ligeiro aumento do consumo energético verificado a partir das 19h/20h que ocorre em grande parte dos meses.

Analisando as evoluções mensais, constata-se que o mês que regista menores valores médios de consumo energético horário corresponde a agosto. Tal evidência não cria surpresa pelo facto de ser um mês de tradicional interrupção do período letivo. Por sua vez, os meses de novembro, janeiro e fevereiro têm em média os valores de consumo elétrico mais elevados. Dezembro não se enquadra neste registo devido ao período de interrupção de aulas que ocorre a partir do meio do mês. A justificação para a grandeza dos valores apresentados por estes meses poderá estar relacionada com a necessidade de aquecimento das instalações e com a carência de iluminação natural característica destes meses, que conduz ao aumento do recurso à iluminação artificial.

Os meses de junho e julho apresentam registos muito próximos dos verificados para o mês de agosto. Apesar de ser expectável que a carga sobre o equipamento AVAC pudesse superar o consumo elétrico associado ao aquecimento na estação mais fria, verificou-se que o sistema de ar-condicionado da escola não tem sido acionado durante a estação de arrefecimento, de acordo com informação disponibilizada pela direção da escola. Logo não contribui para o consumo elétrico.

Outro facto curioso tem que ver com o mês de outubro por ter sido este a atingir o maior pico de consumo elétrico registado ao longo do ano (aproximadamente 97kWh, às 09h).

Seria de todo interessante proceder a uma comparação semelhante à anterior mas que admitisse um espectro temporal mais alargado e que pudesse acolher vários anos letivos. Contudo, apenas foram disponibilizados estes dados e é sobre eles que reside o estudo.

Uma outra análise pretendida incide sobre a distribuição média do consumo elétrico horário por dia da semana. Essa evolução está presente na Figura 18.

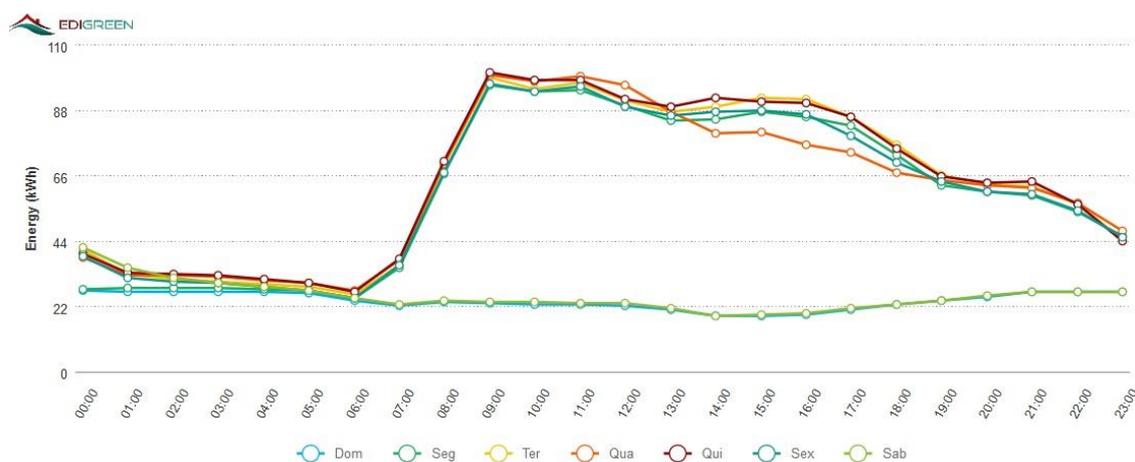


Figura 18 Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2014 a 01 de maio de 2015 (análise diária).

A análise da figura anterior tem por base essencial dois pontos de vista. Pretende-se uma primeira análise à evolução dos consumos elétricos no período correspondente aos dias úteis e, por último, deseja-se a interpretação da evolução relacionada com o período de fim-de-semana.

O registo horário verificado de segunda a sexta-feira segue um claro padrão. Ocorre contudo uma pequena variação no período das 13h às 19h. Neste ponto vai-se proceder em exclusivo à análise da diferença registada à quarta-feira por ser o dia útil que mais se desvia da tendência apurada. Na verdade, a justificação para o registo de um menor valor de consumo elétrico no referido intervalo de tempo é bastante simples e previsível, devendo-se ao facto de não ser usual haver aulas à quarta-feira à tarde nas escolas secundárias, o que é facilmente comprovado através da consulta dos horários escolares relativos ao ano letivo 2014/15 da escola em questão.

Por observação dos perfis de consumo ao fim-de-semana, constata-se que não é nítida a diferenciação do valor de potência dos equipamentos que permanecem acionados 24 horas por dia. No entanto, consegue-se verificar que em ambos os dias existe um limite inferior o qual se considera representar a potência dos equipamentos cujo funcionamento é interrompido. Este valor corresponde a uma potência média de 18,6 kW.

A potência média relativa à iluminação exterior pode ser determinada por consideração do valor da potência média do período de Vazio (que varia entre os 22,4 e os 27,1 kW) e da potência média correspondente aos equipamentos de funcionamento 24h/dia. Desta forma, resulta a expressão (3.1), que determina que a potência relativa à iluminação exterior corresponde a 6,15 kW.

$$\begin{aligned}Potência_{Illum.Ext.} &= Potência_{vazio} - Potência_{24h} \Leftrightarrow Potência_{Illum.Ext.} \\ &= 24,75 - 18,6 \Leftrightarrow Potência_{Illum.Ext.} = 6,15 kW\end{aligned}\quad (3.1)$$

O período fim-de-semana é o que desperta maior curiosidade. Correspondendo a uma interrupção letiva e não havendo uma suposta distinção nos requisitos energéticos exigidos pelo facto de ser sábado ou domingo, haverá necessidade de se compreender a diferença que ocorre entre as 0h e as 04h (o consumo nesse período é superior aos sábados, seguindo a tendência dos restantes dias da semana).

Pretende-se que os próximos capítulos consigam responder às questões levantadas pela análise até agora realizada.

Capítulo 4 - Apresentação e discussão de resultados

4.1. Avaliação de padrões de consumo

Após a abordagem dos consumos elétricos associados à escola secundária, feita a análise dos horários manuais e automáticos de funcionamento, após o esmiuçar do sistema de alimentação e distribuição de energia, depois de conhecidas as instalações e respetivos equipamentos mecânicos, de abordado o sistema de gestão técnica centralizada e a metodologia associada ao registo contínuo dos valores de consumo energético relacionado com os quadros elétricos estrategicamente selecionados, surge a necessidade de estruturação de um capítulo que se foque na apresentação e discussão dos resultados obtidos através do processo de monitorização contínua do qual foi alvo o complexo escolar. Pretende-se aliar as vantagens do processo de monitorização aos benefícios possíveis de retirar do sistema de gestão técnica centralizada instalado. Ambiciona-se uma aquisição de resultados que sustente uma análise crítica de toda a rede energética da escola para que, por fim, possam ser propostas medidas concretas de atuação por forma a beneficiar o emagrecimento energético do complexo escolar.

A discussão que se pretende só será possível por comparação do que é teoricamente expectável com o consumo energético real, produto do sistema de monitorização.

4.1.1. Validação experimental

A atual validação experimental tem por base a comparação de dois conjuntos de dados. Pretende-se promover uma relação entre os valores obtidos por leitura do contador de energia elétrica da EDP® e os que foram obtidos através do processo de monitorização.

Idealmente, a metodologia que se exigia para uma validação experimental mais precisa passaria pela comparação dos dados recolhidos experimentalmente com informações fornecidas pela administração da escola relativamente à distribuição percentual dos grandes grupos de consumo energético – sejam estes a iluminação, o arrefecimento, o equipamento de escritório, a ventilação, o aquecimento, a refrigeração, o consumo elétrico relativo à cozinha e o aquecimento de água. Todavia, não tendo sido disponibilizada qualquer tipo de informação nesse sentido nem o acesso a faturas de energia elétrica, há logo à partida um conjunto de potenciais conclusões que terão de ser suprimidas no presente trabalho.

4.1.2. Análise dos consumos energéticos por quadros elétricos

Comece-se por descrever o procedimento seguido para que fosse possível atingir o objetivo final de análise dos consumos energéticos associados aos quadros elétricos alvo de monitorização. Numa primeira etapa, houve a preocupação de se realizar um inventário de todos os equipamentos do complexo escolar, procurando desvendar as suas principais características, com particular interesse nos valores de potência nominal. Posto isto, tentou-se, sempre que possível, definir o horário de funcionamento de cada equipamento. A combinação destes dois grupos de informação permite determinar o perfil teórico de utilização energética correspondente a cada equipamento. A combinação destes perfis individuais permite estimar o consumo energético de cada quadro elétrico. Nos próximos tópicos serão expostos os estudos pormenorizados realizados a cada quadro alvo do processo de monitorização contínua.

Antes de se iniciar a análise individual dos quadros elétricos monitorizados há uma nota importante que deve ser sublinhada relativamente à iluminação. Não se verifica, na sua grande maioria, a utilização de luminárias cuja potência é a prevista em projeto. Num mesmo espaço, podem existir luminárias de diferentes potências quando tal não seria suposto. Apesar do plano atual de manutenção da escola reconhecer que existe um valor de potência previsto para cada espaço, a substituição de lâmpadas não é feita de acordo com as necessidades projetadas mas sim com as lâmpadas que, naquele instante, existem em reserva na escola. Junto do técnico responsável pela manutenção, procurou-se então definir quais os valores médios de potência associadas aos balastos das luminárias da escola:

- Espaços associados à cozinha e cantina/bufete – 80W;
- Áreas de circulação, corredores, átrios, zonas de convívio – 49/80W;
- Oficinas/estúdios – 80W;
- Salas – 49W;
- Espaços destinados aos balneários/vestiários, instalações sanitárias – 28W;
- Áreas técnicas – 28W;
- Polidesportivo coberto – de acordo com o projeto.

As especificações assim como os valores atrás mencionados resultam em exclusivo de informação fornecida pelo técnico de manutenção da escola. A sua análise e crítica serão efetuadas sempre que tal seja oportuno.

Por recurso às telas finais cedidas pela PE, tornou-se possível associar a cada quadro elétrico os espaços/zonas que destes derivam. Este método foi utilizado ao longo das próximas exposições, tendo sido a única forma encontrada para entender o sistema de alimentação do complexo escolar em toda a sua essência. A falta de informação precisa relativamente aos horários de funcionamento irá limitar o rigor dos valores teóricos apresentados.

4.1.2.1. Quadro elétrico Q.A.0.1(N) – Iluminação

Na Tabela 5 começa-se por apresentar os consumos elétricos teóricos associados à componente da iluminação do quadro elétrico Q.A.0.1(N). Realça-se que o valor total apresentado simula uma situação em que ocorre o consumo máximo simultâneo de todos os

espaços durante o período de uma hora. Não foram contabilizados os consumos que decorrem dos espaços raramente acedidos (A0.08, A0.05 e A0.07).

Tabela 5 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.0.1(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL ESCOLA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	A0.03	REPROGRAFIA	49	49	08h30 às 18h00		9x1
X	A0.06	GAB. TIC	80	80	De acordo com o período de aulas		3x1
X	A0.08	SERVIDOR	49	58	Pouco recorrente		3x1
X	A0.05	SALA REUNIÕES	49	49	Pouco recorrente		6x1
X	A0.07	SALA REUNIÕES	49	80	Pouco recorrente		6x1
X	A0.03A	GAB. DIREÇÃO	49	54	08h00 às 18h00		1x1
X	A0.03D	GAB. DIRETOR	49	35	08h00 às 18h00		2x1
X	A0.03C	GAB. DIREÇÃO	49	49	08h00 às 18h00		4x1
X	A0.03E	C.Q.E.P. COOR.	49	35	08h00 às 18h00		2x1
X	A0.03B	I.S.	28	28	08h00 às 23h00		2x1
TOTAL/HORA			1178	1127			

Por observação da Figura 19 é perceptível que o dia da semana que regista maiores valores de consumo elétrico associado à iluminação corresponde à quarta-feira. Já foi abordada a questão da maioria dos alunos não ter aulas neste dia da semana durante o período da tarde. Como este quadro elétrico se encontra associado, na sua grande maioria, a salas de reuniões e a gabinetes de direção, compreende-se que haja uma ocupação superior deste tipo de espaços por parte dos docentes. Como já foi referido o cálculo teórico é grosseiro e apenas se verifica numa situação extrema (eventualmente numa situação similar à que ocorre às quartas-feiras, na hora de pico de consumo). Todavia, não é compreensível o consumo que se verifica no período das 05h30 até à hora da habitual abertura do complexo escolar (08h00/08h30). Não sendo a iluminação controlada pelo sistema de gestão técnica centralizada, significa que alguém a terá de accionar manualmente neste intervalo de tempo.



Figura 19 [Q.A.0.1(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

Outra perspetiva interessante surge quando o leitor se debruça na evolução mensal dos consumos médios horários (analise-se a Figura 20). O que se constata é que para os meses de março, novembro e dezembro o consumo elétrico permanece nulo no período entre as 23h00 e as 07h00. Todavia, nos meses de abril, maio, agosto e outubro esse intervalo diminui, sendo o consumo nulo apenas das 23h00 às 06h00. Nos restantes meses não se verifica qualquer período de consumo igual a zero, ou seja, nos meses de janeiro, fevereiro, junho, julho e setembro regista-se um desperdício de energia no período de desocupação dos espaços. Por último, salienta-se o consumo elétrico verificado durante o mês de agosto que chega a registar um pico médio de 0,34 kWh, por volta das 15h00. Sendo o mês de agosto um período de encerramento das instalações, não se compreende tal valor.

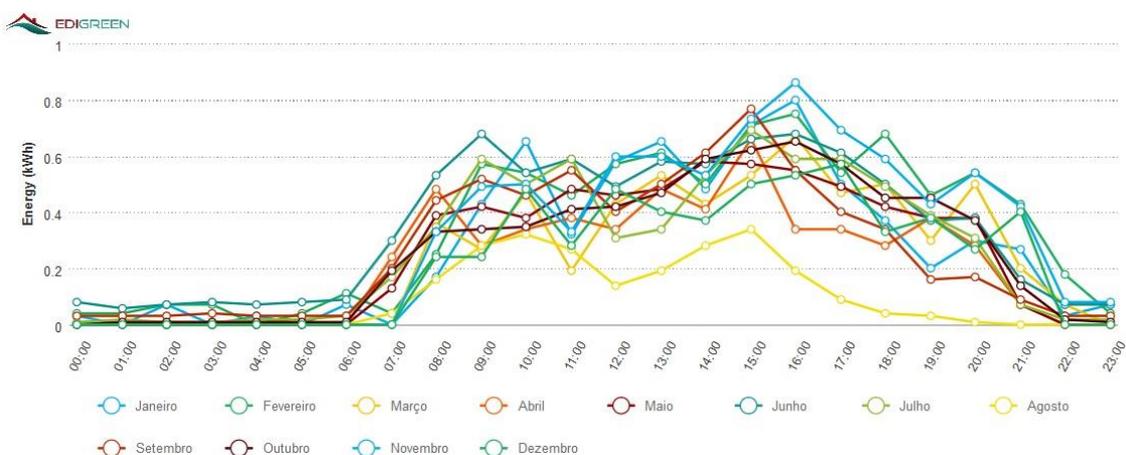


Figura 20 [Q.A.0.1(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

4.1.2.2. Quadro elétrico Q.A.0.2(N) – Iluminação

À semelhança do sucedido com o caso anterior, também a análise do consumo elétrico associado à iluminação do quadro Q.A.0.2(N) exigiu que se averiguasse quais os espaços que a este se encontram referenciados. Tal pesquisa encontra-se resumida na Tabela 6.

Tabela 6 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.0.2(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	A0.10	LAB.INFOR.	49	49	<i>De acordo com o período de aulas</i>		6x1
X	A0.09	DIR.TURMA	49	35	08h00 às 18h00		2x1
X	A0.09 ^a	SALA REUNIÕES	49	35	<i>Pouco recorrente</i>		2x1
X	A0.09C	GAB. ATENDIM.	49	35	08h00 às 18h00		2x1
X	A0.09D	GAB. ATENDIM.	49	35	08h00 às 18h00		2x1
X	A0.09B	ASSOC. PAIS	49	49	08h00 às 18h00		3x1
X	A0.13	SALA PROF.	49	80	08h00 às 18h00		12x1
X		-	49	36	-		3x1
X	A0.13A	VEST.DOCENTE	49	49	08h00 às 18h00		4x1
X	A0.14C	SALA CONVIVIO	49	36	08h00 às 18h00		3x1
X		-	49	49	-		3x1
X	A0.14B	GAB.ENC.PESS.	49	35	08h00 às 18h00		2x1
X	A0.14A	BALN.FEMININO	28	28	08h30 às 18h00		5x1
X	A0.14E	ARRECADAÇÃO	49	58	<i>Pouco recorrente</i>		1x1
X	A0.12A	I.S.FEMININO	28	28	08h30 às 18h00		10x1
X	A0.12B	I.S.MASCULINO	28	28	08h30 às 18h00		10x1
X	A0.12B	VEST.MASC.	28	28	08h30 às 18h00		9x1
X	A0.12A	VEST.FEMININO	28	28	08h30 às 18h00		9x1
X	A0.14D	BALNEARIO	28	28	08h30 às 18h00		5x1
X		CIRCULAÇÃO	49	35	08h00 às 18h00		5x1

Retire-se uma primeira conclusão por observação da Figura 21 que representa a evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários (diários) no período de monitorização. Verifica-se que é habitual ocorrer um pico de consumo aos sábados (de aproximadamente 0,35 kWh) por volta das 02h00. A questão que se impõe é, por que é que se verifica este consumo a esta hora e num dia de fim-de-semana? E quando a análise se estende aos dias úteis, verifica-se que é comum haver valores de consumo elétrico entre as 23h00 e as 08h00, sendo que a partir das 00h00 até às 02h00 há um crescendo de consumo injustificável.

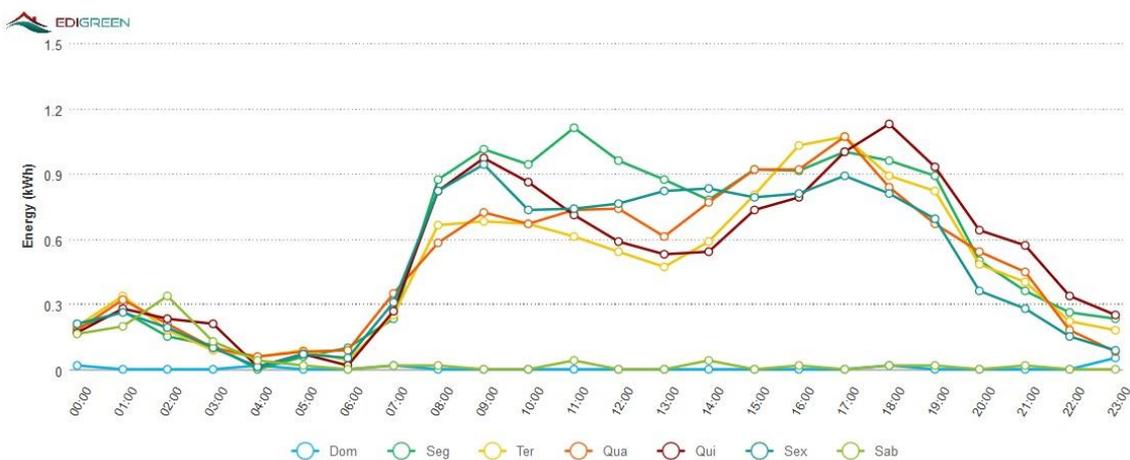


Figura 21 [Q.A.0.2(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

À semelhança do sucedido com o quadro elétrico anterior, também a evolução mensal de Q.A.0.2(N) permite que se retirem conclusões bastante pertinentes. Por observação da Figura 22, constata-se que também neste caso o mês de agosto revela valores caricatos, principalmente quando estão em causa consumos elétricos médios de 0,3 kWh registados às 00h00. Não só não se compreende este consumo como também não se entende o consumo energético que ocorre entre as 00h00 e as 08h00 durante todo o ano em que o quadro elétrico foi alvo de monitorização. O único espaço que poderia eventualmente justificar um valor de consumo noturno seria a área relativa à circulação (que poderia permanecer ligada por motivos de segurança). Contudo, e caso isso se sucedesse, haveria um registo de consumo constante e inferior aos valores médios registados (teoricamente, a energia total em causa seria de 0,245 kWh (5x0,049 kWh), valor esse inferior ao maior pico de consumo verificado pelo processo de monitorização (0,34 kWh)).

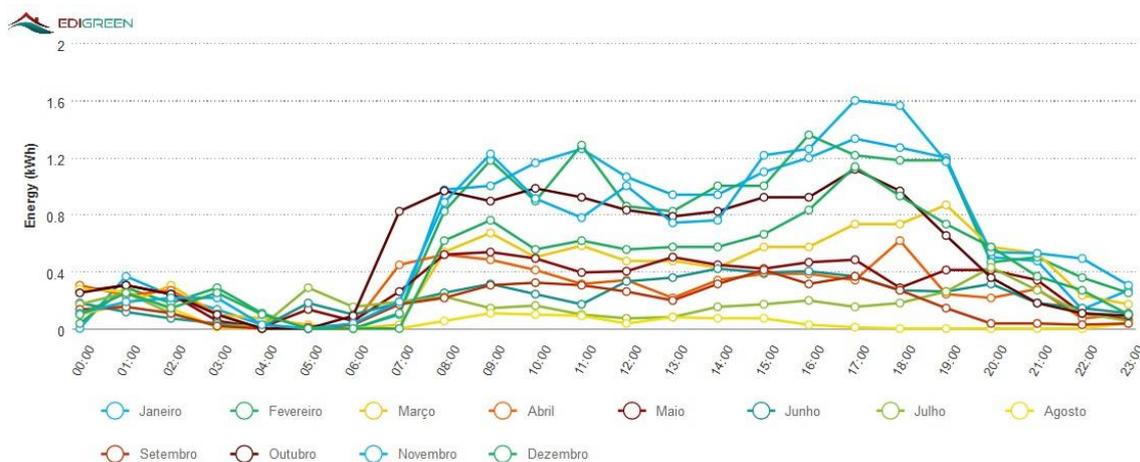


Figura 22 [Q.A.0.2(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

4.1.2.3. Quadro elétrico Q.A.1(N) – Iluminação

Seguindo a metodologia aplicada aos dois quadros já analisados, procedeu-se à listagem dos espaços associados ao quadro elétrico Q.A.1(N). Desse exercício resultou a Tabela 7.

Tabela 7 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.1(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	A1.11A	I.S.FEMININO	28	28	08h30 às 18h00		10x1
X	A1.11B	I.S.MASCULINO	28	28	08h30 às 18h00		10x1
X	A1.13B	SALA MODELOS	49	49	De acordo com o período de aulas		4x1
X	A1.13A	GAB.DES.LIVRE	49	49	De acordo com o período de aulas		4x1
X	A1.09	SALA DES.C/EST.	49	49	De acordo com o período de aulas		18x1
X	A1.12	SALA PROJETO	49	80	De acordo com o período de aulas		15x1
X	A1.10	SALA PROJETO	49	80	De acordo com o período de aulas		15x1
X	A1.14	SALA DES.C/EST.	49	80	De acordo com o período de aulas		18x1
X	A1.15	SALA DES.C/EST.	49	49	De acordo com o período de aulas		21x1

Os dados obtidos por monitorização do quadro elétrico Q.A.1(N) não são muito conclusivos. Aliás, pelo facto da Figura 23 que pretende demonstrar a evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários (diários) apresentar um valor que extrapola claramente a tendência dominante (acredita-se que poderá ter ocorrido um erro de medição), optou-se por completar a presente exposição recorrendo à Figura 24. Desta forma, o leitor fica com uma ideia mais esclarecedora relativamente ao andamento do consumo elétrico em estudo. Idealmente dever-se-ia ter procedido à aplicação do Critério de *Chauvenet*, todavia tal ajuste não pôde ser efetuado a tempo da conclusão da presente dissertação (por motivos alheios ao seu autor).

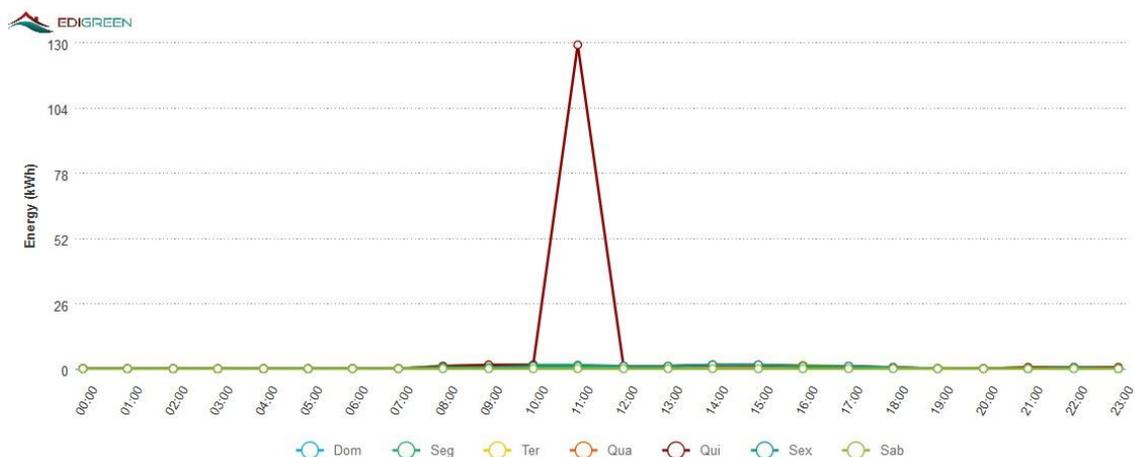


Figura 23 [Q.A.1(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

Observando a Figura 24 são várias as constatações que se podem fazer. Antes de mais, realça à vista o período entre 17 de maio e 6 de junho em que não ocorre o registo de qualquer valor de consumo energético associado ao quadro Q.A.1(N). Desconhece-se o motivo de tal falha. Uma segunda observação diz respeito ao consumo elétrico que se verifica a partir de setembro de 2013 após a hora do habitual término das aulas (18h). Este consumo poder-se-á justificar com a mudança de horários escolares. Ou seja, muito provavelmente, os espaços assinalados na tabela anterior passaram a ser utilizados pelos alunos de ensino noturno, alargando assim o espectro de utilização da iluminação até as 23h. Um terceiro aspeto surge no seguimento do que já tem vindo a ser referenciado. Continuam-se a verificar consumos elétricos no período entre as 0h e as 07h. Todavia, com a mudança de ano letivo, ou seja, a partir de setembro de 2013, esse consumo em período de desocupação do edifício deixa de se verificar (pelo menos de forma tão evidente). Como os dados de monitorização em estudo remontam ao ano letivo de 2013/14, não permite que se apurem os reais motivos que levam a um andamento de consumos tão díspar entre o fim do ano letivo de 2012/2013 e o início do de 2013/2014. Contudo, não há qualquer dúvida relativamente ao facto de que teve de se verificar uma mudança suficientemente expressiva para que deixasse de ocorrer tal consumo.

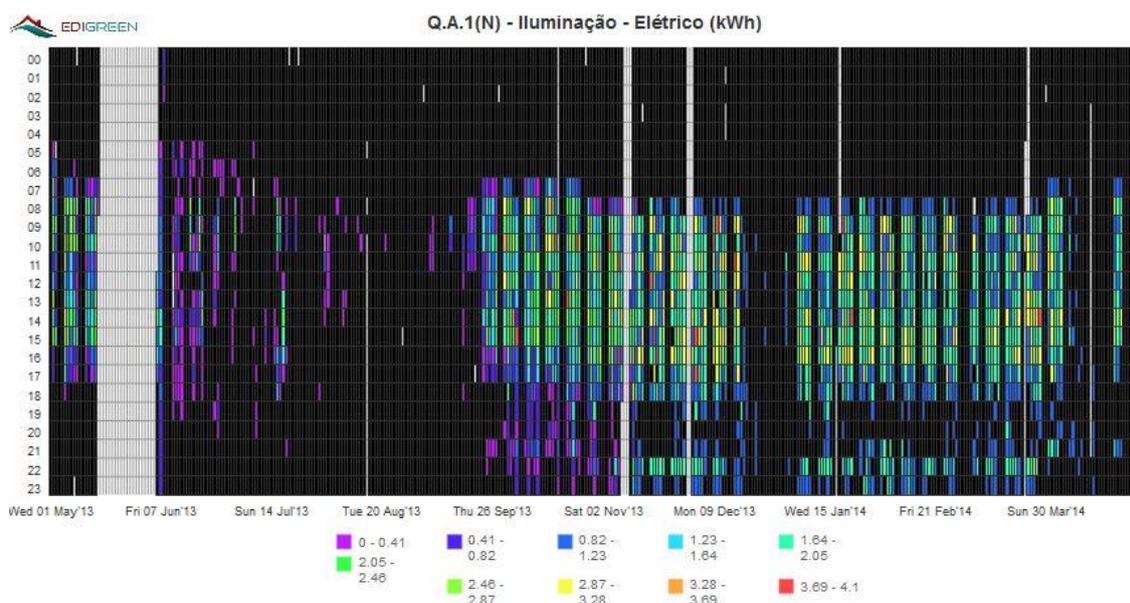


Figura 24 [Q.A.1(N)] consumo elétrico de iluminação (kWh) de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014.

4.1.2.4. Quadro elétrico Q.A.G.0(N) – Geral

A análise ao consumo elétrico de âmbito geral associado ao quadro Q.A.G.0(N) exige que se faça uma primeira abordagem ao esquema deste quadro elétrico. Neste quadro reúnem-se:

- Iluminação [alvo de estudo na secção 4.1.2.5];
- Alimentação de VC1 e VC2 (estes equipamentos não são alvo de controlo por parte do sistema de gestão centralizada instalado no complexo escolar);
- Alimentação do quadro elétrico Q.A.0.1(N) [anteriormente analisado];
- Alimentação do quadro elétrico Q.A.0.2(N) [anteriormente analisado];
- Alimentação do quadro elétrico Q.A.Ext.(N) [secção 4.1.2.5];
- Alimentação do quadro elétrico Q.PORT.(N) [secção 4.1.2.5];
- Alimentação do quadro elétrico Q.A.G.1(N) [secção 4.1.2.8];
- Alimentação do quadro elétrico Q.A.G.2(N) [secção 4.1.2.6];
- Alimentação do quadro elétrico Q.A.G.3(N) [secção 4.1.2.6];
- Alimentação do quadro elétrico Q.E.A.C.0.1(N) [secção 4.1.2.7].

Só após a leitura das secções indicadas é que se consegue entender na sua plenitude a rede de distribuição elétrica correspondente ao quadro Q.A.G.0(N). Contudo, pode-se já efetuar uma análise às evoluções de consumo elétrico verificadas e expressas nas Figura 25 e 26.

A observação da figura comparativa da evolução do consumo elétrico médio mensal permite que se agrupem os diversos meses de acordo com características de comportamento similares. Desta forma, consegue-se identificar à partida um conjunto de semelhanças nos meses de junho, julho, agosto e setembro. Também janeiro, fevereiro e novembro apresentam parências. Os restantes meses já ostentam características mais aleatórias, não se integrando claramente em nenhum dos dois grupos.

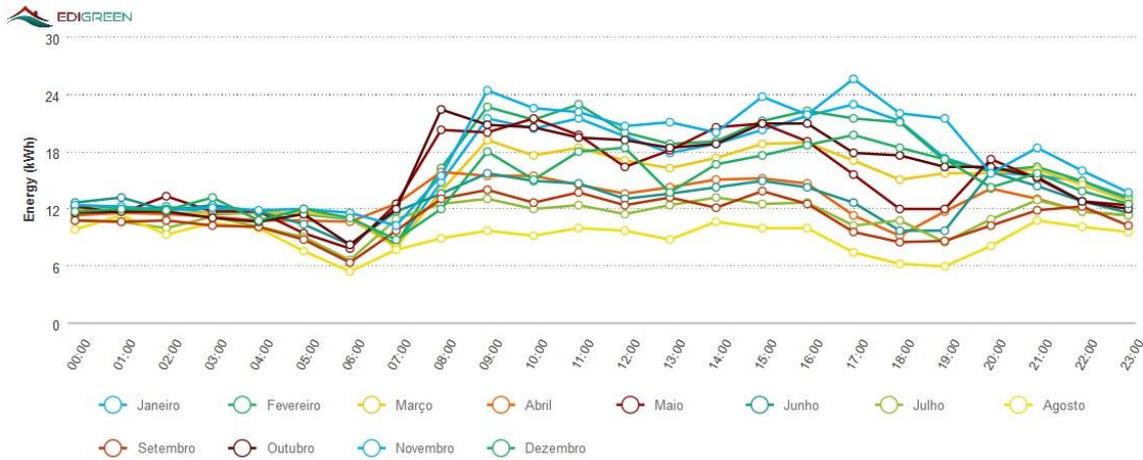


Figura 25 [Q.A.G.0(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

Com recurso ao perfil de consumo elétrico médio diário, comece-se por fazer uma análise aos períodos de fim-de-semana. Destaca-se o consumo praticamente constante de 11 kWh no intervalo de tempo decorrido entre as 21h00 e as 05h00, sendo que tal consumo reduz para um valor de 5,5 kWh entre as 07h00 e as 17h00. Ao longo do presente relatório, pretende-se perceber se estes consumos têm razão de ser. Os restantes dias assumem um perfil constante ao longo da semana, não estando assim em causa variações que possam ocorrer entre os diversos dias mas sim os valores que estes assumem.

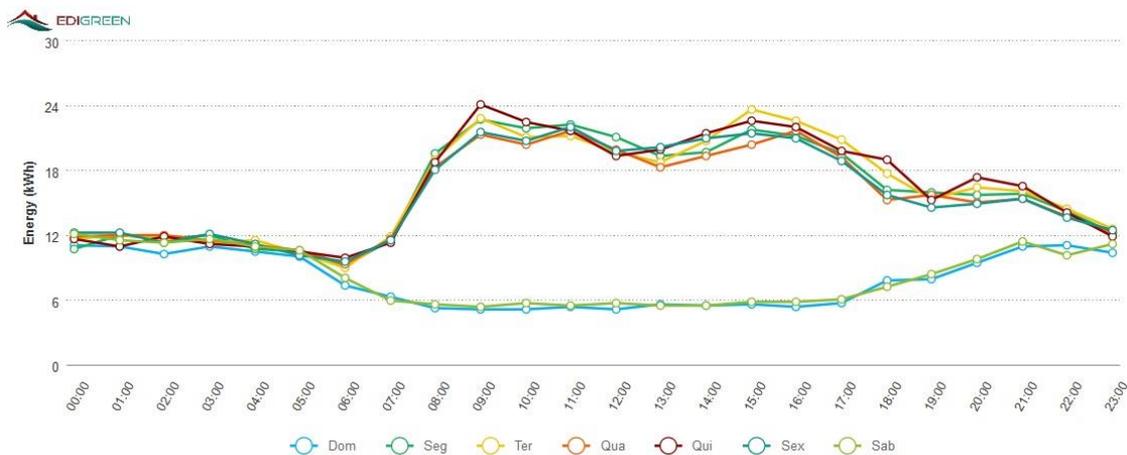


Figura 26 [Q.A.G.0(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

4.1.2.5. Quadro elétrico Q.A.G.0(N) – Iluminação, Q.PORT., QAExt.(N)

Nesta secção são analisados três parâmetros – a iluminação relativa ao quadro Q.A.G.0(N) e os esquemas de alimentação associados aos quadros elétricos Q.PORT. e Q.A.Ext.(N).

A definição dos espaços cuja iluminação se encontra associada ao quadro elétrico Q.A.G.0(N) dispensa explicação, visto seguir uma metodologia já descrita e de uso recorrente. Essa análise está patente na Tabela 8.

Tabela 8 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.G.0.(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	A0.00	ÁTRIO PBX	49	35	08h – 23h30		9x1
X		-	80	80	-		16x1
X		-	80	54	-		2x1
X	A0.01	SECRETARIA	49	49	08h - 18h		16x1
X		-	80	80	-		9x1
X	A0.01A	ARQ.ATUAL	49	54	08h – 18h		5x1
X	A0.01B	COFRE	49	28	Pouco recorrente		1x1
X	A0.02	LOJA/PAPEL.	49	49	08h30 - 18h		1x49
X	A0.01C	CHEFE SERVIÇO	49	35	08h - 18h		2x1
X	A0.03F	C.Q.E.P.ATEND.	49	35	08h – 18h		2x1

Relativamente aos restantes quadros mencionados, importa iniciar o seu estudo por caracterização dos esquemas a si associados. Desta forma, ao Q.PORT. corresponde a iluminação do espaço reservado ao porteiro (atente-se a Tabela 9) e a alimentação do portão elétrico (raramente acionado). Já o quadro elétrico Q.A.Ext.(N) encontra-se relacionado com a iluminação exterior.

Tabela 9 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.PORT.(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X		PORTEIRO	49	58	08h – 23h30		1x1

Aquando da análise da secção anterior (Q.A.G.0(N) – Geral), alertou-se para os elevados valores de consumo elétrico registados no período de desocupação das instalações. Pela observação das Figuras 27 e 28, consegue-se perceber que os valores registados através da monitorização das componentes de iluminação, Q.PORT. e Q.A.Ext., verificaram ser em grande parte responsáveis pelo andamento dos valores de consumo elétrico registados pelo quadro geral Q.A.G.0(N), podendo-se mesmo atribuir a estas três componentes a responsabilidade por aproximadamente metade do valor do consumo elétrico registado pelo quadro em questão (no período de desocupação do complexo escolar).

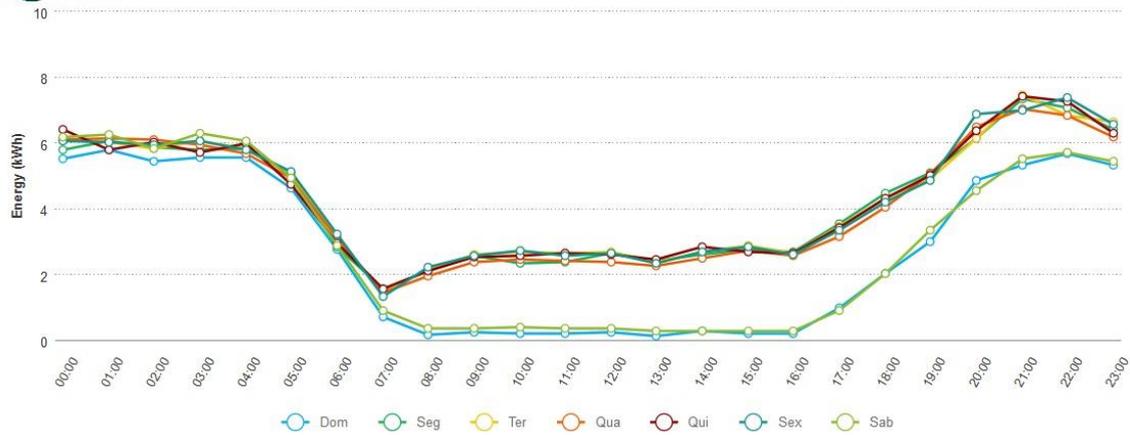


Figura 27 [G.A.G.0(N) – Iluminação, Q.PORT. e Q.A.Ext.(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

Facilmente se compreende que os valores de consumo elétrico associados à iluminação exterior (no período das 21h às 6h) e ao funcionamento do portão elétrico (que, pela observação feita no local, raramente é acionado mais de duas vezes por dia – de manhã e após o fim das aulas) pouco devem variar ao longo dos dias da semana e o mesmo se deveria verificar ao longo dos meses do ano. Na realidade é isso que ocorre havendo apenas um ajuste na hora em que se liga e desliga a iluminação exterior. Nos meses de outubro a março, verifica-se que o consumo elétrico começa a aumentar de forma evidente a partir das 16h estabilizando por volta das 18h. A partir das 05h esse valor começa a diminuir estabilizando novamente por volta das 07h. Nos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro a iluminação exterior é acionada três horas mais tarde, isto é, às 19h (permanecendo constante no período das 20h às 4h, hora a partir da qual se verifica um decréscimo do consumo elétrico resultado da desativação da iluminação exterior). Essa diferença é justificável atendendo ao período de luz natural que difere consoante os meses do ano.

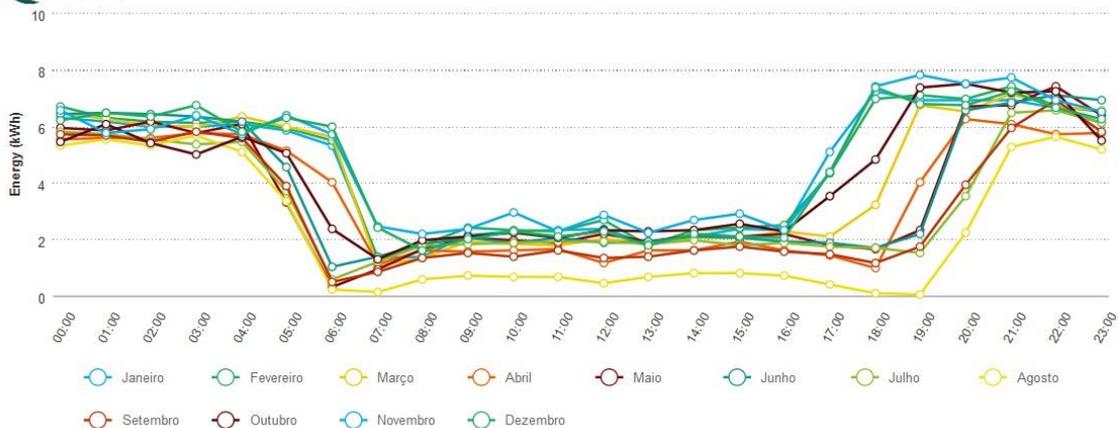


Figura 28 [G.A.G.0(N) – Iluminação, Q.PORT. e Q.A.Ext.(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

Coloca-se porém uma questão: se a iluminação exterior é sempre a mesma, por que motivo se verificam valores médios de consumo mensal tão diferentes? Por que é que a evolução mensal não segue um comportamento muito mais uniforme à semelhança do verificado na figura representativa da evolução comparativa diária, em que os valores médios horários se aproximam muito mais?

Como os dados resultantes do processo de monitorização não são recentes, teme-se que muitas das perguntas efetuadas nunca encontrem uma resposta inequívoca.

4.1.2.6. Quadro elétrico Q.A.G.0(N) - Q.A.G.2(N) + Q.A.G.3(N)

Antes de mais requer-se uma análise ao esquema dos quadros elétricos em questão. Assim sendo, apresenta-se a caracterização do quadro elétrico Q.A.G.2(N):

- Iluminação própria;
- Alimentação do quadro elétrico Q.A.S.P.(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.A.2(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.A.L.F.(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.A.L.Q.(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.A.Gal.2(N).

Proceda-se ao inventário dos espaços relacionados com o quadro elétrico Q.A.G.2(N). Na Tabela 10, para além de se indicar a sua referência, apresentam-se ainda as potências nominais, os horários de funcionamento e o número de luminárias assim como o de lâmpadas existentes.

Tabela 10 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.G.2(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	A2.02	GAB.PROD.ART.	49	49	<i>De acordo com o período de aulas</i>		4x1
X	A2.01	GAB.DES.PROD.	49	49	<i>De acordo com o período de aulas</i>		4x1
X	A2.04	SALA DE AULA	49	49	<i>De acordo com o período de aulas</i>		9x1
X	A2.06	SALA DE AULA	49	49	<i>De acordo com o período de aulas</i>		9x1
X	A2.08	SALA DE AULA	49	49	<i>De acordo com o período de aulas</i>		9x1

Posto isto, importa agora que se proceda a uma descrição do esquema associado aos restantes quadros elétricos referenciados. Desta forma, começa-se por analisar o quadro Q.A.S.P.(N). Este tem a si associado um consumo energético relativo a iluminação (descrito na Tabela 11) e a alimentação da *hotte* química e de um ventilador, ambos localizados na sala A2.05.

Tabela 11 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.S.P.(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	A2.05	FÍSICA ESP. E EXP.	49	49	De acordo com o período de aulas		4x1

O quadro elétrico Q.A.2(N) destaca-se pela iluminação dos espaços listados na Tabela 12 e pela alimentação de V.E. A2.1 (cujo horário de funcionamento se localiza entre as 07h00 e as 18h00, de segunda a sexta-feira, de acordo com o sistema de gestão técnica centralizada).

Tabela 12 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.2(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	A2.09	GEOMETRIA	49	49	De acordo com o período de aulas		15x1
X	A2.10	GEOMETRIA	49	49	De acordo com o período de aulas		15x1
X	A2.11	GEOMETRIA	49	49	De acordo com o período de aulas		15x1
X	A2.12	SALA DE AULA	49	49	De acordo com o período de aulas		9x1
X	A2.13	GEOMETRIA	49	49	De acordo com o período de aulas		15x1
X	A2.14	ZONA IMPRESSÃO	49	54	De acordo com o período de aulas		2x1
X	A2.15	SALA DES.C/ CAV.	49	49	De acordo com o período de aulas		21x1
X	A2.16	SALA C/ESTIR.	49	49	De acordo com o período de aulas		18x1

O quadro Q.A.L.F.(N) foca-se essencialmente no fornecimento de energia ao espaço referenciado na Tabela 13.

Tabela 13 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.L.F.(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	A2.07	LAB. FÍSICA	49	49	De acordo com o período de aulas		15x1

À semelhança do sucedido com o caso anterior, também o laboratório de química possui um quadro elétrico independente. Atente-se a Tabela 14 onde se referenciam as características determinantes para o cálculo do consumo elétrico de iluminação relativo a este espaço.

Tabela 14 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.L.Q.(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	A2.03	LAB. QUÍMICA	49	49	De acordo com o período de aulas		15x1

O estudo do quadro Q.A.G.2(N) implica que se analise por último o quadro elétrico Q.A.Gal.2(N). Também este se concentra nos requisitos de iluminação do espaço mencionado na Tabela 15.

Tabela 15 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.Gal.2(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	A2.00	GALERIA	49	??	08h00 – 23h30		??

De igual forma, no quadro Q.A.G.3(N) reúnem-se:

- Iluminação própria;
- Alimentação do quadro elétrico Q.A.Gal.3(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.E.A.C.3.1(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.E.A.C.3.2(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.A.3(N).

A iluminação gerenciada pelo quadro elétrico Q.A.G.3(N) encontra-se pormenorizada na Tabela 16.

Tabela 16 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.3(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA	POTÊNCIA	HORÁRIO		QUANT.
			NOMINAL INSTALADA [W]	NOMINAL PROJETO [W]	ON	OFF	
X	A3.01A	GAB.ENS.ESP.	49	49	08h30 – 18h		1x1
X	A3.01B	GAB.PSICOLOGIA	49	49	08h30 – 18h		
X	A3.02	ARRUMO	49	54	Pouco recorrente		2x1
X	A3.03	GAB.M./F./Q.	49	49	08h30 – 18h		2x1
X	A3.04	SALA DE AULA	49	49	De acordo com o período de aulas		9x1
X	A3.05	GAB.GEO.DESC.	49	49	De acordo com o período de aulas		2x1
X	A3.06	SALA DE AULA	49	49	De acordo com o período de aulas		9x1
X	A3.07	GAB.P./T.10ºANO	49	49	De acordo com o período de aulas		3x1
X	A3.08	SALA DE AULA	49	49	De acordo com o período de aulas		9x1
X	A3.09	DEPART.LÍNGUAS	49	49	De acordo com o período de aulas		3x1
X	S/REF.	ÁREA TÉCNICA	28	58	Pouco recorrente		3x1
		-	28	58	-		4x1

O quadro elétrico Q.A.3(N) destaca-se essencialmente pela iluminação dos espaços que tem a seu encargo e que se encontram listados na Tabela 17.

Tabela 17 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.3(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA	POTÊNCIA	HORÁRIO		QUANT.
			NOMINAL INSTALADA [W]	NOMINAL PROJETO [W]	ON	OFF	
X		ANTECÂMARA	49	54	08h30 – 23h30		1x1
X	A3.13A	I.S.DOC.FEMININO	28	54	08h30 – 23h30		1x1
X	A3.13B	I.S.DOC.MASCULINO	28	60	08h30 – 23h30		3x1
X	A3.10	SALA DE AULA	49	49	De acordo com o período de aulas		9x1
X	A3.11	GAB.HIST.ARTES	49	49	De acordo com o período de aulas		2x1
X	A3.12	SALA DE AULA	49	49	De acordo com o período de aulas		9x1
X	A3.14	SALA DE AULA	49	49	De acordo com o período de aulas		9x1
X	A3.15	GAB.FILOSOFIA	49	49	De acordo com o período de aulas		1x1
X	A3.16	SALA DE AULA	49	49	De acordo com o período de aulas		15x1
X	A3.17	ARQUIVO	49	54	Pouco recorrente		12x1
X		-	49	49	-		2x1
X		-	49	49	-		1x1

Do esquema do quadro elétrico Q.A.Gal.3(N) faz parte a iluminação do espaço referenciado na Tabela 18.

Tabela 18 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.Gal.3(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	A3.00	CORREDOR CIRCULAÇÃO DO ELEVADOR	49	??	08h00 – 23h30		??

De seguida, expõe-se na Tabela 19 a constituição do quadro elétrico Q.E.A.C.3.1(N). Importa salientar que nenhum dos equipamentos mecânicos referenciados é gerenciado pela GTC.

Tabela 19 Esquema do quadro elétrico Q.E.A.C.3.1(N)

GTC?	REF.	HORÁRIO		TIPO	QUANT.
		ON	OFF		
X	V.E. A3.1		Desconhecido	Desconhecido	1
X	V.E. A3.2		Desconhecido	Desconhecido	1
X	V.E. A3.3		Desconhecido	Desconhecido	1
X	V.E. A3.4		Desconhecido	Desconhecido	1
X	V.E. A3.5		Desconhecido	Desconhecido	1
X	V.E. A3.6		Desconhecido	Desconhecido	1
X	V.E. A3.7		Desconhecido	Desconhecido	1
X	V.E. A3.8		Desconhecido	Desconhecido	1
X	V.E. A3.9		Desconhecido	Desconhecido	1
X	V.E. A3.10		Desconhecido	Desconhecido	1
X	V.E. A3.11		Desconhecido	Desconhecido	1
X	V.E. A3.12		Desconhecido	Desconhecido	1
X	V.E. A3.13		Desconhecido	Desconhecido	1
X	V.E. A3.14		Desconhecido	Desconhecido	1
X	V.E. A3.15 ^a		Desconhecido	Desconhecido	1
X	V.E. A3.15 ^b		Desconhecido	Desconhecido	1
X	V.E. A3.16		Desconhecido	Desconhecido	1
X	V.E. A3.17		Desconhecido	Desconhecido	1
X	V.I. A3.1		Desconhecido	Desconhecido	1

Do mesmo modo, atente-se a constituição do quadro elétrico Q.E.A.C.3.1(N) presente na Tabela 20. Tirando o caso de V.E. AC 19 que, apesar de representado no sistema de gestão técnica centralizada não permite que se consulte o seu horário devido a um problema informático, todos os restantes equipamentos mecânicos são alvo de controlo e possuem um horário de funcionamento bem definido.

Tabela 20 Esquema do quadro elétrico Q.E.A.C.3.2(N)

GTC?	REF.	HORÁRIO		TIPO	QUANT.
		ON	OFF		
✓	V.E. AC 1	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. AC 2	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. AC 3	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. AC 4	05h – 07h 09h – 11h 14h30 – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. AC 5	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. AC 6	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. AC 7	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. AC 8	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. AC 9	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. AC 10	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. AC 11	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. AC 12	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. AC 13	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. AC 14	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. AC 15	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. AC 16	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. AC 17	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. AC 18	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. AC 19	SEM ACESSO			1
✓	V.E. AC 20	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. A0.3	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. A0.4	07h – 18h		SEG. A SEXTA	1

Recorrendo ao perfil de consumo elétrico médio diário relativo às contribuições dos quadros elétricos Q.A.G.2(N) e Q.A.G.3(N) patente na Figura 29, é possível retirar várias conclusões.

Inicie-se a análise pela observação do consumo energético registado aos sábados e aos domingos. O que se constata é que existe um consumo constante de cerca de 2 kWh no período de fim-de-semana. Atendendo aos espaços associados a toda a rede de quadros elétricos sob análise, só se encontra uma justificação possível para tal valor. Devido ao facto de haver um conjunto de equipamentos mecânicos anteriormente referenciados cujo horário de funcionamento não é alvo de controlo da GTC, suspeita-se que alguns desses equipamentos possam ter estado acionados de forma permanente durante o período de monitorização (o que é incompreensível principalmente quando está em causa um período de desocupação total das instalações escolares).

Todo esse consumo elétrico registado em período de ausência de atividades escolares permanece nos restantes dias da semana. Convém ainda que se reflita no aumento progressivo de consumo que se regista a partir das 05h nos dias úteis. De segunda a sexta-feira, o ventilador de extração V.E. AC4 inicia a sua atividade às 05h permanecendo acionado até às 07h. Recorrendo às telas finais verifica-se que este equipamento se encontra instalado na cobertura do bloco A e que tem ligação ao espaço A2.10. Correspondendo este espaço a uma sala de geometria descritiva não se encontra qualquer justificação para o horário de funcionamento de

V.E. AC4. Aliás, nem sequer se compreende a diferenciação de horário de funcionamento deste ventilador relativamente a todos os outros que iniciam a sua atividade “apenas” às 07h. O início de atividade dos ventiladores de extração dever-se-ia aproximar idealmente do horário de início das atividades de cada espaço. Promovia-se assim pelo menos 1h30 de poupança energética por ventilador, assumindo que todos os espaços seriam ocupados a partir das 08h30. Se todos os ventiladores cessam a sua atividade às 18h, seria expectável identificar uma interrupção abrupta do consumo elétrico a partir dessa hora. Todavia tal não se verifica, o que leva a suspeitar que o horário de término de funcionamento dos ventiladores não está de acordo com o registado na GTC.

Por fim, quis-se verificar se o ventilador V.E. AC 19 (cujo horário não é acessível na GTC) poderia estar associado a algum espaço que pudesse requerer necessidades especiais de ventilação. Este ventilador encontra-se igualmente instalado na cobertura do bloco A, estando associado ao espaço A1.04 que corresponde a uma sala de aulas vulgar. Ou seja, conclui-se que o horário deverá ser em tudo semelhante ao registado pelos demais ventiladores.

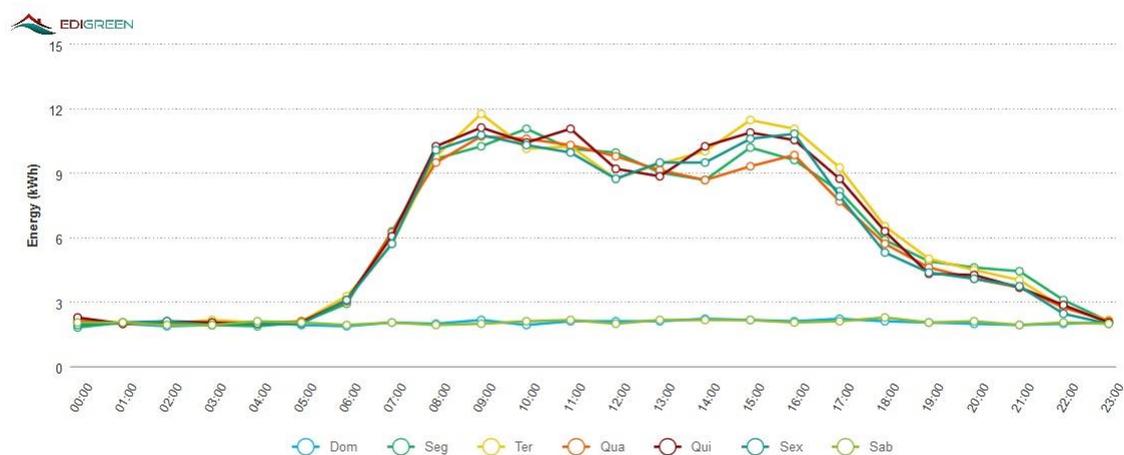


Figura 29 $[G.A.G.0(N) - Q.A.G.2(N) + Q.A.G.3(N)]$ Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

Por último, realiza-se uma análise comparativa mensal recorrendo à Figura 30. Desta análise destaca-se, uma vez mais, o registo de valores de consumo energético desnecessários no mês de agosto (como já referido, este mês corresponde a um período de tradicional interrupção das atividades escolares). Aliás, o consumo elétrico verificado neste mês verifica-se similar ao apresentado pelos meses de junho, julho e setembro.

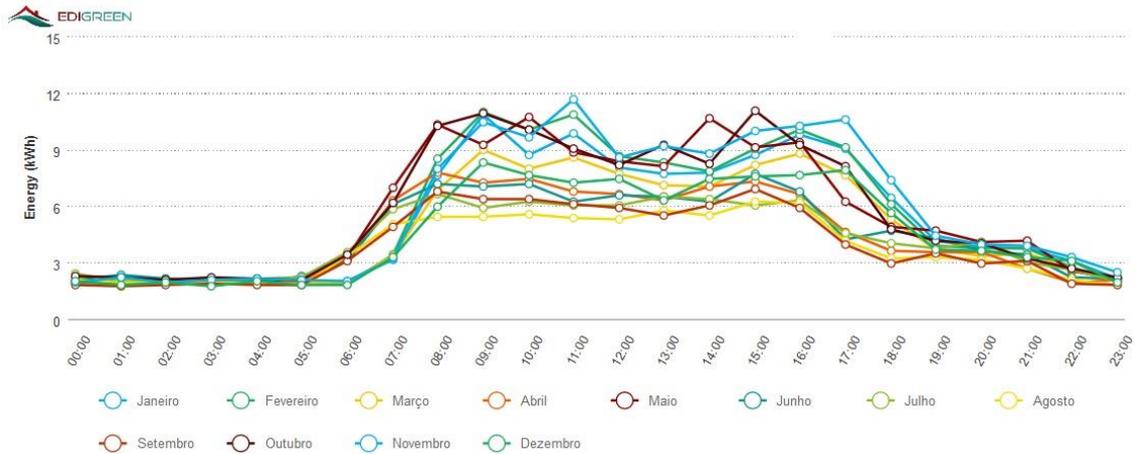


Figura 30 $[G.A.G.0(N) - Q.A.G.2(N) + Q.A.G.3(N)]$ Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

4.1.2.7. Quadro elétrico Q.A.G.0(N) – Q.E.A.C.0.1(N)

Relativamente ao quadro elétrico Q.E.A.C.0.1(N), não se verifica qualquer registo de consumo elétrico obtido através do processo de monitorização contínua. Todavia, consultando o esquema do quadro elétrico em questão e cruzando-o com o horário de funcionamento descrito na GTC, questiona-se a validade da informação fornecida pelo sistema de monitorização. Apesar de as informações relativas aos horários de V.E. A0.2 e de UV A0.2 serem dúbias - na GTC não havia qualquer horário atribuído, dando ideia de que os equipamentos funcionam 24 horas por dia (tentou-se esclarecer tal informação junto do técnico de manutenção mas sem sucesso) – dever-se-iam registar consumos elétricos relativamente aos restantes equipamentos listados na Tabela 21. Outra nota importante e que conduziu a inúmeras dificuldades de interpretação de resultados ao longo do presente relatório prende-se com o facto de não haver qualquer registo da parte da equipa de manutenção anterior à atualmente efetiva que possa esclarecer este tipo de incertezas. Aquando da atribuição do caso de estudo, o atual técnico apenas se encontrava responsável pela escola há três meses, demonstrando pouco conhecimento relativamente ao histórico técnico do complexo escolar. Visto a presente discussão se basear em dados obtidos em dois espaços temporais distintos, não se consegue garantir a validade inequívoca das conclusões retiradas.

Tabela 21 Esquema do quadro elétrico Q.E.A.C.0.1(N)

GTC?	REF.	HORÁRIO		TIPO	QUANT.
		ON	OFF		
✓	V.E. A0.1	08h01 - 17h01		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. A0.2	SEM HORÁRIO		-	1
✓	UV A0.1 V.E.	10h00 - 18h10		SEG. A SEXTA	1
✓	UV A0.1 V.I.				1
✓	UV A0.2 V.I.	SEM HORÁRIO		-	1
✓	UV A0.2 V.E.				1
✓	UV A0.3 V.I.	10h00 - 16h30		DIÁRIO	1
✓	UV A0.3 V.E.				1

4.1.2.8. Q.A.G.1(N) – Geral

Numa primeira fase, impõe-se a já habitual descrição do esquema do quadro elétrico em estudo. Desta forma, analise-se as derivações provenientes do quadro Q.A.G.1(N):

- Iluminação;
- Alimentação do quadro elétrico Q.A.1(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.A.Gal.1(N).

Repetindo o procedimento efetuado para os quadros precedentes, proceda-se à análise individualizada de Q.A.1(N) e de Q.A.Gal.1(N). O estudo da iluminação relativa ao quadro Q.A.G.1(N) será pormenorizada na secção 4.1.2.9.

A constituição do quadro elétrico Q.A.1(N) assenta essencialmente na componente de iluminação (anteriormente analisada na secção 4.1.2.3) e na alimentação de secadores de mãos (WC) e de urinóis (WC). Por sua vez, ao quadro elétrico Q.A.Gal.1 encontram-se unicamente associadas tomadas de uso geral.

Por tudo o que foi referenciado, compreende-se que o andamento dos consumos elétricos de âmbito geral verificados pelo quadro Q.A.G.1(N) (ilustrado na Figura 31 e 32) é, em grande parte, responsabilidade do comportamento energético imposto pelo quadro Q.A.1(N) e pela iluminação relativa ao próprio quadro Q.A.G.1(N).

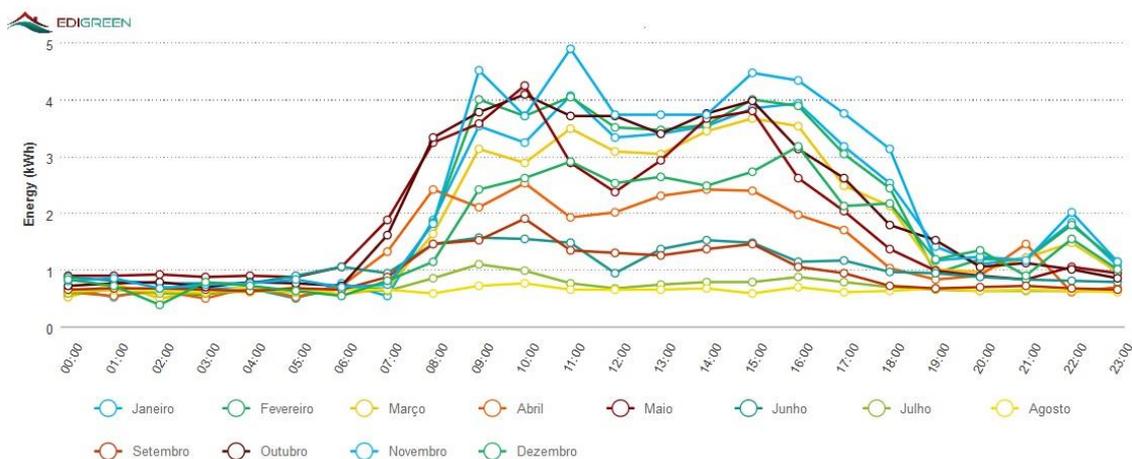


Figura 31 [Q.A.G.1(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

Da análise da figura anterior resultam várias conclusões. A primeira, e à semelhança da grande maioria dos quadros elétricos alvo de estudo no presente trabalho, também neste se destacam os valores de consumo elétrico em período de desocupação do complexo escolar. Entre as 0h e as 06h ocorre um consumo médio mensal de 0,7 kWh. Uma vez mais o mês de agosto apresenta semelhanças ao mês de julho, quando tal não seria expectável. Apesar de o mês de julho já não corresponder a um período de aulas, ainda decorrem atividades na escola que justificam o registo de valores de consumo energético (todavia esses valores são baixos, adequando-se à redução da atividade escolar).

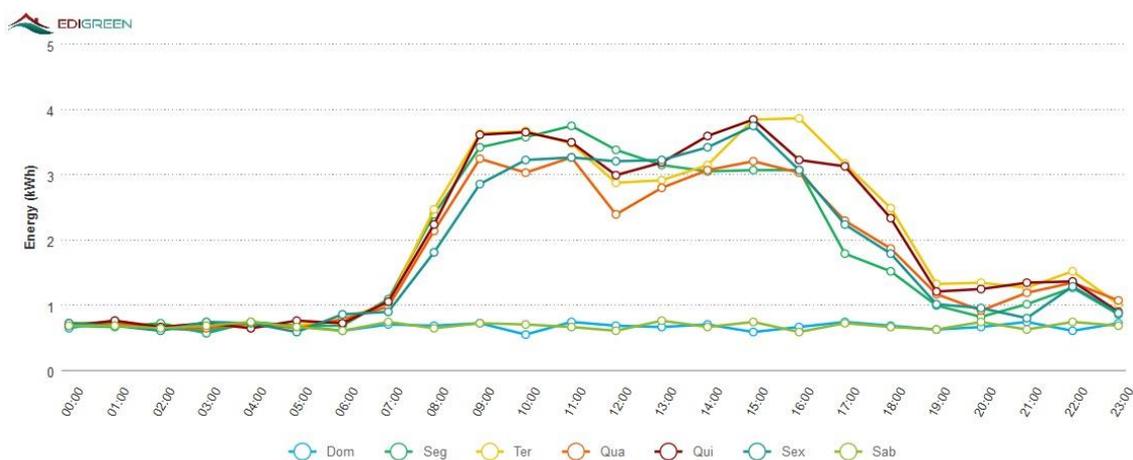


Figura 32 [Q.A.G.1(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

A apresentação da Figura 33, que representa o consumo elétrico geral no período de 01 de maio a 01 de julho, pretende ilustrar uma das muitas falhas que ocorreram durante o processo de monitorização em que não se verificou o registo de qualquer dado (neste caso, no período de 19 de maio a 6 de junho de 2013).



Figura 33 [Q.A.G.1(N)] Consumo elétrico geral de 01 de maio a 01 de julho de 2013 [kWh].

4.1.2.9. Quadro elétrico Q.A.G.1(N) - Iluminação

Tal como mencionado no item anterior, pretende-se agora a análise do consumo elétrico associado à iluminação do quadro elétrico Q.A.G.1(N). Averiguaram-se então quais os espaços que a este se encontram associados, procedendo-se à sua listagem na Tabela 22 (não foi possível averiguar a potência de iluminação associada ao espaço A1.00).

Tabela 22 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.A.G.1(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	A1.00	GALERIA	??	??			
X	A1.01	GAB.COM.AUDIO.	49	49	De acordo com o período de aulas		4x1
X	A1.02	GAB.DESIGN.COM	49	49	De acordo com o período de aulas		4x1
X	A1.03	SALA DE AULA	49	49	De acordo com o período de aulas		9x1
X	A1.04	SALA DE AULA	49	80	De acordo com o período de aulas		9x1
X	A1.05	SALA DE AULA	49	49	De acordo com o período de aulas		9x1
X	A1.06	SALA DE AULA	49	80	De acordo com o período de aulas		9x1
X	A1.07	SALA DES.C/EST.	49	49	De acordo com o período de aulas		18x1
X	A1.08	SALA DE AULA	49	80	De acordo com o período de aulas		9x1

Como tem vindo a ser recorrente, representa-se a evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários (mensais). Por observação da Figura 34, constata-se que nos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março o consumo elétrico associado à iluminação começa a registar valores não nulos a partir das 07h (de notar que o mês de dezembro apresenta dois picos de consumo de 0,05kWh por volta de 02h e das 06h). Esse valor de consumo aumenta progressivamente até às 09h sendo que, a partir dessa altura, verifica-se um sobe e desce de consumo elétrico constante até que se atinjam as 18h, momento em que o consumo decresce até atingir uma média nula às 0h. Nos meses de maio, junho e julho o registo de valores de consumo elétrico ocorre a partir das 05h, enquanto que nos meses de abril, setembro e outubro ocorre a partir das 6h. A conclusão que se retira não é nova para o leitor. Uma vez mais não se entende o porquê da ocorrência de registos de iluminação no período que antecede o horário de início das atividades letivas. E o que levará ao facto da iluminação não ser acionada sempre à mesma hora ao longo do ano? Por que ocorrerá uma diferenciação consoante o mês em questão?

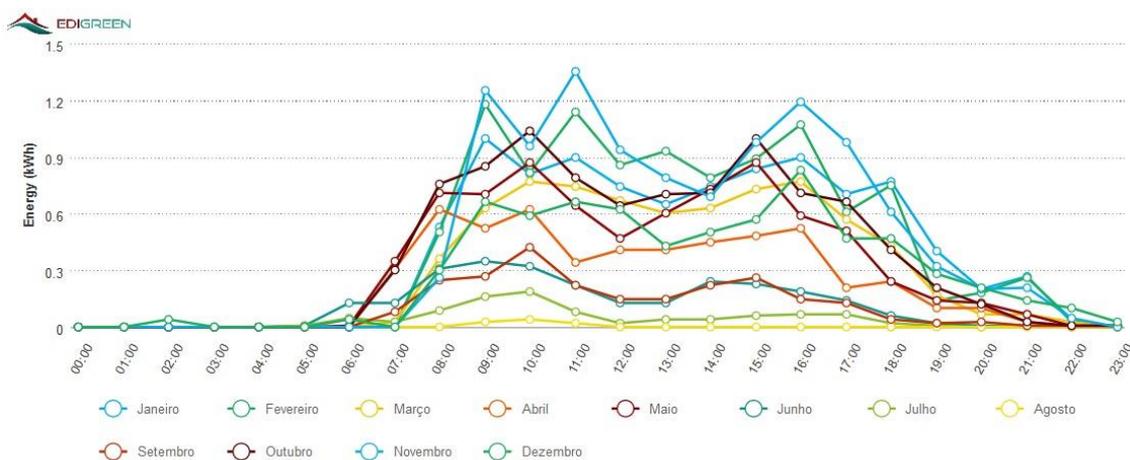


Figura 34 [Q.A.G.1(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

Na Figura 35 expõe-se igualmente a evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários mas de carácter diário.

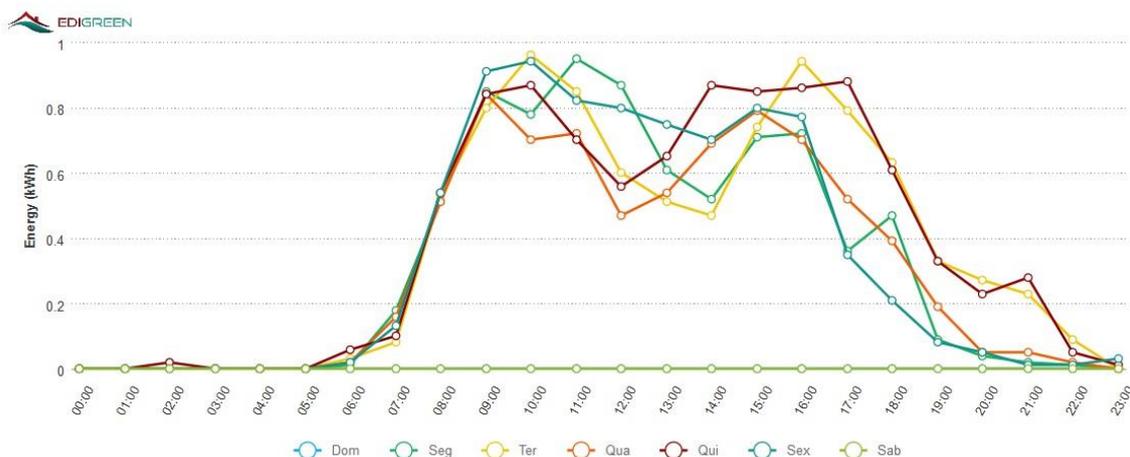


Figura 35 [Q.A.G.1(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

À semelhança do apontamento efetuado na secção anterior relativamente a um período onde ocorreu uma falha na medição/registo dos valores de consumo energético de carácter geral do quadro Q.A.G.1(N), também essa falha foi detetada na monitorização da componente de iluminação deste mesmo quadro. Atente a Figura 36, por forma a atestar esta observação.

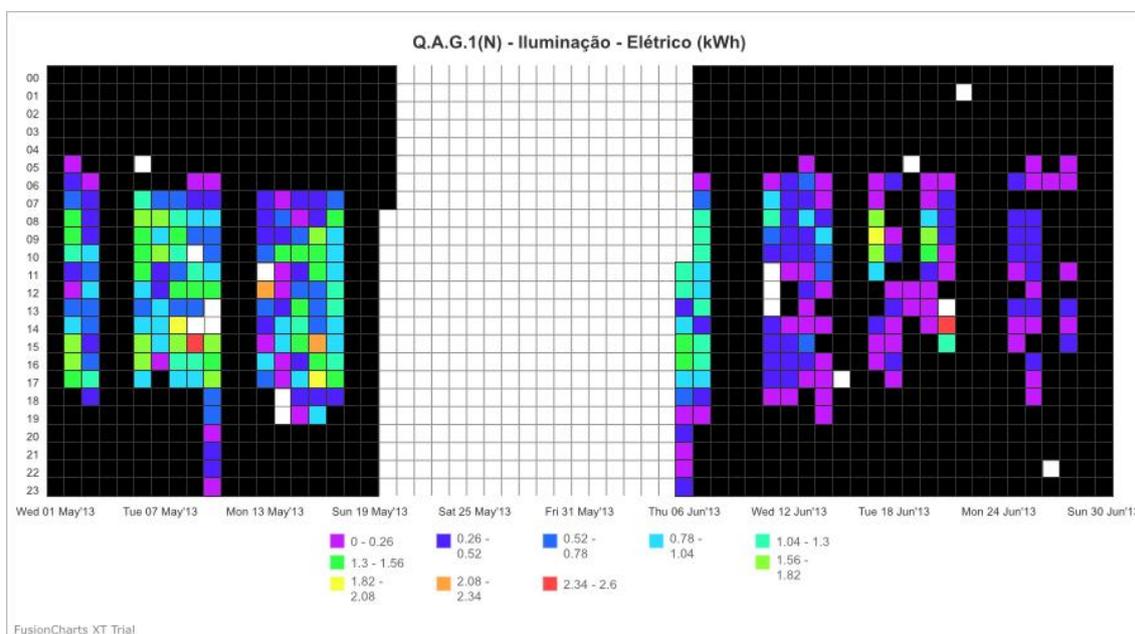


Figura 36 [Q.A.G.1(N)] Consumo elétrico de iluminação (kWh) de 1 de maio a 1 de julho de 2013 [kWh].

4.1.2.10. Q.B.Bib.0(N) – Geral

Da constituição do quadro elétrico Q.B.Bib.0(N) fazem parte:

- Iluminação;
- Alimentação do quadro elétrico Q.B.Bib.1(E);
- Alimentação de V.E.; V.C. 2; e V.C. 3;
- Tomadas de uso geral.

Comece-se por analisar a componente da iluminação. Para tal, sugere-se que observe a Tabela 23.

Tabela 23 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Bib.0(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA	POTÊNCIA	HORÁRIO		QUANT.
			NOMINAL INSTALADA [W]	NOMINAL PROJETO [W]	ON	OFF	
X	C0.02A	GAB.BIBLIOTECA	49	49	08h30 – 18h		1x1
X	C0.02	BIBLIOTECA	49	54	08h30 – 18h		11x1
X	C0.02B	ARRUMOS	49	58	Pouco recorrente		1x1
X			-	-	-		1x1

Correndo o risco de se cair em repetição, continua-se a verificar que não faz qualquer sentido a ocorrência de consumos energéticos verificados em período de desocupação do complexo escolar. Esse consumo é evidente nas Figuras 37 e 38.

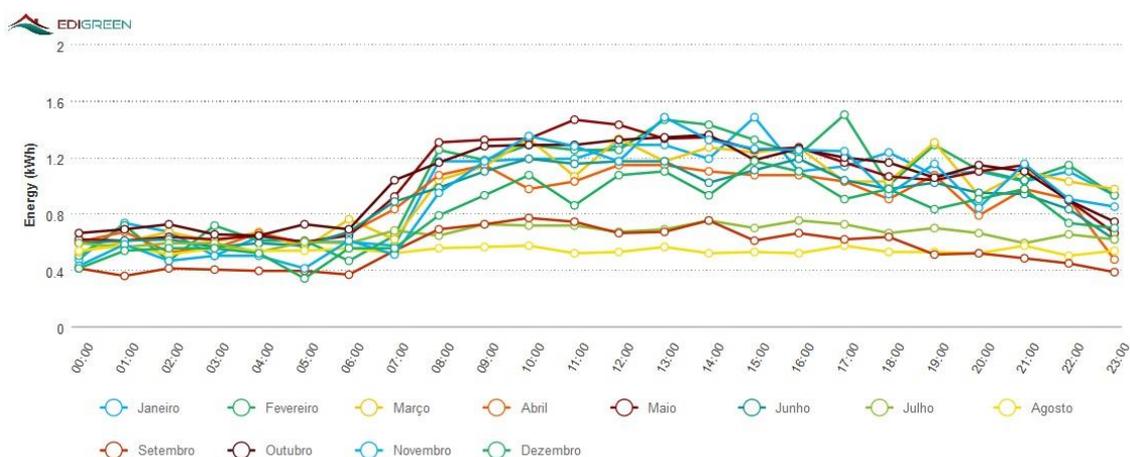


Figura 37 [Q.B.Bib.0(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

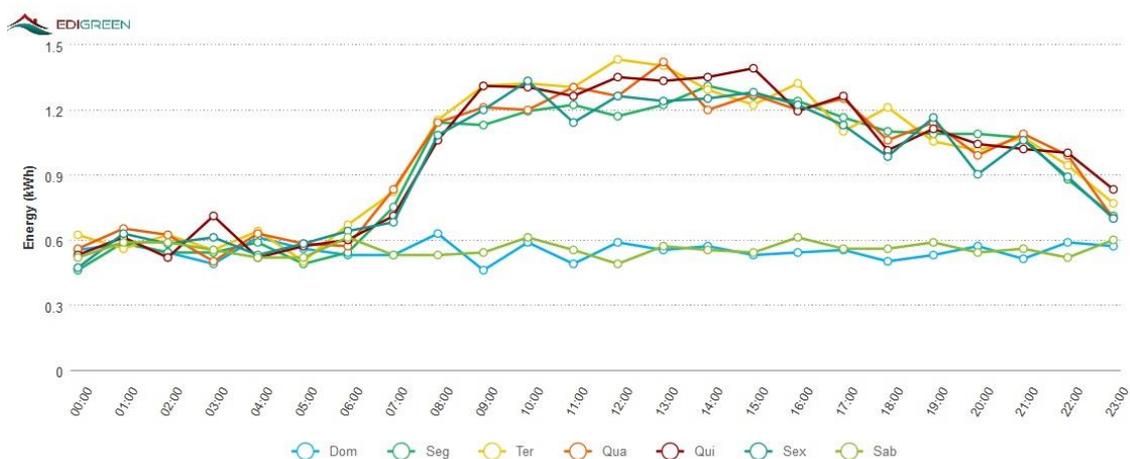


Figura 38 [Q.B.Bib.0(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

Uma primeira análise à constituição do quadro Q.B.Bib.0(N) implica que se aborde o quadro elétrico de emergência Q.B.Bib.1(E) por forma a responsabilizá-lo pelo andamento do consumo elétrico verificado pelo quadro geral em estudo ou, de forma oposta, ilibando-o de tal responsabilidade. Idealmente, este quadro de emergência deveria ter sido alvo de monitorização, para que fosse possível a comparação direta de consumos elétricos. Porém, tal não ocorreu dificultando assim a análise.

Numa segunda fase, convém que se analise os equipamentos mecânicos associados ao ventilador de extração de ar de referência V.E., e aos ventilo-conectores V.C.2 e V.C. 3. Constata-se que nenhum deles é alvo de controlo por parte da GTC, não havendo assim qualquer ideia dos seus horários de funcionamento. Como tal informação é desconhecida, pode-se supor que os valores de consumo mencionados se devem a estes equipamentos, contudo não se pode garantir com toda a certeza tal suposição.

Sobra a iluminação. Uma vez mais, os três espaços associados a este quadro elétrico não justificam os consumos registados. Aliás, se se estivesse perante uma situação de iluminação dita de “presença”, o consumo diário registaria um valor mínimo constante e nunca flutuante como o que se verifica (tenha-se como exemplo os consumos elétricos verificados no período de fim-de-semana). Por outro lado, o valor mínimo médio registado de 0,5 kWh implicaria que praticamente toda a iluminação dos espaços permanecesse ativa de forma contínua (assumindo que a potência nominal de cada lâmpada é de 49W e se a aplicarmos às 12 luminárias existentes (descartando o espaço relativo aos arrumos), estaria em causa um consumo de 0,588 kW). Ou seja, as variações diárias e mensais estão na sua grande maioria associadas ao quadro de emergência ou aos equipamentos mecânicos mencionados no parágrafo anterior.

4.1.2.11. Quadro elétrico Q.B.Cer.(N) – Iluminação

A monitorização realizada ao quadro elétrico Q.B.Cer.(N) incide em exclusivo sobre a componente da iluminação da oficina B0.05 – cerâmica: pastas, fornos, gessos. Atente-se a Tabela 24.

Tabela 24 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Cer.(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA	POTÊNCIA	HORÁRIO		QUANT.
			NOMINAL	NOMINAL	ON	OFF	
			INSTALADA	PROJETO			
			[W]	[W]			
X	B0.05	CERÂMICA:	80	80	De acordo com o	período de aulas	1x2
		PASTAS, FORNOS,	80	80			1x1
		GESSOS	80	80			4x5

A partir da análise da Figura 39 retira-se uma conclusão aparentemente insignificante mas que contraria a tendência verificada na escola. Raras são as vezes em que se constata que o consumo elétrico associado a um determinado espaço em período de fim-de-semana é nulo. Todavia, os restantes dias já tendem a assumir um comportamento similar a outros já observados. E então surgem as típicas perguntas que tendem a não encontrar resposta. Por que é que a iluminação começa a registar consumos a partir das 07h e não apenas a partir das 08h30? Por que é que no período de desocupação das instalações existe um consumo elétrico residual?

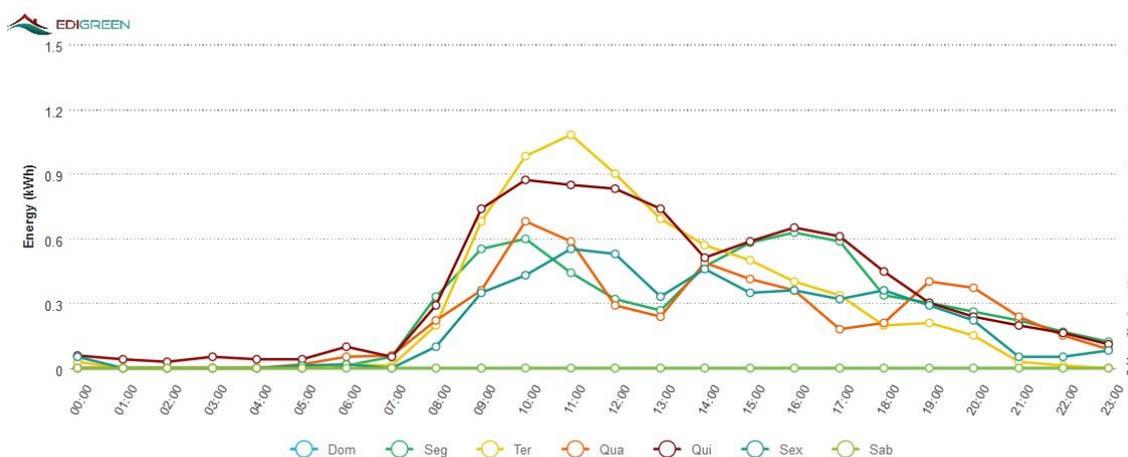


Figura 39 [Q.B..Cer.(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

Na Figura 40 expõe-se igualmente a evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários mas de carácter mensal.

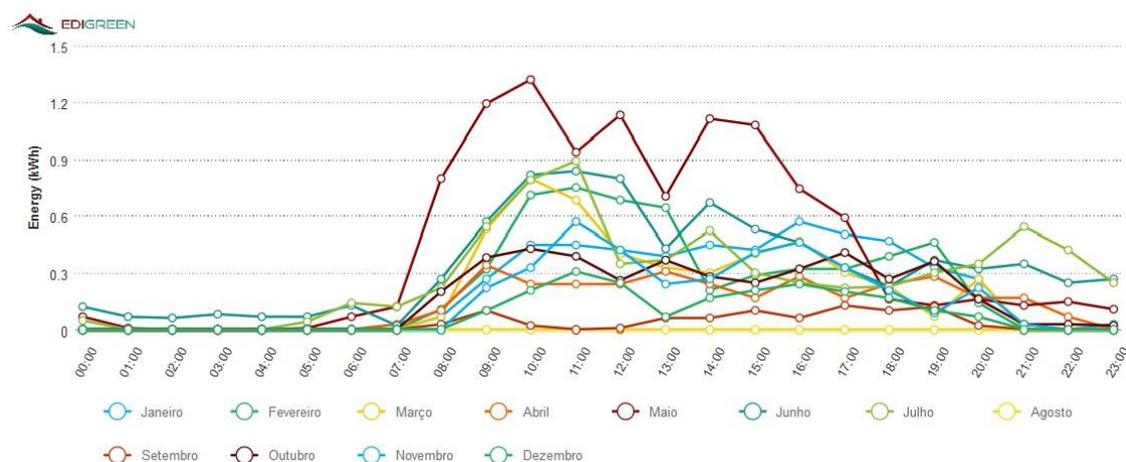


Figura 40 [Q.B.Cer.(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

4.1.2.12. Quadro elétrico Q.B.G.0(N) – Q.E.A.C.1.1(N)

Nesta secção, pretende-se analisar o quadro elétrico Q.B.G.0(N) tendo em consideração a alimentação que este efetua ao quadro Q.E.A.C.1.1(N). Desta forma, apresenta-se a Tabela 25 onde se encontram as especificações relativas a este último quadro.

Tabela 25 Especificações relativas ao quadro elétrico Q.E.A.C.1.1(N)

GTC?	EQUIPAMENTO	POTÊNCIA NOMINAL [kW]	HORÁRIO		TIPO	QUANT.
			ON	OFF		
✓	V.I. – UTA BIB.	2,2	08h	09h30	SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. – UTA BIB.	1,1	11h30	12h30	SEG. A SEXTA	1
✓	V.I. – UTA ANF.	2,2	14h30	15h30	SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. – UTA ANF.	1,1	[08h30	14h30]	SEG. A SEXTA	1

O estudo deste quadro elétrico revela-se de elevada importância porque a este se encontram associadas a UTA do anfiteatro e a UTA da biblioteca. Esta informação não se encontra disponível nas telas finais disponibilizadas, tendo sido recolhida aquando do trabalho de “descoberta” da localização dos quadros elétricos no complexo escolar.

Antes de mais atenta-se para o facto do sistema de gestão técnica centralizada apresentar um horário de funcionamento das UTA’s muito duvidoso. Isto porque é representado um horário intervalado (08h-09h30; 11h30-12h30; 14h30-15h30) e um outro horário que supõe o funcionamento contínuo das UTA’s das 08h30 às 14h30. A observação da Figura 41 mostra que, de segunda a sexta-feira, começa a haver um consumo elétrico a partir das 06h. É a partir deste momento que se começa a questionar com muita convicção o funcionamento da GTC. Se ao quadro Q.E.A.C.1.1(N) apenas estão associados os equipamentos listados na Tabela 34 e se a hora de início de funcionamento dos ventiladores de extração e de insuflação das UTA’s definido pela GTC é às 08h, não é possível que ocorram consumos a partir das 06h. Relembra-se algo

muito importante que já foi anteriormente mencionado: não há qualquer certeza de que os horários atualmente definidos pela GTC eram os que se encontravam em vigor no período de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014. A atual equipa de manutenção não tem conhecimento do histórico técnico da escola, e a equipa de manutenção anterior não deixou qualquer registo escrito relativamente ao espaço temporal mencionado. Está detetada uma anomalia que condiciona muitos dos resultados patentes neste relatório.



Figura 41 [Q.B.G.0(N) – Q.E.A.C.1.1] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

Na Figura 42 expõe-se de igual forma a evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários mas de carácter mensal.

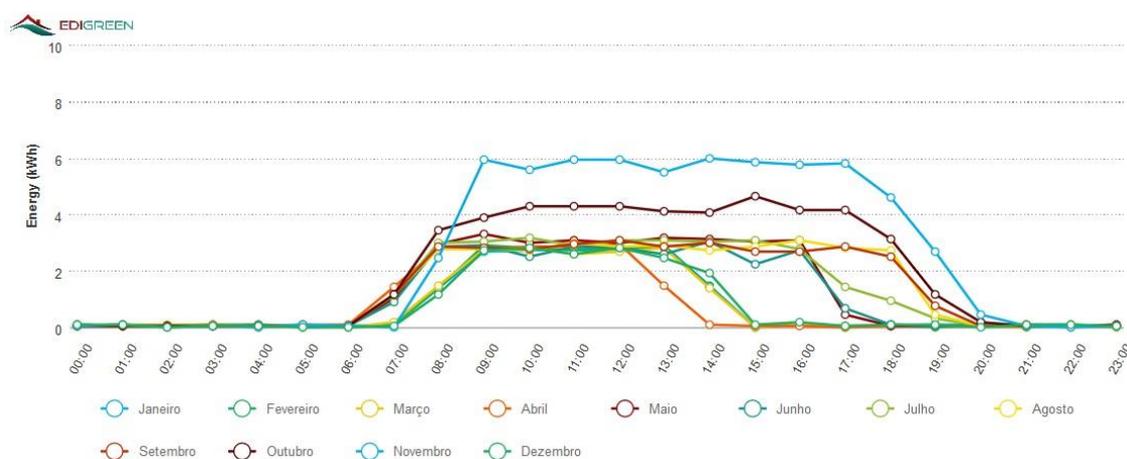


Figura 42 [Q.B.G.0(N) – Q.E.A.C.1.1] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

4.1.2.13. Quadro elétrico Q.B.G.1(N) – Geral

Fazem parte do quadro elétrico Q.B.G.1(N):

- Iluminação [secção 4.1.2.14];
- Alimentação do quadro elétrico Q.B.Joal.1(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.B.Joal.2(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.B.Cer.1(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.B.Cer.2(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.B.Pol.(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.B.Fot.(N).

Repetindo o procedimento efetuado anteriormente, proceda-se à análise individualizada dos quadros assinalados. O estudo da iluminação relativa ao quadro Q.B.G.1(N) será pormenorizada no capítulo seguinte.

Assim sendo, o quadro elétrico Q.B.Joal.1(N) é constituído por:

- Iluminação;
- Alimentação dos equipamentos associados a UVC B1.2; V.E. B1.3; V.E. B1.10;
- Alimentação do forno, laminador de chapa e laminador de fio.

Por sua vez, ao quadro Q.B.Joal.2(N) corresponde:

- Iluminação;
- Alimentação dos equipamentos associados a UV CB1.7; e V.E. B1.2;
- Alimentação da prensa vulcanizadora; injetor de ceras (I.C.); injetor de ceras (F.T.A.); forno (F.O.); mesa de esmaltagem (M.E.); mufla (M.); mesa de vácuo (M.V.); aparelho de soldar (A.S.); foscador (FOS.); máquina ultra sons (M.U.S.); polidora pequena (P.P.); insuflador; fogão (F.); centrifugadora; areadeira.

Já no que diz respeito ao quadro Q.B.Cer.1(N) tem-se:

- Iluminação;
- Alimentação dos equipamentos associados a UV CB1.1; e V.E. B1.1;
- Alimentação da roda oleiro elétrico; e da fiera de vácuo.

Segue-se a particularização do quadro elétrico Q.B.Cer.2(N):

- Iluminação;
- Alimentação dos equipamentos relativos a UV CB1.6; e V.E. B1.9;
- Alimentação da mufla ensaios 1000°C; mufla de ensaios 1400°C; forno raku; cabine de pintura; mufla cerâmica; e do sistema de filtragem.

Do Q.B.Pol.(N) fazem parte:

- Iluminação;
- Alimentação dos equipamentos associados a UV CB1.3; e a V.E. B1.4.

Por último, apresenta-se a constituição do quadro elétrico Q.B.Fot.(N):

- Iluminação;
- Alimentação dos equipamentos referentes a UV CB1.8;
- Alimentação S.C..

Nas Tabelas 26, 27, 28, 29, 30 e 31 indicam-se os espaços associados ao consumo de iluminação dos quadros Q.B.Joal.1(N), Q.B.Joal.2(N), Q.B.Cer.1(N), Q.B.Cer.2(N), Q.B.Pol.(N) e Q.B.Fot.(N), respetivamente.

Tabela 26 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Joal.1(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	B1.06	JOALHARIA 1	80	80	De acordo com o período de aulas		4x4

Tabela 27 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Joal.2(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	B1.07	JOALHARIA 2	80	80	De acordo com o período de aulas		3x3

Tabela 28 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Cer.1(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	B1.08	CERÂMICA – OLARIA	80	80	De acordo com o período de aulas		4x1

Tabela 29 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Cer.2(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	B1.11	CERÂMICA – PINTURA	80	80	De acordo com o período de aulas		2x4

Tabela 30 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Pol.(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	B1.04	POLÍMEROS	80	80	De acordo com o período de aulas		4x4

Tabela 31 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Fot.N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA	POTÊNCIA	HORÁRIO		QUANT.
			NOMINAL	NOMINAL	ON	OFF	
			INSTALADA	PROJETO			
			[W]	[W]			
X	B1.01A	ARRUMOS	49	58		Pouco recorrente	2x1
X	B1.01B	SALA MONTAGEM	49	49		De acordo com o período de aulas	2x1
X	B1.01C	LAB.COLETIVO	49	49		De acordo com o período de aulas	7x1
X	B1.01D	LAB.PELÍCULA	49	49		De acordo com o período de aulas	2x1
X	B1.01E	LAB.INDIVIDUAL	49	49		De acordo com o período de aulas	3x1
X	B1.01F	EST.FOTOGRAFIA	49	58		De acordo com o período de aulas	5x1

As Figuras 43 e 44 representam as evoluções comparativas dos consumos elétricos médios horários (mensais e diários) obtidos através do processo de monitorização contínua dos consumos energéticos ao quadro elétrico Q.B.G.1(N). Neste capítulo não se procederá à habitual crítica das referidas figuras porque, tal como se verificará na secção seguinte, a análise da iluminação presente no esquema do referido quadro elétrico poderia conduzir a diversos erros de análise.

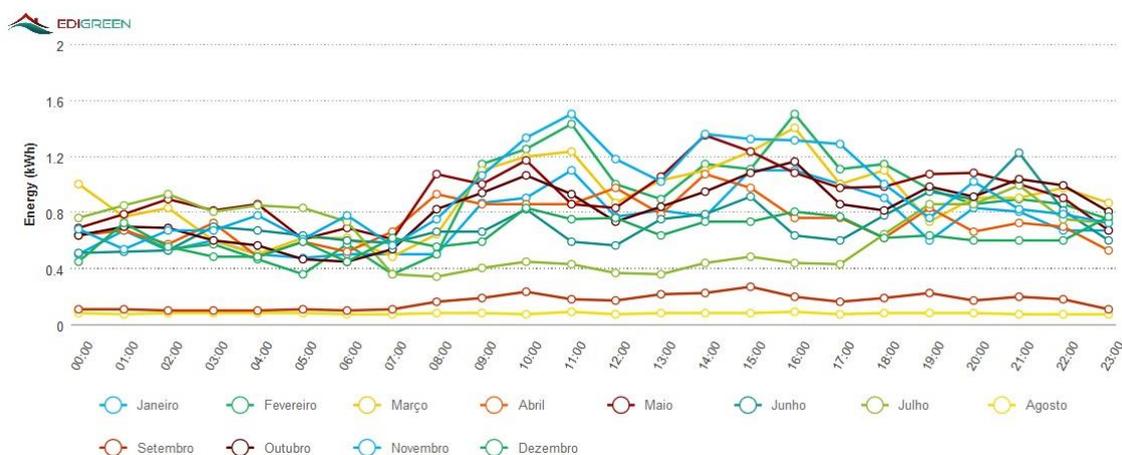


Figura 43 [Q.B.G.1(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

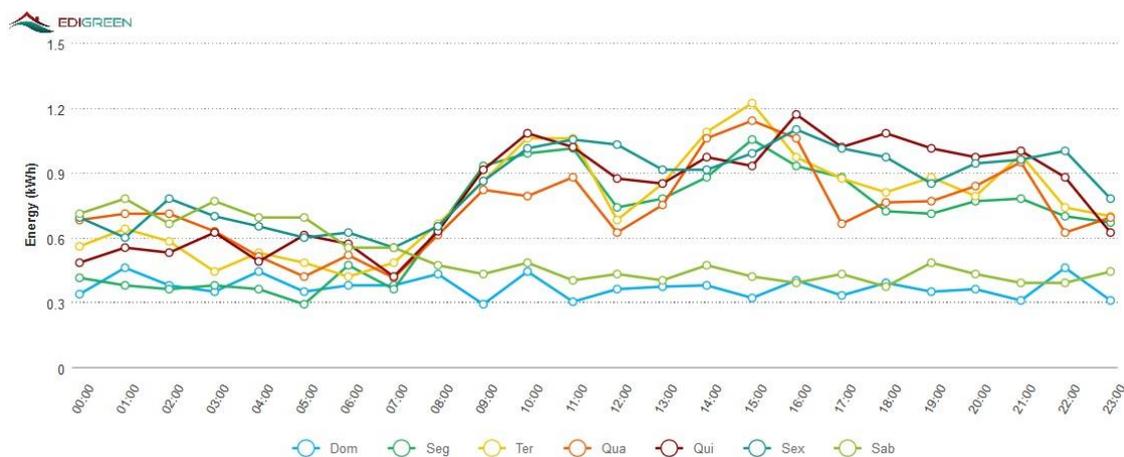


Figura 44 [Q.B.G.1(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

4.1.2.14. Quadro elétrico Q.B.G.1(N) – Iluminação

Relativamente à iluminação relacionada com o quadro elétrico Q.B.G.1(N), para que se consiga apurar a quantidade de luminárias e a sua potência nominal a ter em consideração tem de se analisar os espaços associados a este quadro elétrico. Atente a Tabela 32.

Tabela 32 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.G.1(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	B1.02	ARRUMOS	49	80	Pouco recorrente		3x5
X		-	49	58	-		3x1
X	B1.03	SALA PROJ.10ºANO	49	80	De acordo com o período de aulas		15x1
X	B1.05	SALA PROJ.10ºANO	49	80	De acordo com o período de aulas		15x1

Nas Figuras 45 e 46 encontram-se as evoluções comparativas dos consumos elétricos médios horários mensais e diários, respetivamente. As conclusões retiradas pela observação destas evoluções repetem tantas outras já referidas ao longo deste relatório.

Comece-se pela observação da evolução mensal. É possível agrupar, uma vez mais, os meses do ano de acordo com a hora em que se verifica o início do registo de valores de consumo elétrico. Num primeiro grupo encontram-se os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março (07h); de um segundo grupo constam os meses de maio, junho e julho (05h); e por último tem-se abril, setembro e outubro (06h). Esta agregação de meses já tinha sido realizada na secção 4.1.2.9 aquando do estudo da iluminação correspondente ao quadro elétrico Q.A.G.1(N). Curiosamente, existe uma coincidência nos meses que constituem cada grupo assim

como da respetiva hora. O mês de agosto apresenta consumos praticamente nulos, tal como expectável.

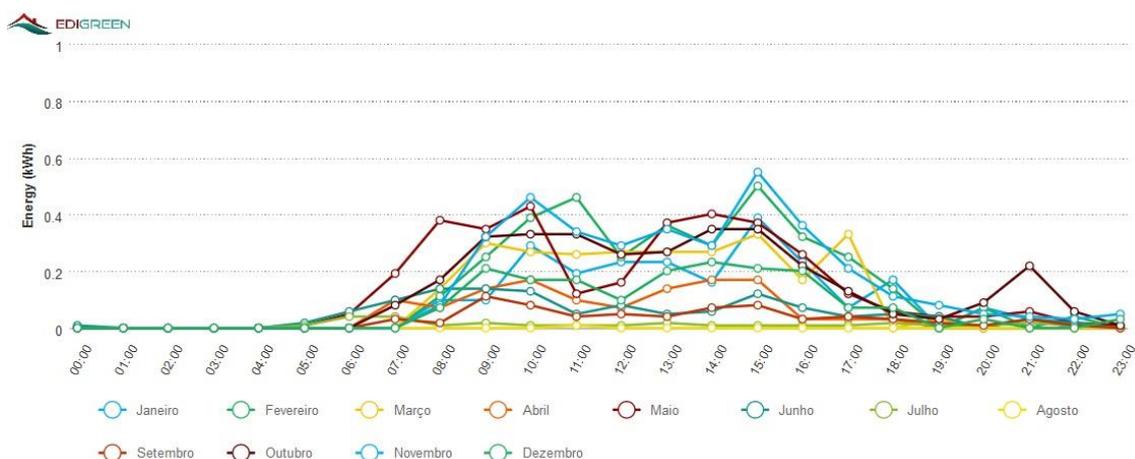


Figura 45 [Q.B.G.1(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

O método que se apresentará de seguida é inédito na análise efetuada até ao momento. Devido às inúmeras dúvidas que têm surgido relativamente à iluminação interior do complexo escolar, optou-se por definir uma estratégia que pudesse de alguma forma fornecer conclusões concisas relativamente aos consumos elétricos que se têm vindo a verificar. Visto não haver uma forma pouco burocrática (e rápida) que permitisse ter acesso aos horários das turmas dos anos letivos correspondentes ao período de monitorização, pediu-se a alguns alunos que colaborassem neste projeto ajudando no estabelecimento rigoroso dos horários de ocupação dos espaços B1.03 e B1.05 (espaços associados à iluminação do quadro elétrico Q.B.G.1(N)). Ou seja, a Figura 46 concentra-se na demonstração da evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários (diários) no período de 15 de setembro de 2013 a 1 de maio de 2014 (ao qual corresponde os horários do ano letivo 2013/14).

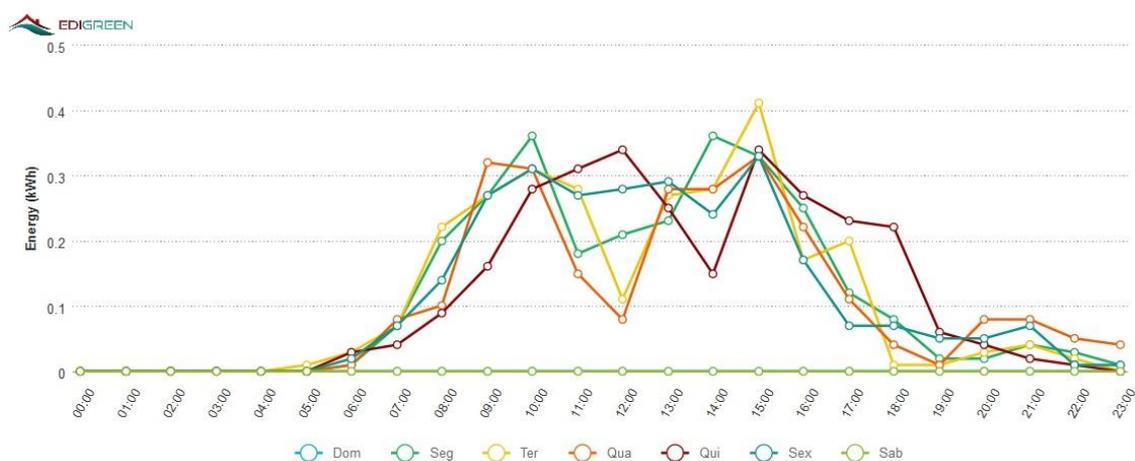


Figura 46 [Q.B.G.1(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 15 de setembro de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

A Tabela 33 resulta do cruzamento do horário relativo à sala B1.03 com o da sala B1.05. É visível a existência de três tipos de blocos – ocorrência de duas aulas em simultâneo (B1.03 + B1.05); ocorrência de apenas uma aula (B1.03 ou B1.05, sendo que o restante espaço permanece desocupado); ambos os espaços permanecem desocupados.

Tabela 33 Horário de ocupação dos espaços B1.03 e B1.05

HORÁRIO	SEGUNDA-FEIRA	TERÇA-FEIRA	QUARTA-FEIRA	QUINTA-FEIRA	SEXTA-FEIRA
08h30 10h00	B1.03 + B1.05	B1.03 + B1.05	B1.05	Sem atividade	Sem atividade
10h20 11h50	B1.03 + B1.05	B1.03 + B1.05	B1.05	B1.03 + B1.05	B1.03 + B1.05
12h00 13h30	Sem atividade	Sem atividade	Sem atividade	B1.03 + B1.05	B1.03 + B1.05
13h35 15h05	B1.03 + B1.05	B1.03 + B1.05	B1.03 + B1.05	Sem atividade	B1.05
15h15 16h45	B1.03 + B1.05	B1.03 + B1.05	B1.03 + B1.05	B1.03 + B1.05	B1.05
17h05 18h35	Sem atividade	Sem atividade	B1.05	B1.03 + B1.05	Sem atividade

Proceda-se então à análise detalhada da Figura 46 tendo por base os dados da tabela anterior:

- **Segunda-feira:** de acordo com o horário estabelecido deve ocorrer um pico de consumo no período das 08h30 às 11h50 visto haver aulas em simultâneo nos dois espaços. Todavia, a observação da evolução horária dos consumos elétricos patente na Figura 46 demonstra que o consumo elétrico se inicia às 06h00 aumentando progressivamente até às 10h00 (atingindo um valor médio de 0,5 kWh). De seguida regista-se um decréscimo do consumo elétrico das 10h00 às 11h00 (até aos 0,27 kWh), mantendo-se esse valor até ao fim do período de aulas em análise (11h50). De forma curiosa, no período das 12h00 às 13h30 (intervalo escolar reservado para almoço) quando seria de esperar que não se registasse qualquer consumo elétrico, não só se verifica um consumo associado à iluminação como o consumo regista um aumento do seu valor (de 0,27 kWh às 12h00 para 0,4 kWh às 13h30). No período das 13h35 às 16h45 volta a haver aulas em simultâneo nos dois espaços. No entanto, verifica-se que há um decréscimo contínuo das 14h00 até às 23h00. Seria de esperar que não se registasse qualquer consumo a partir das 17h00, mas tal não acontece;
- **Terça-feira:** apesar da ocupação dos espaços ser exatamente a mesma da verificada à segunda-feira, o andamento do consumo elétrico registado é completamente diferente. Mesmo assim, continua a não se revelar qualquer compatibilidade com o horário de ocupação dos espaços;
- **Quarta-feira:** averiguou-se que das 08h30 às 11h50 apenas um dos espaços permanece ocupado. Contudo, o registo de valores volta a ocorrer a partir das 06h registando aumentos e diminuições de consumo que em nada se ajustam com a ocupação do espaço. No período de almoço, das 12h00 às 13h30, volta a haver um

aumento do consumo elétrico (de 0,1 kWh às 12h00 para 0,35 kWh às 13h30). Apesar das atividades cessarem por completo às 18h35, das 19h00 às 20h00 há um novo incremento de consumo elétrico inexplicável;

- **Quinta-feira:** a ocupação de ambos os espaços inicia-se às 10h20, contrariando o registo de consumos que se verifica desde as 08h00. Sendo o período de almoço desta vez das 13h35 às 15h05, constata-se que das 12h00 às 13h35 há um decréscimo de consumo que volta a aumentar no período de desocupação das salas de aula (às 13h35 regista-se um valor médio de 0,22 kWh e às 15h00 de 0,45 kWh). Ou seja, a evolução do consumo elétrico não faz qualquer sentido, verificando-se ainda o “tradicional” aumento de consumo verificado nos dias anteriormente analisados. A partir daí a evolução volta a ser incoerente. Aliás, basta ter em mente que apesar das aulas terminarem às 18h35 em ambos os espaços, não só se verifica a continuidade de consumo com ainda se assinala um pequeno aumento no período das 19h00 às 20h00;
- **Sexta-feira:** apesar das atividades principiam à mesma hora do dia anterior (às 10h20, em ambos os espaços) o início do consumo que se regista nem sequer é erradamente similar ao verificado às quintas-feiras. Desta vez, o consumo elétrico inicia por volta das 06h30. As atividades cessam por completo às 17h05, mas os consumos mantêm-se constantes até às 20h00, voltando-se a registar um aumento no período das 20h às 21h00, acabando por se anular apenas às 22h00.

A análise realizada permite concluir que não é exequível associar as evoluções dos consumos elétricos de iluminação aos horários de ocupação dos espaços. A derradeira conclusão é muito simples. Não é possível propor medidas reais que possam beneficiar a poupança energética quando não se encontram relações de comparação válidas entre os dados obtidos pelo processo de monitorização e os respetivos horários de ocupação dos espaços.

Todavia, ir-se-á continuar com a análise dos quadros elétricos que foram alvo do processo de monitorização por forma a fortalecer as conclusões finais retiradas.

4.1.2.15. Quadro elétrico Q.B.Met.(N) – Geral

O quadro elétrico Q.B.Met.(N) foi alvo de duas monitorizações contínuas distintas, sendo que uma incidiu sobre o registo dos valores de consumo energético de âmbito geral e a restante particulariza o consumo energético relacionado com a iluminação. Da constituição deste quadro elétrico fazem parte:

- Iluminação [alvo de estudo na secção 4.1.2.16];
- Alimentação dos equipamentos associados a UV CB0.3; V.E. B0.1; V.E. B0.2 (observe a Tabela 34);
- Alimentação do esmeril; da fresadora; do serrote mecânico; do torno mecânico; da guilhotina elétrica; do balancé de fricção; do pantógrafo tridimensional; da máquina de eletroerosão; e do centro de maquinagem vertical.

Tabela 34 Esquema do quadro elétrico Q.B.Met.(N) (s/ iluminação)

GTC?	REF.	HORÁRIO		TIPO	QUANT.
		ON	OFF		
✓	UV CB0.3	08h00 – 18h15		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. B0.1	18h30 – 18h45		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. 0.2	18h30 – 18h45		SEG. A SEXTA	1

Os resultados obtidos pelo processo de monitorização aplicado ao quadro Q.B.Met.(N) não fazem qualquer sentido. Contudo, no ANEXO C - secção C.5 (Figuras 80 e 81), expõem-se mesmo assim as evoluções comparativas dos consumos elétricos médios horários (mensais e diários) para que o leitor ateste tal afirmação.

4.1.2.16. Quadro elétrico Q.B.Met.(N) – Iluminação

A correta compreensão dos consumos elétricos associados à componente de iluminação de um qualquer quadro elétrico exige sempre que se proceda a um inventário dos espaços que se encontram relacionados a esse mesmo quadro. Esse procedimento tem-se verificado uma constante no decurso deste capítulo de discussão de resultados e o quadro Q.B.Met.(N) não foge à regra. Apresenta-se assim a Tabela 35.

Tabela 35 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Met.(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	B0.04A	ARRECADADAÇÃO	49	58	<i>Pouco recorrente</i>		1x1
X	B0.04	METAIS	80	80	<i>De acordo com o período de aulas</i>		4x1
X		-	80	80	-		3x5
X		-	80	80	-		1x1

No que diz respeito à iluminação, os resultados obtidos através da monitorização contínua do quadro elétrico Q.B.Met(N) apresentam um aspeto similar ao apresentado por tantos outros quadros elétricos anteriormente examinados. Tal conclusão pode ser retirada a partir da observação das Figuras 47 e 48.



Figura 47 [Q.B.Met.(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

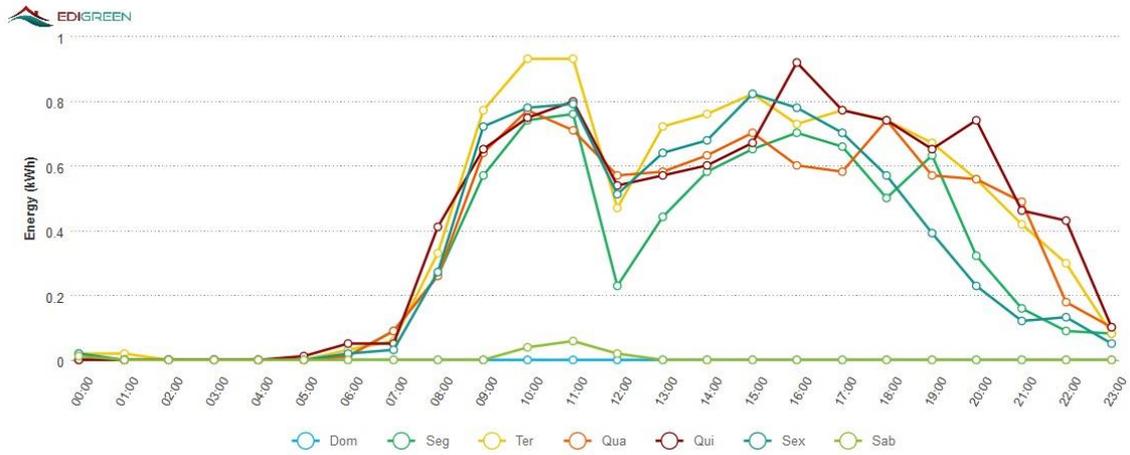


Figura 48 [Q.B.Met.(N) – Iluminação] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

4.1.2.17. Q.D.Coiz.(N) – Iluminação

Na Tabela 36 reúnem-se todas as informações relativas à rede de iluminação associada ao quadro elétrico Q.D.Coiz.(N).

Tabela 36 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.D.Coiz.(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	E0.01	CANTINA/BUFETE	80	80	08h30 – 18h		8x1
X	S/REF	BAR/SELF SERVICE	80	54	08h30 – 18h		6x1
X	S/REF	COZINHA	80	58	08h30 – 18h		6x1
X	E0.01B	CORREDOR	80	58	08h30 – 18h		9x1
X	E0.01C	VESTIÁRIO/BALN.	28	58	08h30 – 18h		2x1
X	E0.01D	VESTIÁRIO/BALN.	2	58	08h30 – 18h		2x1
X	E0.01E	CÂMARAS FRIGOR.	49	58	08h30 – 18h		3x1
X	E0.03	POSTO SOCORRO	49	80	<i>Pouco recorrente</i>		2x1

Nesta secção, optou-se por analisar os dados de monitorização de uma perspetiva diferente. Na Figura 49 são visíveis os consumos médios horários correspondentes ao período de monitorização de 1 de maio de 2013 a 1 de maio de 2014. Verifica-se que a partir do dia 13 de novembro de 2013, e após um período em que não ocorreu o registo de qualquer valor de consumo energético (de 7 a 12 de novembro), há uma súbita mudança no andamento dos consumos elétricos. Por outras palavras, conseguem-se distinguir dois períodos distintos – período anterior a 7 de novembro e período posterior ao dia 12 de novembro de 2013. Se se refletir no primeiro espaço temporal – de 1 de maio a 7 de novembro de 2013 – verifica-se a existência de um padrão de consumo elétrico constante entre as 00h00 e as 24h00, todos os dias da semana, ao longo de todos os meses que constituem esse intervalo. Seria interessante obter uma justificação plausível para estas duas constatações. Presume-se que poderá ter ocorrido alguma atuação por parte da equipa de manutenção no sentido promover o desaparecimento desses consumos residuais (cujos valores se encontram entre 0 e 0,2 kWh), o que conduziria ao segundo espaço temporal identificado – de 13 de novembro de 2013 a 1 de maio de 2014. De notar que na primeira situação os valores de consumo energético se inserem numa grande gama de valores de consumo. Já no segundo caso os consumos elétricos rondam, na sua grande maioria, os 1,2 kWh.

Se esta observação que foi efetuada à componente da iluminação do quadro elétrico Q.D.Coiz.(N) for extrapolada para outros quadros elétricos que possuam eventualmente dois períodos distintos de valores registados, consegue-se arranjar mais uma justificação para as evoluções de consumo médio horário tão confusas e imprevisíveis que têm sido alvo de estudo.

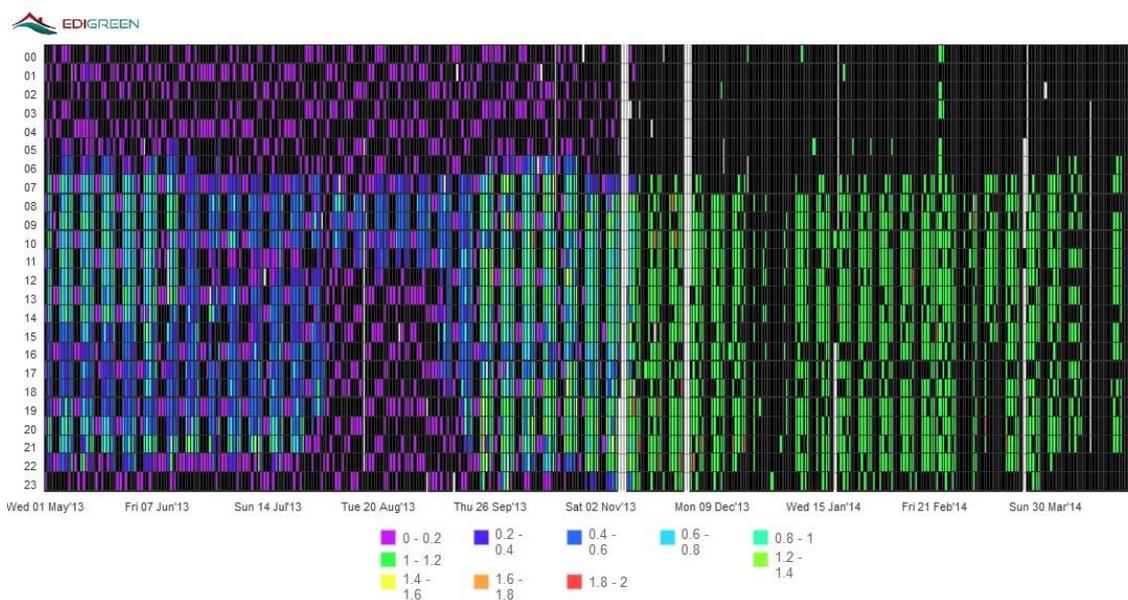


Figura 49 [Q.D.Coiz.(N) - Iluminação] Consumo elétrico de 1 de maio de 2013 a 1 de maio de 2014 [kWh].

4.1.2.18. Q.D.G.0(N) – Q.C.S.Pol.0(N)

O estudo do quadro elétrico Q.C.S.Pol.0(N) exige que se comece por referenciar os elementos associados ao seu esquema de funcionamento. Este quadro é responsável pela alimentação dos quadros elétricos Q.C.-1(N), Q.S.C.Pol.1(N), Q.C.Reg.S.Pol.(N) e de Q.C.Plat.Elev.(N). Devido ao facto de não se verificar a existência de qualquer dado resultante do processo de monitorização a que foi alvo o quadro elétrico Q.C.S.Pol.0(N), não se acha pertinente avançar com a descrição de qualquer um dos quadros elétricos mencionados.

4.1.2.19. Q.D.G.0(N) – Q.D.Coiz.(N)

Ao esquema do quadro elétrico Q.D.Coiz.(N) podem ser associadas as componentes de iluminação [já analisada na secção 4.1.2.17] e de alimentação de diversos equipamentos, tais como, o captador insetos, o carro banho-maria, a vitrine expositora refrigerada, o grelhador de prensa para tostas, a torradeira, termos de leite, equipamento de controlo (p.o.s.), armário frigorífico (temperatura negativa e positiva), máquina de lavar loiça, *hotte* de exaustão parietal em inox, bancada refrigerada, máquina de café, máquina de lavar copos, armário frigorífico com porta em vidro, elemento refrigerado, elemento banho-maria, máquina de cortar legumes, forno de convecção/cozedor, *hotte* de exaustão central inox, fritadeira elétrica com duas cubas, marmita de aquecimento interno e a alimentação de secador de mãos.

Na secção relativa à componente de iluminação do quadro elétrico em questão, concebeu-se uma análise baseada na visão global dos consumos elétricos fornecida pelo sistema de monitorização. Como facilmente se compreende, as conclusões retiradas afetam os resultados apresentados pelas Figuras 50 e 51. A diferença destas evoluções temporais apresentadas relativamente ao exposto na secção 4.1.2.17 é o facto dos consumos elétricos aqui exibidos

virem acrescidos dos consumos energéticos de todos os equipamentos mencionados (atendendo à sua potência e ao seu perfil de utilização).

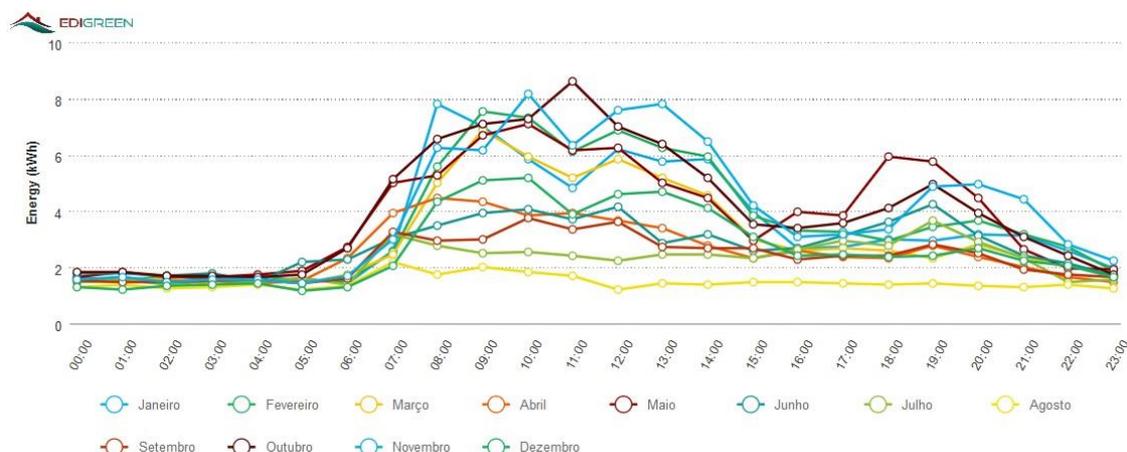


Figura 50 [Q.D.G.0(N) – Q.D.Coiz.(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

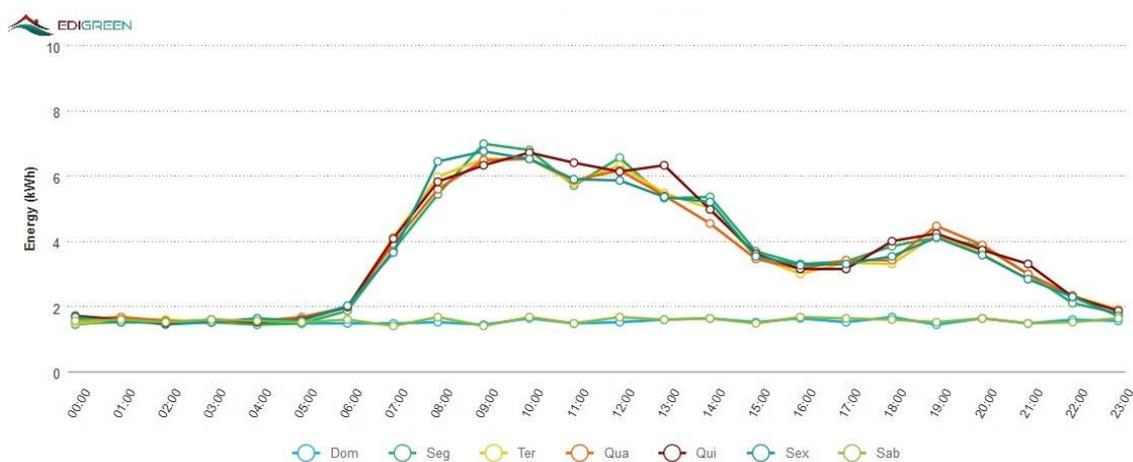


Figura 51 [Q.D.G.0(N) – Q.D.Coiz.(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

4.1.2.20. Q.D.G.0(N) – Q.D.Ext.(N), Q.D.2(N), Q.C.Z.T.0(N)

Nesta fase, faz-se uma análise do quadro Q.D.G.0(N) tendo em conta a monitorização contínua dos quadros elétricos Q.D.Ext.(N), Q.D.2(N) e Q.C.Z.T.0(N). Nas Tabelas 37 e 38 encontram-se listados os espaços que estão associados aos quadros elétricos mencionados.

Tabela 37 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.D.2(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	E1.01	GINÁSIO	54	54	08h30 – 18h		81x1
X	E1.04	ARRUMOS GINÁSIO	49	80	Pouco recorrente		2x1
X	E2.01	GAB.PROF.E.F.	49	58	08h30 – 18h		1x1

Tabela 38 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.C.Z.T.0(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	D0.6	CENTRAL AVAC	28	58	Pouco recorrente		7x1

Relativamente ao quadro elétrico Q.D.Ext.(N) existe pouca informação. O que se verifica é que, para além deste quadro não se encontrar representado nas telas finais, também não foi possível localizá-lo no complexo escolar nem associá-lo a uma quantidade precisa de luminárias. A intuição indica que este quadro se destina à iluminação exterior. Pela análise das Figuras 52 e 53, que pretendem representar o consumo elétrico associado aos três quadros no período de 1 a 31 de janeiro de 2014 e de 1 de maio a 1 de julho de 2013, confirma-se tal suspeita devido ao registo maioritário de valores de consumo energético em período de desocupação da escola.

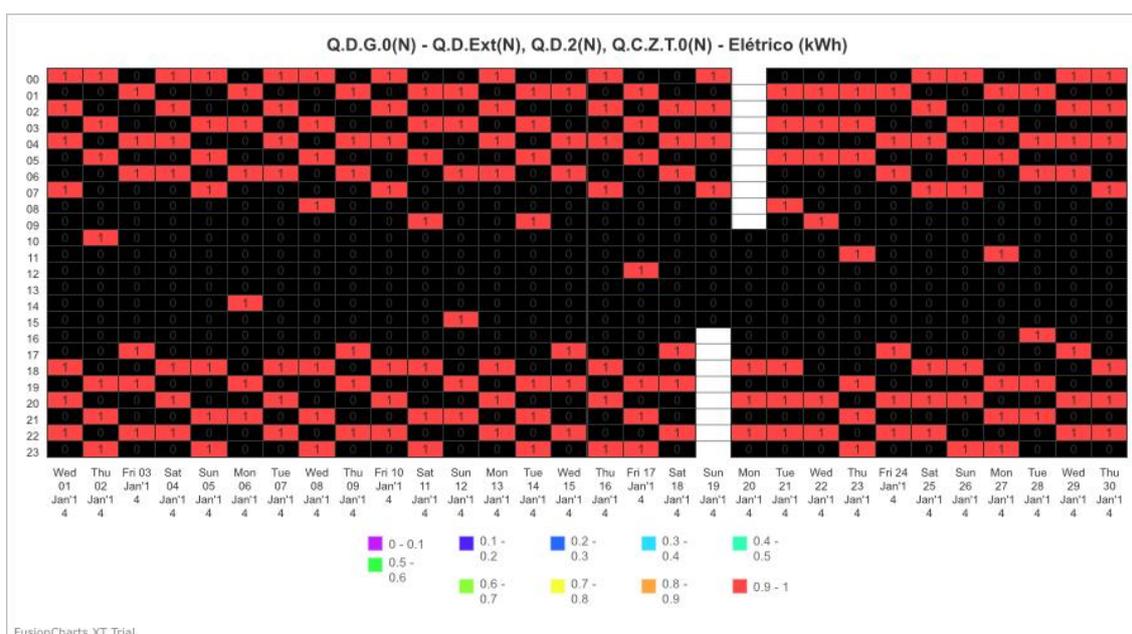


Figura 52 [Q.D.Ext.(N), Q.D.2(N), Q.C.Z.T.0(N)] consumo elétrico de 1 de janeiro a 31 de janeiro de 2014.

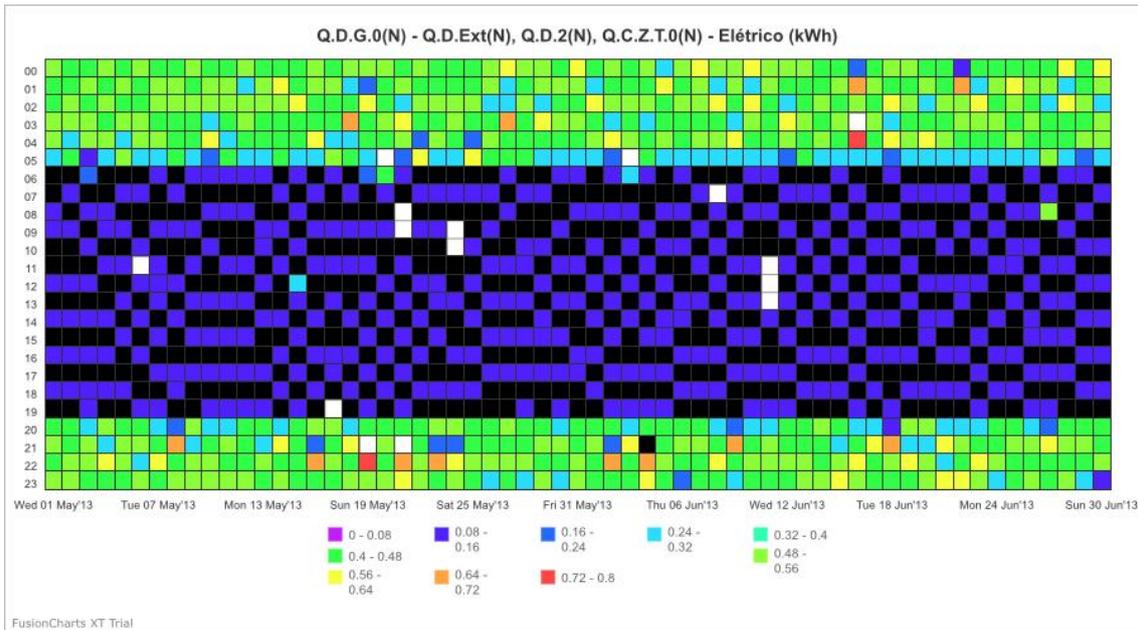


Figura 53 [Q.D.Ext.(N), Q.D.2(N), Q.C.Z.T.0(N)] consumo elétrico de 1 de maio a 1 de julho de 2013.

As evoluções representadas abaixo (Figuras 54 e 55) são relativas aos consumos elétricos médios horários inerentes aos quadros elétricos Q.D.Ext.8(N), Q.D.2(N) e Q.C.Z.T.0(N).

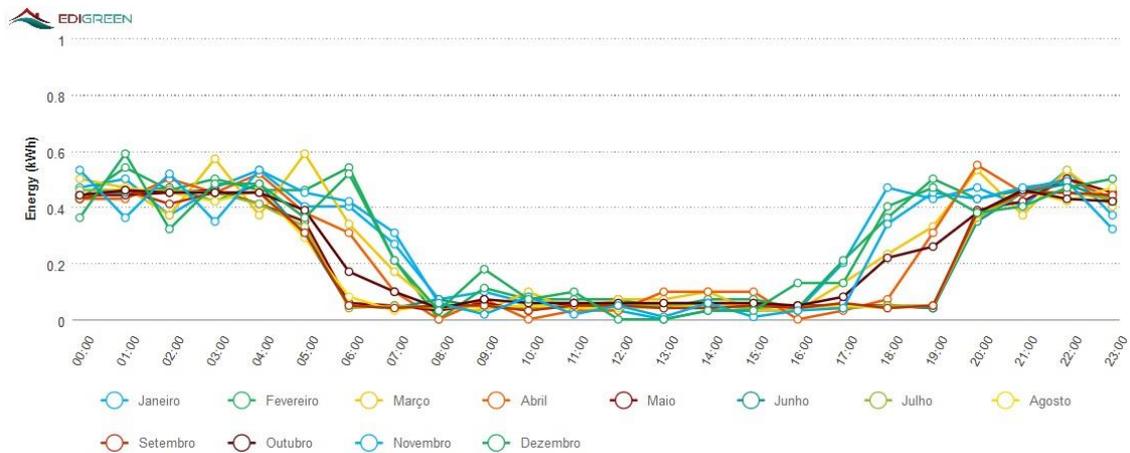


Figura 54 [Q.D.G.0(N) – Q.D.Ext.(N), Q.D.2(N), Q.C.Z.T.0(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

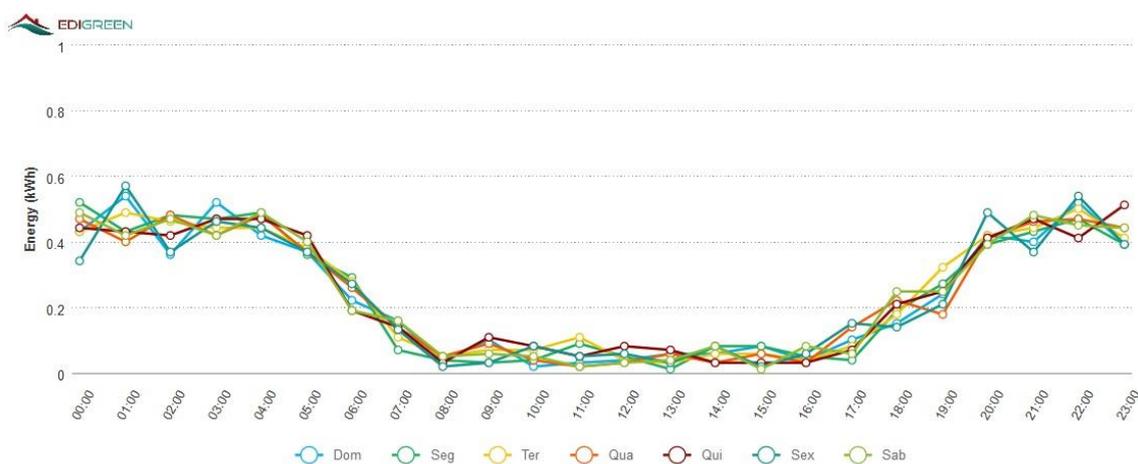


Figura 55 [Q.D.G.0(N) – Q.D.Ext.(N), Q.D.2(N), Q.C.Z.T.0(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

4.1.2.21. Q.D.G.0(N) – Q.E.A.C.0.2(N)

Do esquema do quadro elétrico Q.D.G.0(N) surge o quadro Q.E.A.C.0.2(N). O seu exame inicia-se pela listagem dos equipamentos mecânicos que a si se encontram ligados (atente a Tabela 39). Do conjunto de ventiladores referenciados apenas um não se encontra sob a alçada da GTC.

Tabela 39 Esquema do quadro elétrico Q.E.A.C.0.2(N)

GTC?	REF.	HORÁRIO		TIPO	QUANT.
		ON	OFF		
✓	UTA – REFEITÓRIO	08h00 às 10h30 11h45 às 14h30 17h00 às 18h00		SEG. A SEXTA	1
✓	V.I. – UTA – REFEITÓRIO	08h00 às 10h30 11h45 às 14h30 17h00 às 18h00		SEG. A SEXTA	1
X	V.E. D2.2		Desconhecido	Desconhecido	1
✓	V.I. D0.1		SEM HORÁRIO		1
✓	V.E. D2.1a		ON AUTO	SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. D2.1b		07h00 às 18h00	SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. D2.3		07h00 às 18h00	SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. D2.4		07h00 às 18h00	SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. D2.5		07h00 às 18h00	SEG. A SEXTA	1

Não fugindo à regra, apresentam-se os esquemas ilustrativos das evoluções comparativas dos consumos elétricos médios horários inerentes ao quadro elétrico Q.E.A.C.0.2(N). Desta forma, na Figura 56 apresenta-se a evolução mensal e, na Figura 57, o andamento diário. Poder-se-ia desenvolver uma crítica sustentada nos valores registados, todavia, uma breve observação das evoluções permite perceber desde logo que ocorrem incompatibilidades entre os picos de

consumo que se verificam e os horários de funcionamento averiguados, já para nem mencionar os habituais consumos elétricos que ocorrem no período de desocupação do complexo escolar. Assim sendo, qualquer análise mais detalhada poder-se-ia revelar futuramente desnecessária face à acumulação de erros que se tem vindo a apurar.

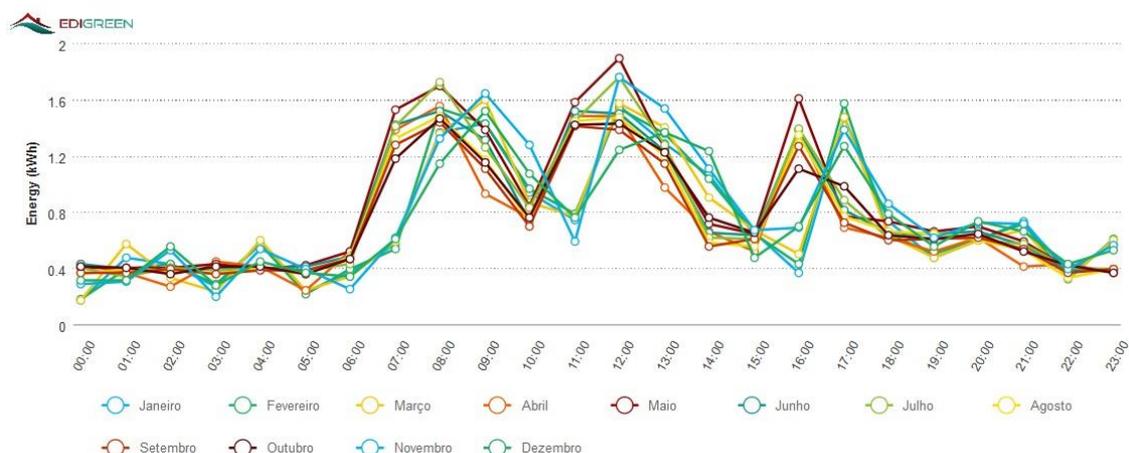


Figura 56 [Q.D.G.0(N) – Q.E.A.C.0.2(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

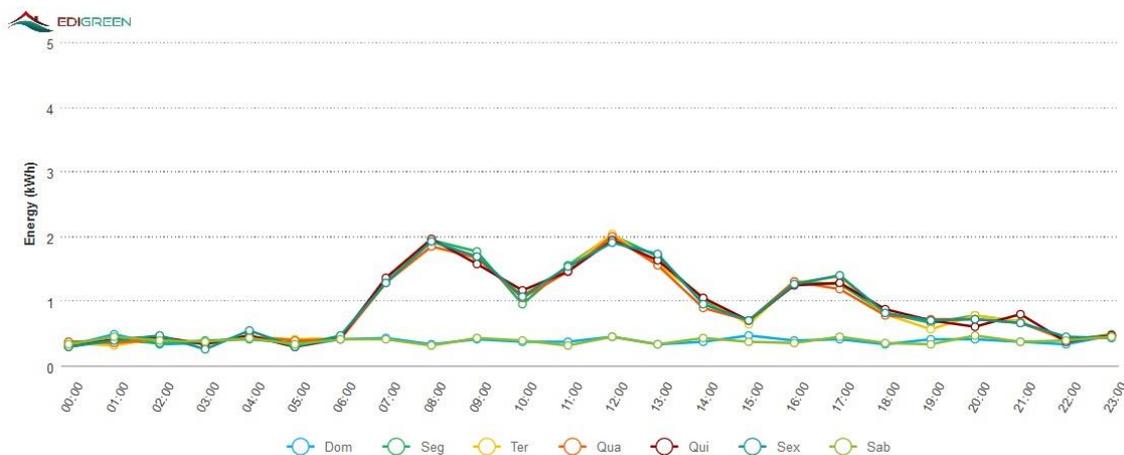


Figura 57 [Q.D.G.0(N) – Q.E.A.C.0.2(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

4.1.2.22. Q.E.A.C.2.1 – Geral (AVAC)

Nesta secção pretende-se a observação do quadro elétrico Q.E.A.C.2.1(N). Na Tabela 40, apresenta-se o já habitual inventário dos equipamentos mecânicos associados ao esquema do quadro em questão. Nesta situação, todos eles são alvo de controlo por parte do sistema de gestão centralizado instalado na escola.

Tabela 40 Esquema do quadro elétrico Q.E.A.C.2.1(N)

GTC?	REF.	POTÊNCIA NOMINAL [kW]	HORÁRIO		TIPO	QUANT.
			ON	OFF		
✓	VE BC.1	0,75	07h00 às 23h00		SEG. A SEXTA	1
✓	VE BC.2	0,75	07h00 às 18h00		SEG. A SEXTA	1
✓	VE BC.3	0,75	07h00 às 23h00		SEG. A SEXTA	1
✓	VE BC.4	0,75	07h00 às 18h00		SEG. A SEXTA	1
✓	VE BC.5	0,75	07h00 às 18h00		SEG. A SEXTA	1
✓	VE BC.6	0,75	07h00 às 18h00		SEG. A SEXTA	1
✓	VE BC.7	0,75	07h00 às 18h00		SEG. A SEXTA	1
✓	VE BC.8	0,75	07h00 às 18h00		SEG. A SEXTA	1
✓	VE BC.9	0,75	07h00 às 18h00		SEG. A SEXTA	1
✓	VE BC.10	0,75	07h00 às 18h00		SEG. A SEXTA	1
✓	VE BC.11	0,75	07h00 às 18h00		SEG. A SEXTA	1
✓	VE BC.12	0,75	07h00 às 18h00		SEG. A SEXTA	1
✓	VE BC.13	0,75	07h00 às 18h00		SEG. A SEXTA	1
✓	VE BC.14	0,75	07h00 às 18h00		SEG. A SEXTA	1
✓	VE BC.15	0,75	07h00 às 18h00		SEG. A SEXTA	1
✓	VE BC.16	0,75	07h00 às 18h00		SEG. A SEXTA	1
✓	VE BC.17	0,75	07h00 às 18h00		SEG. A SEXTA	1
✓	VE BC.18	1,1	07h00 às 18h00		SEG. A SEXTA	1

Deve notar que só existem dados de monitorização associados a este quadro elétrico do período de 06 de junho a 27 de setembro de 2013. Para além desse detalhe, há um valor que se destaca na evolução representada na Figura 58, que deveria ter sido alvo de tratamento. Por tudo isto, optou-se por disponibilizar a evolução dos consumos elétricos através da Figura 59. Só assim se consegue uma visão geral da gama de valores que se encontram em jogo.

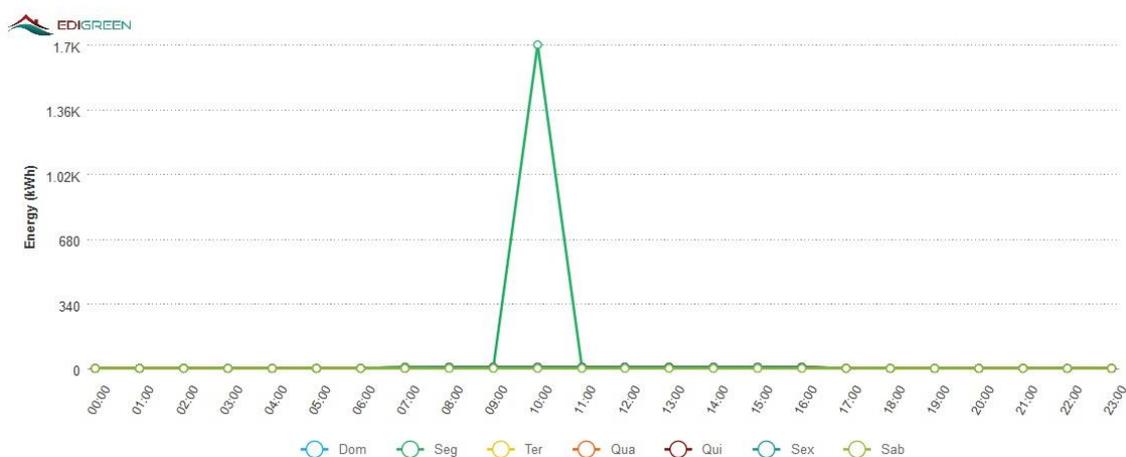


Figura 58 [Q.E.A.C.2.1. – Geral (AVAC)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 06 de junho a 22 de outubro de 2013 (análise diária)

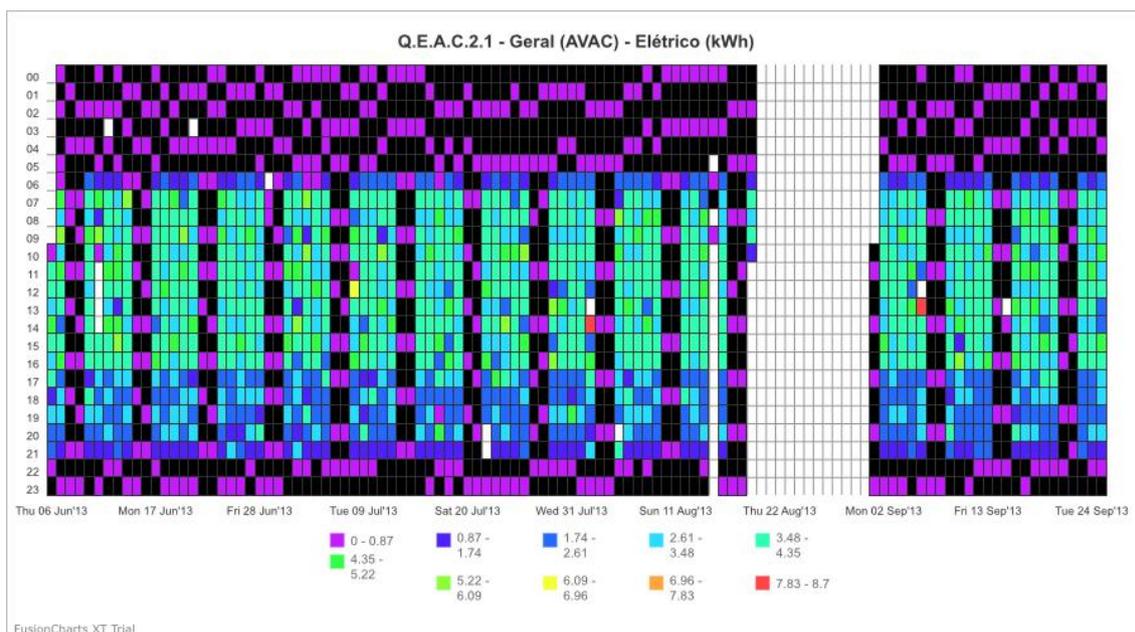


Figura 59 [Q.E.A.C.2.1(N)] consumo elétrico AVAC (kWh) de 06 de junho a 27 de setembro de 2013.

4.1.2.23. Q.E.A.C.3.1(N) e Q.E.A.C.3.2.(N)

O estudo dos quadros elétricos Q.E.A.C.3.1(N) e Q.E.A.C.3.2(N) já foi concretizado na secção 4.1.2.6. Todavia, há algumas observações que devem ser referenciadas por forma a que contribuam para o alicerçar de conclusões finais.

Pede-se ao leitor que atente a Figuras 60. Esta pretende demonstrar a evolução temporal do consumo elétrico que decorre em todo o período de monitorização (de 1 de maio de 2013 a 1 de maio de 2014). O que se conclui é que há inúmeros períodos em que não se verifica o registo de qualquer valor de consumo associado a estes dois quadros elétricos. Esta constatação é muito relevante para que não se tirem conclusões precipitadas da observação dos gráficos representativos das evoluções de consumo elétrico médio horário, seja este diário ou mensal. Como é lógico, esta evidência prejudica todas as conclusões que possam advir da análise de quadros elétricos que possuam no seu esquema a alimentação dos quadros Q.E.A.C.3.1(N) e Q.E.A.C.3.2(N). Ou seja, num primeiro nível afetam as evoluções energéticas do quadro elétrico Q.A.G.3(N) (piso 3), numa segunda fase as evoluções relativas a Q.A.G.0(N) (piso 0) e, por fim, o quadro elétrico Q.G.B.T.(N) (piso -1).

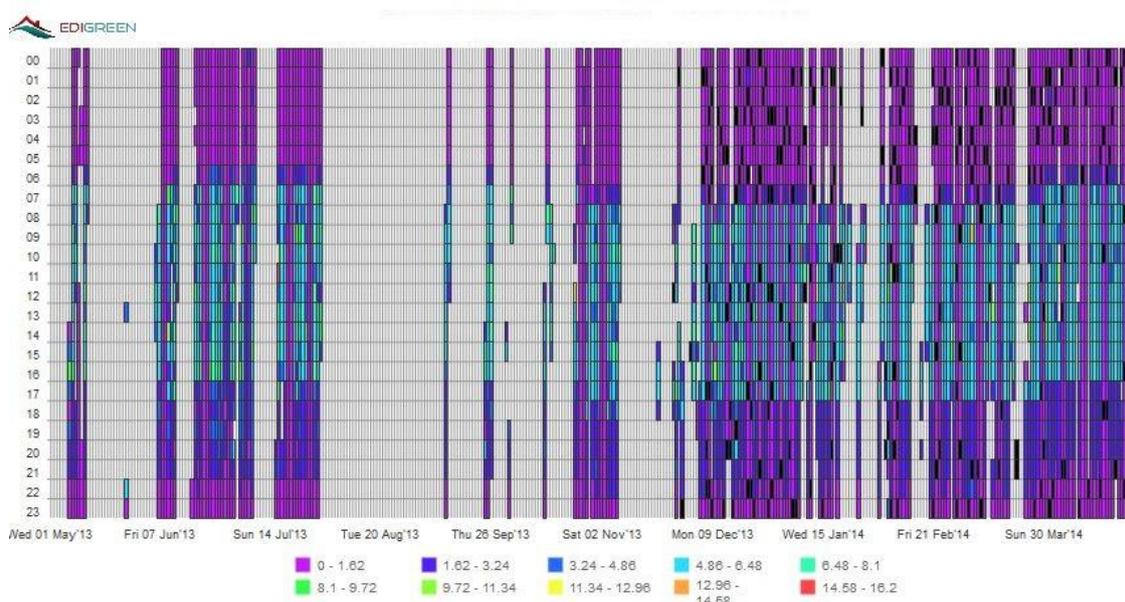


Figura 60 [Q.E.A.C.3.1(N) e Q.E.A.C.3.2(N)] Consumo elétrico de 1 de maio de 2013 a 1 de maio de 2014 [kWh].

4.1.2.24. Q.G.B.T.(N) – Geral

Inicie-se a análise do quadro elétrico Q.G.B.T.(N) pela definição do seu esquema:

- Alimentação do quadro elétrico Q.A.EL.(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.A.-1(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.A.G.0(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.B.G.0(N) [secção 4.1.2.25];
- Alimentação do quadro elétrico Q.E.C.T.(N) [secção 4.1.2.27];
- Alimentação do quadro elétrico Q.D.G.0(N) [secção 4.1.2.26];
- Alimentação dos quadros elétricos Q.C.G.E/Q.G.B.T.(E).

Definidos e escortinados praticamente todos os quadros elétricos que foram monitorizados, sabe-se à partida que, após se terem detetado tantos defeitos e incoerências, os valores de consumo elétrico relativos à monitorização do quadro geral Q.G.B.T.(N) não são de todo válidos. Nesta secção apresentam-se as Figuras 61 e 62 que exibem as evoluções dos consumos elétricos médios horários (mensais e diários). À semelhança de outras duas situações expostas no presente relatório, também neste caso se exigia um tratamento dos dados por aplicação do Critério de *Chauvenet*, permitindo corrigir os valores que extrapolam claramente as tendências dominantes verificadas. Porém, não foi possível efetuar tal ajuste atempadamente.

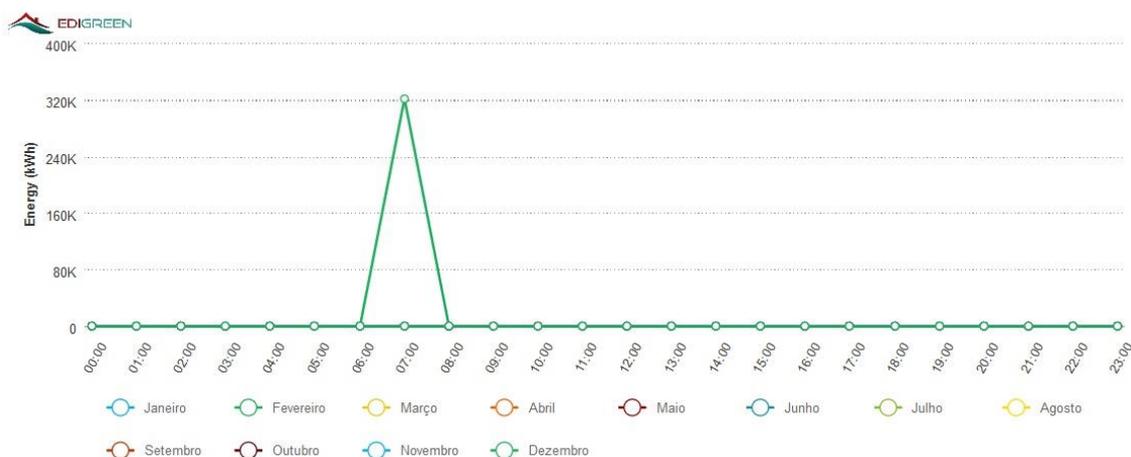


Figura 61 [Q.G.B.T.(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

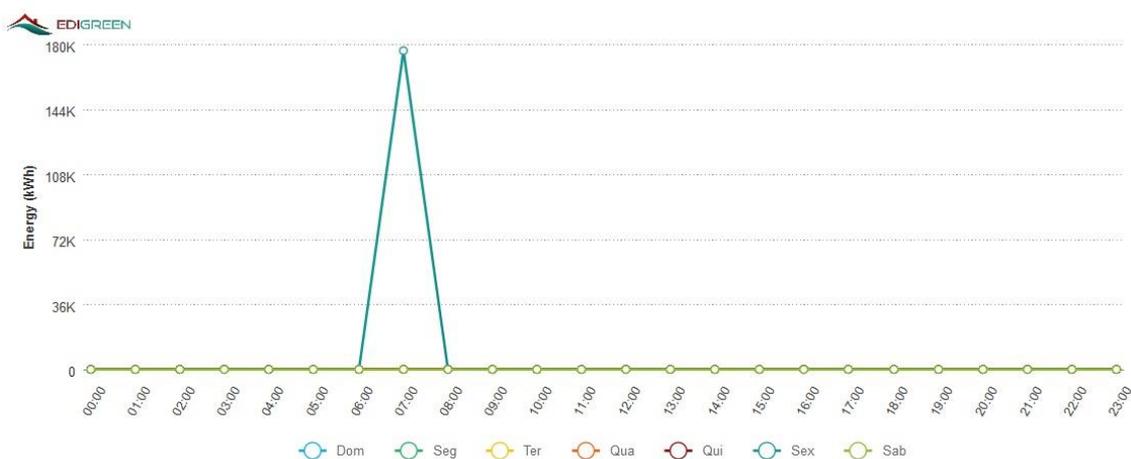


Figura 62 [Q.G.B.T.(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

4.1.2.25. Q.G.B.T.(N) – Q.B.G.0(N)

O estudo do quadro elétrico Q.G.B.0.(N) revela-se um dos mais complexos até agora apresentados devido ao seu posicionamento na rede de alimentação do complexo escolar. Ao abrigo deste quadro encontram-se:

- Iluminação;
- Alimentação do quadro elétrico Q.B.Grav.(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.B.Mad.(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.B.Ser.(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.B.Fotom.(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.B.Off (N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.B.Met.(N) [Secção 4.1.2.15 e 4.1.2.16];
- Alimentação do quadro elétrico Q.B.C.V.(N);

- Alimentação do quadro elétrico Q.B.Bib.0(N) [Secção 4.1.2.10];
- Alimentação do quadro elétrico Q.E.A.C.1.1(N) [Secção 4.1.2.12];
- Alimentação do quadro elétrico Q.B.G.1(N) [Secção 4.12.13];
- Alimentação do quadro elétrico Q.B.G.2(N).

Inicie-se a análise geral do quadro Q.G.B.0(N) pela descrição do consumo relativo à iluminação precedente deste (Tabela 41).

Tabela 41 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.G.0.(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	S/REF.	CIRCULAÇÃO	80	80	08h00 às 23h30		21x1
X		-	80	54	-		1x1
X		-	80	80	-		4x1
X		-	80	54	-		1x1
X		-	80	28	-		1x1

O quadro elétrico Q.B.Grav.(N) é responsável pela iluminação do espaço assinalado na Tabela 42 e pela alimentação de UV CB0.5 (cujos equipamentos mecânicos não são alvo de controlo por parte da GTC).

Tabela 42 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Grav.(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	B0.02D	COMP.TIPOGRAFICA	80	80	08h30 às 18h00		3x4

O quadro elétrico Q.B.Mad.(N) é responsável pela iluminação do espaço assinalado na Tabela 43; pela alimentação do torno horizontal, do tico-tico, da máquina universal, serra de esquadris, serra de fita, esmeril elétrico, torno copiador horizontal, furador de coluna vertical, limador de serras, multifurador e do afiador de lâminas; e pela alimentação de UV CB0.9 (não é alvo de controlo da GTC) e VE B0.2 (cujo horário de funcionamento se localiza entre as 18h30 e as 18h45, de segunda a sexta-feira, de acordo com a GTC).

Tabela 43 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Mad.(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	B0.03	MADEIRA	80	80	<i>De acordo com o período de aulas</i>		1x1
X		-	80	80	-		4x1
X		-	80	80	-		3x5
X	B0.03A	ARRECADAÇÃO	49	58	<i>Pouco recorrente</i>		4x1

O quadro elétrico Q.B.Ser.(N), para além de ser responsável pela iluminação do espaço assinalado na Tabela 44, é ainda associado à alimentação da lavadora automática, do tanque de revelações e de lavagem, dos cavaletes de serigrafia, prensa para serigrafia, da mesa de luz, da unidade de comando da fonte de luz, da estufa de secagem; e, por fim, da alimentação de UV CB1.5 (não é controlado pela GTC) e de VE B1.6 (cujo horário de funcionamento se localiza entre as 18h30 e as 18h45, de segunda a sexta-feira, de acordo com a GTC).

Tabela 44 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Ser.(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	B0.02B	SERIGRAFIA	80	80	<i>08h30 às 18h00</i>		2x1
X		-	80	80	-		1x1

O quadro elétrico Q.B.Fotom.(N), para além de ser responsável pela iluminação dos espaços assinalados na Tabela 45, tem ainda no seu esquema a alimentação da máquina fotográfica vertical, da máquina de revelar, mesa de luz, da prensa de contacto, da prensa e do amplificador; e ainda a alimentação de UV CB0.6 (não sendo este alvo de controlo da GTC).

Tabela 45 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Fotom.(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	B0.02A	FOTOMECÂNICA	80	58	<i>De acordo com o período de aulas</i>		1x1
X		-	80	80	-		2x3
X		-	80	80	-		2X2

Na Tabela 46, está patente o espaço cuja iluminação está a cargo do quadro elétrico Q.B.OFF.(N). De igual forma, o esquema deste quadro tem a si associado a alimentação da mesa de luz contraluz, da minerva semiautomática, minerva Heidelberg, da máquina tipográfica plana, da máquina *offset* + molha e da guilhotina. Adiciona-se a alimentação de UV CB1.4 (não aparece na GTC) e de V.E. B1.5 (cujo horário de funcionamento se localiza entre as 18h30 e as 18h45, de segunda a sexta-feira, de acordo com a GTC).

Tabela 46 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.OFF.(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	B0.02C	OFFSET	80	80	De acordo com o período de aulas		4x1

Surge agora a apresentação do quadro elétrico Q.B.C.V.(N). Como tem vindo a ser habitual, começa-se por fazer referência aos espaços cuja iluminação se encontra associada a este quadro (Tabela 47). Todavia, este quadro elétrico também se encontra ligado à alimentação dos equipamentos mecânicos correspondentes a VC1, VC2, VC3, VC4 e a UV CB0.7 (nenhum dos quais controlado pela GTC). Regista-se ainda a alimentação do quadro elétrico Q.B.Reg.Fot.(N) e de Q.B.Reg.Vid.(N).

Tabela 47 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.C.V.(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	B0.01C1	ARRUMOS	49	58	Pouco recorrente		1x1
X	B0.02	GRÁFICAS	49	80	De acordo com o período de aulas		1x1
X	B0.01A	ILHA PÓS-PROD.	49	49	De acordo com o período de aulas		6x1
X		-	49	54	-		1x1
X	B0.01A4	ILHA PÓS-PROD.	49	49	De acordo com o período de aulas		1x1
X	B0.01A3	ILHA PÓS-PROD.	49	49	De acordo com o período de aulas		1x1
X	B0.01A1	ILHA PÓS-PROD.	49	49	De acordo com o período de aulas		1x1
X	B0.01A2	ILHA PÓS-PROD.	49	49	De acordo com o período de aulas		1x1
X	B0.01F	REGIE	49	49	De acordo com o período de aulas		2x1
X	B0.01D	ESTÚDIO PEQ.	80	58	De acordo com o período de aulas		4x1
X	B0.01	CINEMA E VÍDEO	80	80	De acordo com o período de aulas		4x1
X		-	49	13	-		8x1
X	S/REF.	CASA MÁQUINAS	49	58	Pouco recorrente		1x1

No que diz respeito ao quadro elétrico Q.B.Reg.Fot.(N), do seu esquema destaca-se a alimentação a UC B0.1 (sem controlo por parte da GTC).

Ao quadro Q.B.Reg.Vid.(N) associam-se a componente de iluminação descrita na Tabela 48, a alimentação de VC 2 e de VE B1.7. Apenas este último se encontra sobre alçada da GTC (horário de funcionamento das 18h30 às 18h45, de segunda a sexta-feira).

Tabela 48 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Reg.Vid.(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	B1.00A	REGIE	49	49	De acordo com o período de aulas		6x1
X	B1.00C	CASA MÁQUINAS	28	54	Pouco recorrente		1x1
X	B1.00D	ILHA	49	35	08h30 às 18h00		1x1

Por último, faça-se a análise do quadro elétrico Q.B.G.2(N). Desta forma, encontram-se representados na Tabela 49 os espaços cuja iluminação está relacionada com este quadro. Informa-se ainda que este quadro elétrico está responsável pela alimentação de VC2 (sem qualquer tipo de controlo por parte da GTC), de urinóis, de secadores de mãos e dos quadros elétricos Q.B.Text.(N), Q.B.RPE(N), Q.Mult.(N), Q.E.A.C.2.1(N) e Q.Elevador.

Tabela 49 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.G.2(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	B2.06	DESIGN PRODUTO	49	49	De acordo com o período de aulas		20x1
X	B2.03	ZONA IMPRESSÃO	49	54	De acordo com o período de aulas		3x1
X	B2.01	PROF. E TECNOL.	49	49	De acordo com o período de aulas		15x1
X	B2.11	SALA DES.CAVALETES	49	49	De acordo com o período de aulas		9x1
X	B2.07	SALA PROJETO	49	49	De acordo com o período de aulas		15x1
X	B2.05	SALA PROJETO	49	49	De acordo com o período de aulas		15x1
X	B2.04	SALA PROJETO	49	49	De acordo com o período de aulas		20x1
X	B2.09 ^a	I.S.FEMININO	28	28	De acordo com o período de aulas		10x1
X	B2.09B	I.S.DEFICIENTES	28	28	De acordo com o período de aulas		7x1
X	B2.09C	I.S.MASCULINO	28	28	De acordo com o período de aulas		1x1

Do quadro Q.B.Text fazem parte a alimentação da máquina de sensibilizar quadros, do fogão e de UV CB2.1 (também este não se encontra controlado pela GTC). A iluminação inerente a este quadro está patente na Tabela 50.

Tabela 50 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Text.(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	B2.12	TECELAGEM	80	80	De acordo com o período de aulas		4x2
X	B2.10	TAPEÇARIA	80	80	De acordo com o período de aulas		4x2
X	B2.14 ^a	ESTAMPARIA	80	80	De acordo com o período de aulas		3x5
X	B2.14	TINTURARIA	80	80	De acordo com o período de aulas		2x3
X	B2.14B	CÂMARA GRAVAÇÃO	80	80	De acordo com o período de aulas		1x1
X	B2.14C	CÂMARA REVELAÇÃO	49	49	De acordo com o período de aulas		3x1

O quadro Q.B.RPE(N) particulariza-se essencialmente pela iluminação. Atente-se a Tabela 51 onde se encontram listados os espaços que a este quadro estão inerentes.

Tabela 51 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.RPE(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	B2.08 ^a	FIGURINOS E CONF.	80	80	De acordo com o período de aulas		2x3
X	B2.08	RPE	80	80	De acordo com o período de aulas		1x1
X		-	80	80	-		3x5

À semelhança do quadro elétrico anterior, também o esquema de Q.B.Mult.(N) é em grande parte dedicado à iluminação (tal informação está desenvolvida na Tabela 52). Contudo, acrescenta-se ainda a alimentação de VC 2, que não se encontra no sistema de gestão centralizada.

Tabela 52 Análise ao consumo energético de iluminação do quadro elétrico Q.B.Mult.(N)

GTC?	REF.	DESIGNAÇÃO	POTÊNCIA NOMINAL INSTALADA [W]	POTÊNCIA NOMINAL PROJETO [W]	HORÁRIO		QUANT.
					ON	OFF	
X	B2.02 ^a	MODEL. E ANIM.3D	49	49	De acordo com o período de aulas		9x1
X	B2.02B	SALA MULTIMÉDIA	49	49	De acordo com o período de aulas		9x1
X	B2.02C	SALA MULTIMÉDIA	49	49	De acordo com o período de aulas		9x1
X	B2.02D	FOTOGRAFIA	49	49	De acordo com o período de aulas		9x1
X	B2.02E	SALA MULTIMÉDIA	49	49	De acordo com o período de aulas		9x1
X	B2.02F	ARRUMOS	58	58	De acordo com o período de aulas		2x1

Apresentam-se nas Figuras 63 e 64 as evoluções comparativas dos consumos elétricos médios horários mensais e diários, respetivamente.

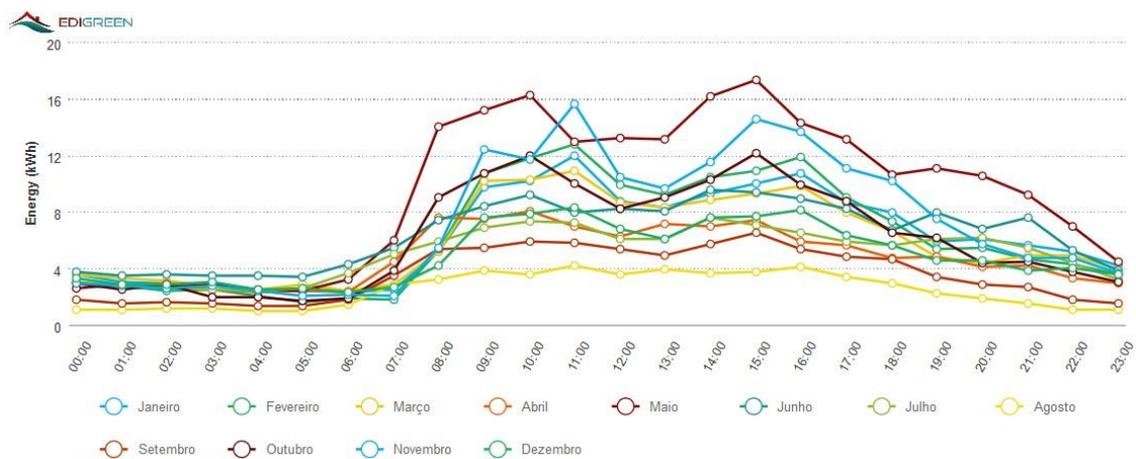


Figura 63 [Q.G.B.T.(N) – Q.B.G.0(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

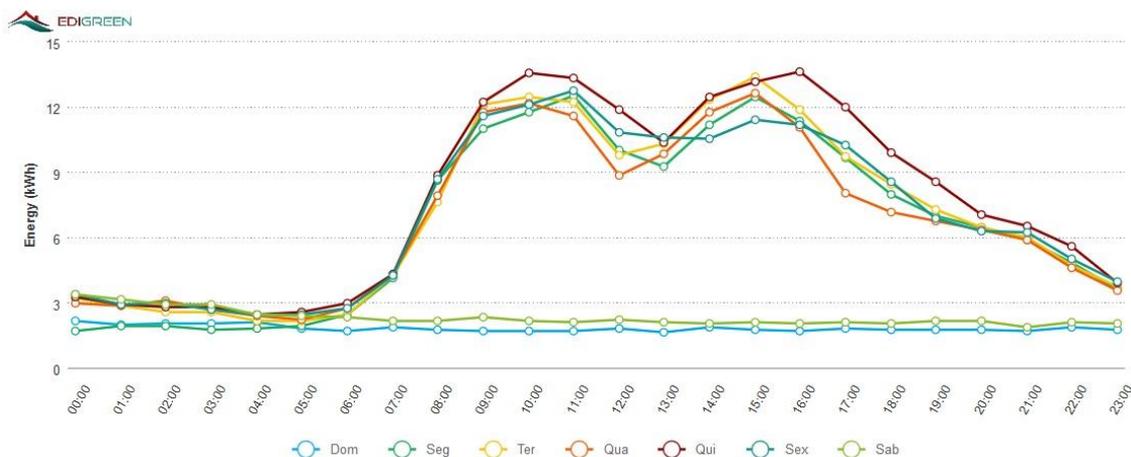


Figura 64 [Q.G.B.T.(N) – Q.B.G.0(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

4.1.2.26. Q.G.B.T.(N) – Q.D.G.0(N)

Ao abrigo do quadro elétrico Q.D.G.0(N) encontram-se:

- Alimentação de secadores de mãos (WC) e de urinóis (WC);
- Alimentação do quadro elétrico Q.C.S.Pol.0(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.C.Z.T.0(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.D.EL.(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.D.Ext.(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.D.Coz.(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.E.A.C.0.2(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.D.1(N);
- Alimentação do quadro elétrico Q.D.2(N).

Apresentam-se nas Figuras 65 e 66 as evoluções comparativas dos consumos elétricos médios horários mensais e diários, respetivamente. Devido a tudo o que já foi mencionado até este ponto, não se vai proceder à descrição exaustiva das referidas evoluções.

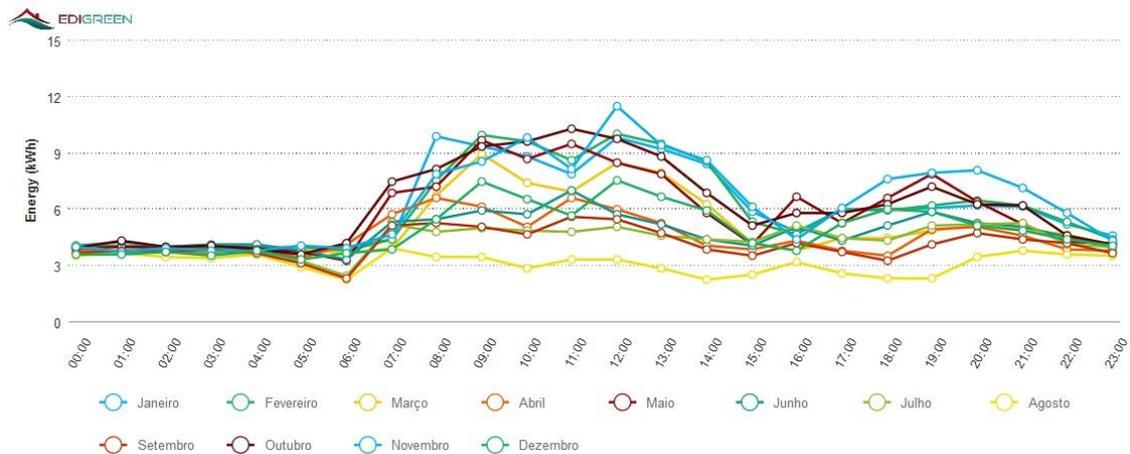


Figura 65 [Q.G.B.T.(N) – Q.D.G.0(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

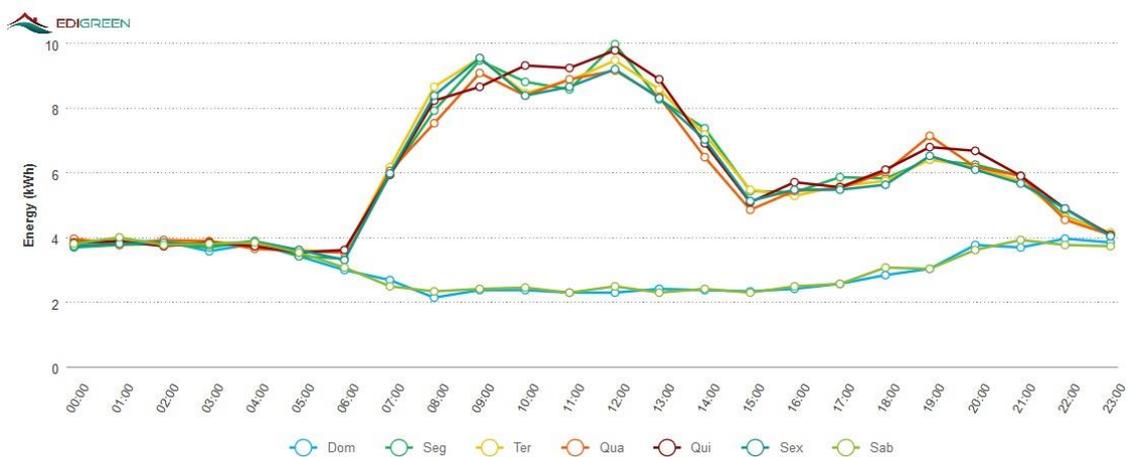


Figura 66 [Q.G.B.T.(N) – Q.D.G.0(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

4.1.2.27. Quadro elétrico Q.G.B.T.(N) – Q.E.C.T.(N)

Já foi anteriormente evocada a relevância do quadro Q.E.C.T.(N) por este aglomerar equipamentos de grande impacto no consumo energético da escola. Equipamentos esses associados à central de frio (*chiller*; bombas do circuito primário e de distribuição de água fria), à central de quente (grupos caldeira/queimador; bombas do circuito primário e de distribuição de água quente; bombas de distribuição de AQS) sem esquecer de se contabilizar ventiladores de extração e de insuflação relacionados com o sistema AVAC (atente a Tabela 53).

Nesta altura é muito importante lembrar que não há qualquer informação relativa ao horário de funcionamento dos equipamentos associados à central de quente devido a um problema de *software* já explicitado. Nem mesmo em conversa com o técnico responsável pela manutenção do complexo escolar se tornou possível esclarecer este período de funcionamento.

Alerta-se ainda a atenção para a discrepância constante de designação atribuída aos equipamentos, tendo em comparação os termos da GTC e as designações atribuídas localmente.

Tabela 53 Especificações relativas ao quadro elétrico Q.E.C.T.(N) – geral

GTC?	REF.	POTÊNCIA NOMINAL [KW]	HORÁRIO		TIPO	QUANT.
			ON	OFF		
✓	B.A.Q.S.1	4		X		1
✓	B.A.Q.S.	1,5		X		1
✓	B.A.Q.S.2	4		X		1
X	BR.A.Q.S1			-		1
X	BR.A.Q.S2	4		-		1
X	BR.A.Q.S3	4		-		1
✓	V.E. C2.1	0,75	08h00 às 20h00		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. C0.1	0,75	08h30 às 18h00		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. C1.1	0,75	ON AUTO		SEG. A SEXTA	1
✓	V.I. – UTA – Poliv.	2,2	SEMPRE LIGADO		SEG. A SEXTA	1
✓	V.E. – UTA – Poliv.	1,1	SEMPRE LIGADO		SEG. A SEXTA	1
✓	V.I. C2.1	2,2	08h00 às 20h00		SEG. A SEXTA	1
X	B.Q.S.2			X		1
✓	Chiller	99	08h55 às 16h39		SEG. A SEXTA	1
✓	B.P.F.1	4	08h55 às 16h39		SEG. A SEXTA	1
✓	B.P.F.2	4	08h55 às 16h39		SEG. A SEXTA	1
✓	Dissipador calor solar			X		1
✓	B.D.F.1	3	08h55 às 16h39		SEG. A SEXTA	1
✓	B.D.F.2	3	08h55 às 16h39		SEG. A SEXTA	1
✓	B.D.F.3	1,1	08h55 às 16h39		SEG. A SEXTA	1
✓	B.D.F.4	0,75	08h55 às 16h39		SEG. A SEXTA	1
✓	Caldeira 1	400 (gás)		X		1
✓	Caldeira 2	400 (gás)		X		1
✓	B.P.Q.1	1,5		X		1
✓	B.P.Q.2	1,5		X		1
✓	B.P.Q.3	1,5		X		1
✓	B.D.Q.1/ B.A.Q.1	3		X		1
✓	B.D.Q.2/ B.A.Q.2	3		X		1
✓	B.D.Q.3/ B.A.Q.3	1,1		X		1
✓	B.D.Q.4/ B.A.Q.4	0,75		X		1

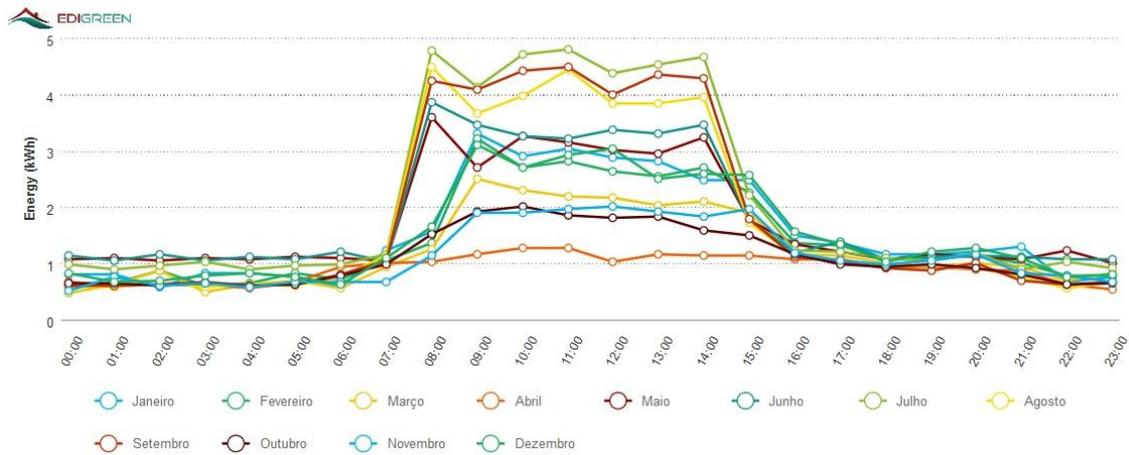


Figura 67 [Q.G.B.T.(N) – Q.E.C.T.(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

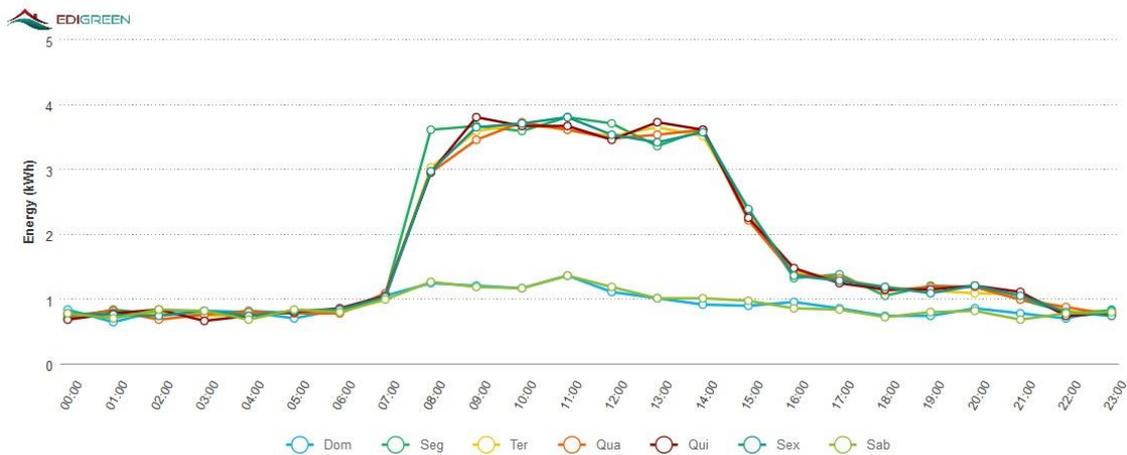


Figura 68 [Q.G.B.T.(N) – Q.E.C.T.(N)] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

Registaram-se tantas falhas ao longo de toda a análise de dados no presente capítulo que se questionam as evoluções assinaladas pelas Figuras 67 e 68 assim como a grandeza dos valores indicados. Atendendo à relevância do quadro elétrico Q.E.C.T.(N), convém que se tente ir para além das evoluções presentes nessas figuras. Desta forma, e à semelhança da análise realizada para o quadro elétrico Q.D.Co.z.(N) (secção 4.1.2.17) também nesta situação se achou por bem recorrer a uma imagem que fosse capaz de transmitir ao leitor uma ideia do panorama global definido pelo consumo elétrico no período de 1 de maio de 2013 a 1 de maio de 2014. Surge assim a Figura 69. Curiosamente, é possível identificar igualmente dois períodos distintos. Espaços temporais esses separados por um período em que não ocorreu qualquer registo de consumo elétrico.

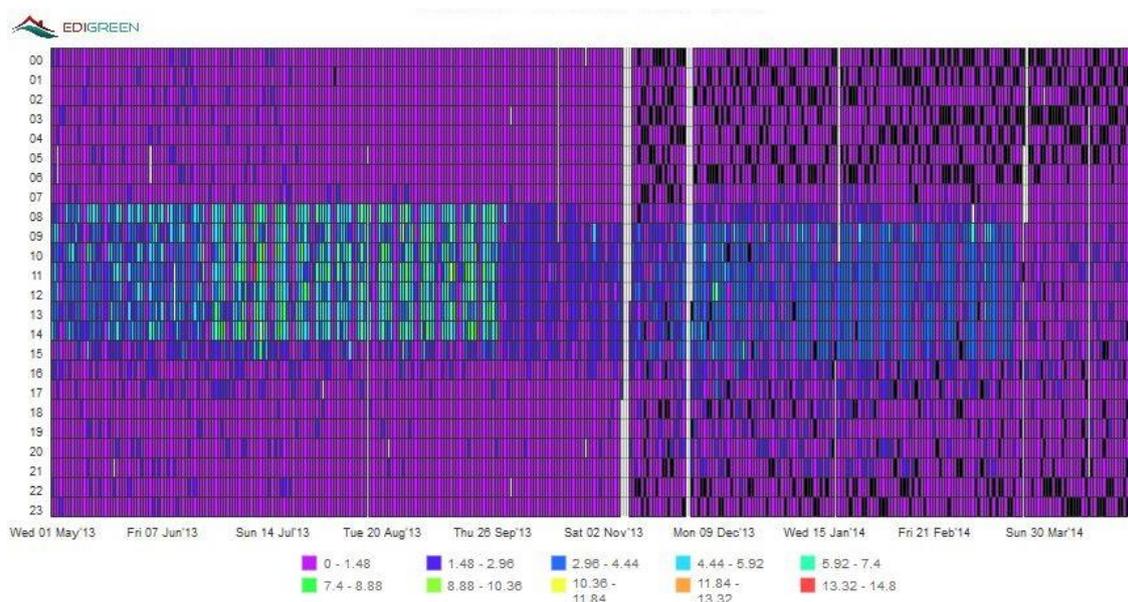


Figura 69 [Q.G.B.T.(N) – Q.E.C.T.(N)] Consumo elétrico de 1 de maio de 2013 a 1 de maio de 2014 [kWh].

4.2. Indicadores de performance energética do edifício

Nesta secção pretende-se fazer uma projeção dos indicadores de performance energética (KPI's) do edifício. Idealmente, era expectável que se determinassem diversos indicadores consoante o tipo de consumidor energético. Ou seja, eram desejáveis valores que indicassem não só o consumo energético anual por unidade de área do edifício [Wh/m²] como também que se conseguisse determinar qual o consumo elétrico horário por aluno [Wh/aluno], qual o consumo elétrico anual associado à iluminação por unidade de área [Wh/m².ano] ou até mesmo o consumo elétrico anual relacionado com o sistema AVAC, com a produção de água fria, ou com a ventilação por unidade de área climatizada, entre outros. Outro indicador interessante seria o indicador de eficiência energética, expresso por ano em unidades de energia primária por metro quadrado de área interior útil de pavimento [kWh/m².ano]. Atendendo a todas as dificuldades introduzidas pelo registo deficitário dos valores provenientes do sistema de monitorização contínua e devido à falta de informação relativa à distribuição percentual dos grandes grupos de consumo energético do edifício, optou-se por seleccionar como KPI's deste último o consumo total anual por unidade de área (Índice ESH, definido no estado de arte) e o consumo elétrico horário por aluno. Não faria sentido calcular outro qualquer indicador porque este ir-se-ia desviar muito da realidade do edifício.

Relembra-se que o edifício em questão possui uma área de pavimento de aproximadamente 13100 m² (a área de pavimento foi definida, de acordo com o Decreto-Lei n° 118/2013 [17], como sendo “o somatório da área de pavimento de todas as zonas térmicas de edifícios ou frações no âmbito do RECS, desde que tenham consumo de energia elétrica ou térmica, registado no contador geral do edifício ou fração, independentemente da sua função e da existência de sistema de climatização, sendo a área medida pelo interior dos elementos que delimitam as zonas térmicas do exterior e entre si”). Os resultados posteriormente apresentados

têm por base os valores apresentados na Figura 17 onde é visível a evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários no período de 01 de maio de 2014 a 01 de maio de 2015 (valores obtidos por leitura do contador de energia elétrica da EDP®).

Numa primeira fase, pretende-se a determinação do valor do consumo elétrico total associado a cada mês. Atente assim a equação (4.1).

$$\text{Consumo global de energia} = \frac{E}{S} \left[\text{Wh}/\text{m}^2 \right] \quad (4.1)$$

Sendo E [Wh] o consumo energético total verificado no período de um mês e S [m²] a área total do edifício. Da aplicação desta equação a todos os meses do ano surge a Figura 70 (para mais detalhes relativamente ao cálculo efetuado, propõe-se a consulta do ANEXO C, secção C.5). Esta figura permite uma melhor interpretação relativamente ao andamento do consumo elétrico mensal ao longo do ano. A partir desta conclui-se ainda que o mês que apresenta o maior valor de consumo de energia elétrica por unidade de área é março com 3,40 kWh/m². Por sua vez, o que tem a si associado o menor valor é o mês de agosto com 1,95 kWh/m².

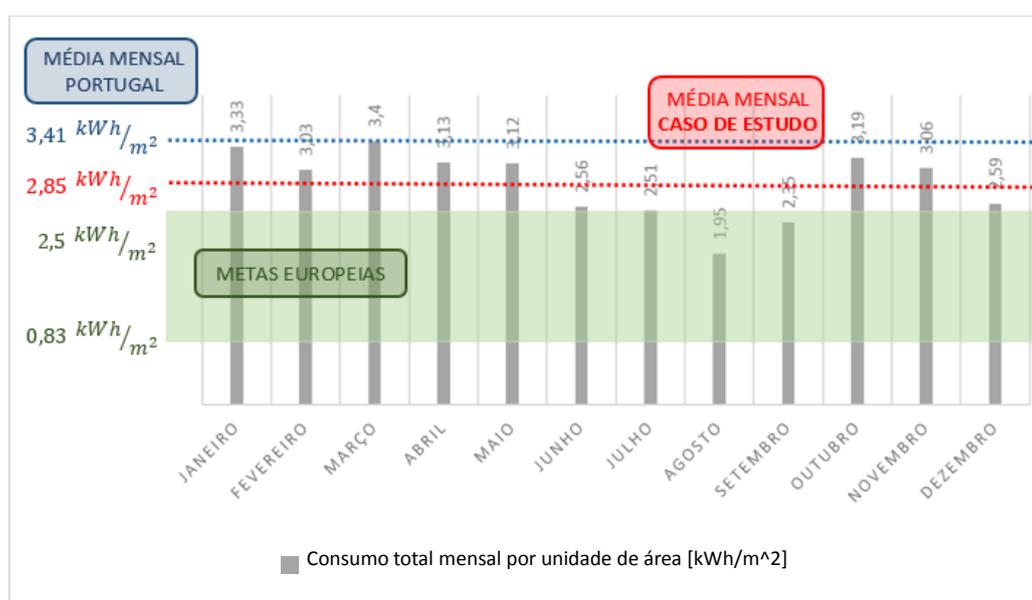


Figura 70 Gráfico comparativo do consumo elétrico total por unidade de área associado a cada mês.

Por último, deseja-se alcançar o valor do consumo total anual por unidade de área. Procedendo ao somatório dos valores mensais registados, conclui-se que este valor é de 34,22 kWh/m².

O coeficiente aferido, por si só, não fornece informação de elevada relevância. A sua determinação faz mais sentido quando se procede à sua comparação com o correspondente indicador determinado para um edifício de referência da mesma tipologia. Desta forma, procurou-se recolher dados relativos ao consumo elétrico total por unidade de área que pudessem servir de termo comparativo. De acordo com [53], vários estudos europeus focados na determinação de *benchmarks* defendem que as escolas secundárias devem apresentar

valores de consumo elétrico que variem entre os 10 e os 30 kWh/m². O estudo exposto em [53] focaliza-se na determinação de KPI's tendo por base de estudo um conjunto de oito escolas secundárias portuguesas localizadas na Área Metropolitana de Lisboa. Após uma reflexão dos resultados alcançados em 2012, concluiu-se que o valor do consumo elétrico médio anual por unidade de área dessas escolas ronda os 41 kWh/m². Apesar de o leitor já se encontrar sensibilizado para os fatores que podem afetar estes valores (tenha-se como exemplo as características geográficas e climáticas ou o estado de conservação das infraestruturas do complexo escolar), a comparação desse valor com o caso abordado ao longo deste relatório faz todo o sentido, consistindo na situação encontrada que mais se ajusta à realidade portuguesa. Desta forma, conclui-se que a escola secundária artística alvo de análise se encontra dentro dos padrões previstos, todavia ainda distante do limite ideal definido para as escolas secundárias europeias.

De seguida, procede-se à determinação do consumo elétrico horário anual por aluno. Este indicador poderá dar uma ideia mais assertiva do posicionamento do estabelecimento de ensino alvo de estudo relativamente a consumos elétricos padronizados. Uma vez mais, começa-se pela determinação do consumo elétrico horário por aluno associado a cada mês. Atente a equação (4.2).

$$\text{Consumo global de energia} = \frac{E}{U} \left[\text{Wh}/\text{aluno} \right] \quad (4.2)$$

Continuando E [Wh] a representar o consumo energético total verificado no período de um mês e U [ud] o número total de alunos da escola. Procedendo-se ao somatório dos valores mensais registados, conclui-se que o consumo elétrico horário anual por aluno é de 406,2 kWh/aluno.

Para que se entenda a real dimensão deste valor torna-se necessário compará-lo com o KPI que se obteria para um outro complexo escolar com um consumo elétrico anual similar ao verificado para o caso de estudo, todavia com um número de alunos superior (1700 alunos). Se tal exercício fosse realizado, o valor do KPI seria de 263,6 kWh/aluno. Ou seja, o KPI do caso de estudo revelar-se-ia bastante superior a este último, o que se traduz numa performance energética inferior do edifício escolar alvo de análise no presente trabalho.

4.3. Estratégias de atuação - melhoria do consumo energético

Numa primeira instância, pretende-se fazer uma observação importante. Seria desejável que, após todo o percurso trilhado, a análise efetuada nas secções precedentes culminasse na determinação de correlações experimentais descritivas do comportamento do consumo dos quadros elétricos alvo de estudo. Contudo a apresentação de tais correlações baseadas em registos tantas vezes dúbios não faria sentido porque não iria refletir o comportamento real do edifício.

As medidas que visam a melhoria dos valores de consumo energético apresentadas resultam da análise dos dados provenientes do processo de monitorização contínua dos consumos energéticos.

a) Revisão da iluminação

No decurso do subcapítulo 4.1.2. onde se procedeu à análise dos consumos energéticos dos quadros elétricos é notória a preocupação constante relativa ao consumo elétrico excessivo e desajustado inerente à iluminação. Não são compreensíveis valores de consumo no período das 23h30 às 08h (atendendo ao período de funcionamento da escola). Não sendo a iluminação controlada pelo sistema de gestão técnica centralizada, significa que alguém a terá de acionar manualmente no período de desocupação do complexo escolar. Verifica-se ainda a ocorrência de períodos de consumo elétrico registados ao fim-de-semana e durante o mês de agosto inexplicáveis. Uma outra curiosidade pode ser observada na secção 4.1.2.9.. O que se constata, é que nos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março o consumo elétrico associado à iluminação começa a registar valores não nulos a partir das 07h. Por sua vez, nos meses de maio, junho e julho o registo de valores de consumo elétrico ocorre a partir das 05h, enquanto que nos meses de abril, setembro e outubro ocorre a partir das 6h. Esta “tendência” injustificável repete-se noutros quadros elétricos. O facto dos valores resultantes do processo de monitorização serem relativos ao ano letivo de 2013/2014 impediram a averiguação de eventuais causas que justifiquem tais consumos. Aconselha-se vivamente que a iluminação passe a ser controlada pelo sistema de gestão técnica centralizada para que se evitem gastos energéticos completamente desnecessários no período de desocupação do complexo escolar.

Para que se pudesse realizar uma estimativa de poupança, foi necessário recorrer a mais um conjunto de suposições. Não havendo qualquer informação relativa ao plano de fornecimento de energia elétrica celebrado entre a escola secundária em questão e a EDP®, assumiu-se que se está perante uma situação cuja potência contratada é de 292,95kW¹. Os preços unitários por kWh encontram-se descritos na Tabela 54, de acordo com o tipo de ciclo. Os ciclos e períodos considerados têm por base o serviço universal da EDP®, pelo que deve consultar o ANEXO C – secção C.5. para mais informações.

Aquando da análise do subcapítulo 4.1.2.14., procedeu-se a um estudo do quadro elétrico Q.B.G.1(N) relativamente à sua componente de iluminação. Definiu-se um horário de ocupação das salas B1.03 e B1.05 rigoroso (espaços estes associados ao quadro elétrico Q.B.G.1(N)). A partir deste exemplo, optou-se por elaborar uma representação (Figura 71) da sobreposição de sombreamentos, que pretendem representar os supostos períodos de ocupação (verde) e de desocupação (vermelho) dos espaços, ao gráfico representativo da evolução do consumo elétrico médio diário. O dia escolhido para análise foi aleatório, tendo a escolha recaído na evolução média diária registada à terça-feira.

¹ A informação relativa às tarifas reguladas em 2015 poderia ter sido obtida por consulta da ERSE® - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. Todavia, para maior precisão, recorreu-se a informação recolhida mediante faturas de energia elétrica de uma outra escola secundária também ao abrigo do Programa de Modernização das Escolas de Ensino Secundário (assumindo que o contrato assinado pelas diversas escolas é comum).



Figura 71 [Q.B.G.1(N) – Iluminação] Relação entre a evolução comparativa do consumo elétrico médio horário do de 15 de setembro de 2013 a 01 de maio de 2014 e a ocupação dos espaços.

O se propõe é a determinação do custo inerente à iluminação que permanece ativa em períodos de desocupação dos espaços. A valorização (Euros) apresentada na Tabela 54 corresponde assim a um valor de poupança, sendo válido para o período de um ano, assumindo que a um ano letivo correspondem 34 semanas, ou seja, 170 (34x5) dias úteis. Assumiu-se que os restantes dias úteis apresentam valores de poupança semelhantes aos verificados para o dia selecionado.

Tabela 54 Estimativa de poupança anual por racionalização da utilização da iluminação [Q.B.G.1(N)]

CONSUMO ELÉTRICO [kWh]	PREÇO UNITÁRIO [EUROS]	IVA (%)	ENERGIA ANUAL [kWh]	VALORIZAÇÃO (EUROS) S/ IVA	VALORIZAÇÃO (EUROS) C/ IVA
Energia Ativa Vazio Normal (Vn)	0,0493	23	52,7	2,5981	3,1957
Energia Ativa Super Vazio (SV)	0,0488	23	6,8	0,3318	0,4081
Energia Ativa Ponta (P)	0,0615	23	51	3,1365	3,8579
Energia Ativa Cheia (C)	0,0591	23	137,7	8,1381	10,0098
TOTAL ANUAL					17,47 Euros

Devido à incoerência dos valores obtidos pelo processo de monitorização e ao pouco rigor existente no que diz respeito aos horários de funcionamento das atividades letivas, torna-se impraticável a aplicação do método anterior aos restantes quadros elétricos associados unicamente à iluminação. Assim sendo, e atendendo à valorização total anual obtida atrás, supõe-se que a cada sala de aula/estúdio/laboratório, cujas características de ensino podem ser consideradas similares às anteriores, está associado um eventual valor de poupança de 8,74 Euros por ano letivo. Ao todo, contabilizam-se cerca de 100 espaços nestas condições, o que perfaz uma poupança total anual de 874 Euros.

Seguindo a mesma linha de raciocínio, o próximo quadro elétrico alvo de estudo é o Q.A.0.1.(N) por ter a si associados espaços que, na sua grande maioria, representam salas de reuniões e gabinetes de direção. Ou seja, pode-se desde logo assumir um horário de

funcionamento/ocupação fixo situado entre as 08h e as 18h (sombreamento verde, na Figura 72). Todo o restante intervalo representa o período de inatividade dos espaços. O dia escolhido para análise continuou a ser aleatório, tendo a escolha recaído desta vez na evolução média diária registada à quinta-feira.



Figura 72 [Q.A.0.1(N) – Iluminação] Relação entre a evolução comparativa do consumo elétrico médio horário do de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 e a ocupação dos espaços.

Tabela 55 Estimativa de poupança anual por racionalização da utilização da iluminação [Q.A.0.1(N)]

CONSUMO ELÉTRICO [kWh]	PREÇO UNITÁRIO [EUROS]	IVA (%)	ENERGIA ANUAL [kWh]	VALORIZAÇÃO (EUROS) S/ IVA	VALORIZAÇÃO (EUROS) C/ IVA
Energia Ativa Vazio Normal (Vn)	0,0493	23	141,1	6,9562	8,5562
Energia Ativa Super Vazio (SV)	0,0488	23	13,6	0,6637	0,8163
Energia Ativa Ponta (P)	0,0615	23	85,85	5,1717	6,3612
Energia Ativa Cheia (C)	0,0591	23	131,75	7,8946	9,1703
TOTAL ANUAL				25,44 Euros	

Assumindo que existem cerca de 30 espaços de características similares, estima-se uma poupança anual de 84,90 Euros.

No ANEXO C – secção C.5., foi desenvolvida uma outra análise semelhante à anterior mas desta vez referente ao quadro elétrico Q.A.0.2(N).

Relativamente à componente da iluminação, resta efetuar uma análise aos valores obtidos por monitorização do quadro elétrico Q.D.Co.(N). Inicialmente, admitiu-se que o período de funcionamento da cozinha/bufete/bar ocorre essencialmente no período da manhã. Apesar desta informação ser válida para a análise do consumo geral, tal não se verifica no que diz respeito à iluminação. Assume-se um horário de funcionamento das 08h às 18h (sombreamento verde, na Figura 73). A análise recaiu sobre a evolução média diária registada à segunda-feira, sendo que os resultados são apresentados na Tabela 56.



Figura 73 [Q.D.Co.z.(N) – Iluminação] Relação entre a evolução comparativa do consumo elétrico médio horário do de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 e a ocupação dos espaços.

Tabela 56 Estimativa de poupança anual por racionalização da utilização da iluminação [Q.D.Co.z.(N)]

CONSUMO ELÉTRICO [kWh]	PREÇO UNITÁRIO [EUROS]	IVA (%)	ENERGIA ANUAL [kWh]	VALORIZAÇÃO (EUROS) S/ IVA	VALORIZAÇÃO (EUROS) C/ IVA
Energia Ativa Vazio Normal (Vn)	0,0493	23	207,4	10,2248	12,5765
Energia Ativa Super Vazio (SV)	0,0488	23	32,3	1,5762	1,9388
Energia Ativa Ponta (P)	0,0615	23	171,7	10,5596	12,9882
Energia Ativa Cheia (C)	0,0591	23	248,2	14,6686	18,0424
TOTAL ANUAL				42,17 Euros	

b) Compatibilização dos horários de funcionamento e definição de set-points (geral)

Uma das primeiras alterações que se recomenda tem que ver com a revisão e definição dos horários de funcionamento. Após averiguação realizada junto de elementos responsáveis pelas instalações, de pessoal não docente e do técnico de manutenção alocado na escola, constata-se que existe uma enorme heterogeneidade de informação relativa aos horários de funcionamento de controlo manual, onde se insere a iluminação. Ou seja, não há qualquer rigor relativamente ao horário de funcionamento dos equipamentos que não se encontram sobre a alçada do sistema de gestão técnica centralizada.

A instalação do sistema de gestão técnica centralizada não garante, por si só, que a instalação escolar se encontra a operar de acordo com o programado e indicado na GTC. Tendo por base a análise dos dados de monitorização de consumo realizada, conclui-se que são diversos os equipamentos cujo horário de funcionamento difere do estipulado pela GTC. O mais estranho que se verifica é que há equipamentos que operam necessariamente fora do horário estipulado pelo sistema de gestão técnica centralizada (foi apresentado um exemplo na secção 4.1.2.12.). A questão que se impõe é a de como é que tal é possível se a GTC deveria restringir o horário de funcionamento dos equipamentos. Ou seja, estes não têm de operar obrigatoriamente no intervalo de funcionamento estabelecido na GTC. Porém, é impossível que ocorra a sua atividade em período fora do definido.

Para além do mais existem horários que suscitam muitas dúvidas. Ainda na secção 4.1.2.12. é exposta uma situação em que, para o mesmo equipamento mecânico,

existem dois horários de funcionamento distintos na GTC sendo que um é intervalado (08h(ON) - 09h30(OFF); 11h30(ON) - 12h30(OFF); 14h30(ON) - 15h30(OFF)) e um outro pressupõe o funcionamento contínuo (08h30(ON) - 14h30(OFF)). Para além disto, uma consulta aos horários estabelecidos pela GTC permite constatar que há casos que requerem um nítido ajuste. Não se compreende a necessidade de existirem ventiladores de extração programados para operar unicamente 15 minutos por dia, de segunda a sexta-feira (verificam-se 13 equipamentos nesta situação – V.E. B0.1, V.E. B0.2, V.E. B0.3, V.E. B1.1, V.E. B1.2, V.E. B1.3, V.E. B1.4, V.E. B1.5, V.E. B1.6, V.E. B1.7, V.E. B1.9, V.E. B1.10, V.E. B0.4, todos estes da marca France Air (modelo Modulys DP 7/7), apresentando uma potência nominal individual de 0,75kW). Correspondendo o horário de funcionamento ao período das 18h30 às 18h45 (Energia Ativa em Período de Cheio) promover-se-ia uma poupança de 24,49 Euros anuais se estes equipamentos fossem permanentemente desligados. Por outro lado, existem ainda 44 ventiladores de extração cujo início de funcionamento ocorre às 07h00, de segunda a sexta-feira - V.E. A2.1; V.E. AC1; V.E. AC2; V.E. AC3; V.E. AC5; (...); V.E. AC18; V.E. AC20; V.E. AC0.3; V.E. AC0.4; V.E. BC1; V.E. BC2; V.E. BC3; V.E. BC4; V.E. BC6; V.E. BC7; (...); V.E. BC18; V.E. D2.1b; V.E. D2.3; V.E. D2.4; V.E. D2.5; V.E. D3.1. Se foi efetuado um ajuste deste horário das 07h00 para as 08h00, incorre-se numa poupança anual de 276,61 Euros. De igual forma, se se suprimir o primeiro intervalo de funcionamento do ventilador V.E. AC4, que ocorre das 05h00 às 07h00, poder-se-á poupar 12,51 Euros por ano.

A utilização de radiadores (o seu horário de funcionamento está patente no Anexo C - secção C.3, correspondendo à designação “SALA (...)”) deve ser também alvo de um ajuste. À semelhança da situação anterior, o seu acionamento deve-se aproximar das 08h00. Relativamente às UTA’s da biblioteca e do anfiteatro é recomendada a instalação de sondas de CO₂ que permitam que a ventilação seja ativada em caso de necessidade.

A escolha dos *set-points* deve ser encarada como prioritária. Esta deve ser realizada com precaução e a condução deve analisar o desempenho dos equipamentos de acordo com a parametrização estabelecida, devendo esta variar ao longo do ano por forma a responder adequadamente às diversas necessidades de calor e frio do edifício [41]. A aplicação desta medida é muito importante. Na escola alvo de estudo, grande parte dos equipamentos mecânicos são acionados manualmente (mesmo que sejam alvo de controlo por parte da GTC) impedindo que qualquer análise baseada em exclusivo nos registos fornecidos pelo sistema de monitorização e pela GTC seja completamente fiável. Para além do mais, não é feito qualquer registo das decisões tomadas, não permitindo que se rastreie o consumo energético ao longo do tempo.

Propõe-se uma revisão do funcionamento da GTC. Tendo sido esta instalada pela equipa de manutenção anterior à que atualmente se encontra efetiva na escola, compreende-se que o seu reajuste seja impossível. Todavia, é importante ponderar os benefícios que decorrem de um sistema de gestão técnica centralizada efetivamente capaz de detetar falhas e deficiências dos diferentes equipamentos através da comunicação das condições anómalas para que se proceda a uma manutenção mais eficaz, promovendo ainda uma estratégia preventiva.

c) Ajuste dos horários de funcionamento da central de frio e de quente

Apesar de no tópico anterior já se ter abordado a questão da discrepância constante entre o horário de funcionamento definido pela GTC e o que se constata por análise dos dados

provenientes do processo de monitorização, achou-se relevante isolar o caso particular das centrais de frio e de quente.

Devido à escassez de informação horária proveniente da GTC, aumenta a importância da análise crítica das ECO's devidamente explanadas no ANEXO C. A economia de energia passa pelo acionamento da central de frio (conjunto *chiller* e bombas associadas) estritamente quando necessário (O3.1). O horário de operação do *chiller* deve ser ponderado por forma a que seja otimizado (O3.4). É ainda notória a importância de uma definição apropriada dos pontos de entrada e de saída deste, coisa que não acontece no caso de estudo em questão. Já quando o assunto é a central de quente o cenário piora, não havendo uma única referência que lhe esteja associada na GTC. Tudo isto tem impacto na avaliação de uma possível poupança alicerçada em ajustes que possam ser efetuados. Também este caso exigirá que se faça uma suposição que consiste em atribuir à central de quente o mesmo horário definido pela GTC para a central de frio. Inicie-se uma estimativa de poupança energética tendo por base a Figura 74.



Figura 74 [Q.E.C.T.(N)] Relação entre a evolução comparativa do consumo elétrico médio horário do 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 e o período de funcionamento.

No período de fim-de-semana, regista-se um consumo energético médio horário de 0,92kWh. Visto não se justificar a atividade das centrais de quente e de frio nesse período de desocupação do complexo escolar, ocorre uma poupança de cerca de 80 Euros numa avaliação feita a 34 semanas.

A Tabela 57 sintetiza a poupança obtida se ocorrer um ajuste das centrais de frio e quente mediante o horário de funcionamento atribuído.

Tabela 57 Estimativa de poupança anual mediante ajuste do horário de funcionamento [Q.E.C.T.(N)]

CONSUMO ELÉTRICO [kWh]	PREÇO UNITÁRIO [EUROS]	IVA (%)	ENERGIA ANUAL [kWh]	VALORIZAÇÃO (EUROS) S/ IVA	VALORIZAÇÃO (EUROS) C/ IVA
Energia Ativa Vazio Normal (Vn)	0,0493	23	1319,2	65,0366	79,9950
Energia Ativa Super Vazio (SV)	0,0488	23	535,5	26,1324	32,1429
Energia Ativa Ponta (P)	0,0615	23	266,9	16,4144	20,1897
Energia Ativa Cheia (C)	0,0591	23	1242,7	73,4436	90,3356
TOTAL ANUAL				222,66 Euros	

d) Ajuste da potência nominal das luminárias

Aquando da introdução da secção 4.1.2., fora realizada uma nota relativamente à potência nominal apresentada pelas luminárias. Apurou-se que, em muitas situações, não se verifica a utilização de luminárias cuja potência é a prevista em projeto. Num mesmo espaço, podem existir luminárias de diferentes potências quando tal não seria suposto. Esta oportunidade de poupança energética não é estranha à equipa de manutenção. Ou seja, esta reconhece que de facto existe um valor de potência previsto para cada espaço. Todavia, a substituição de lâmpadas não é feita de acordo com as necessidades projetadas mas sim com as lâmpadas que, naquele instante, existem em reserva na escola. Sabe-se que foi realizado um inventário de todas as luminárias existentes na escola por parte da equipa de manutenção. Todavia, não se entende por que é que esta não procedeu também ao registo das potências a si associadas. Atendendo à dimensão do complexo escolar e ao consumo energético descontrolado consequência da iluminação, recomenda-se o levantamento dessa informação.

e) Vistoria aos módulos de monitorização

Aquando do inventário dos quadros elétricos alvo do processo de monitorização, verificou-se que nem todos os quadros possuíam o dispositivo de controlo dos consumos energéticos operacional, tendo sido tal problema imediatamente reportado à empresa responsável pela gestão destes sensores. Nessa altura foi aconselhado que se procedesse a um *reset* de todos os módulos Wireless Modbus. Acredita-se que, caso este procedimento tivesse sido efetuado no período que antecedeu o dia 01 de maio de 2013 (relembra-se que o período de análise incidiu entre o dia 01 de maio de 2013 e 01 de maio de 2014), se poderiam ter evitado um conjunto de falhas que se verificam uma constante ao longo da análise dos registos provenientes dos quadros elétricos monitorizados. Numa situação extrema, chegam mesmo a existir quadros que não ostentam qualquer registo de consumo elétrico. Se se tomar como exemplo o caso do quadro elétrico Q.E.A.C.0.1(N) (alvo de análise na secção 4.1.2.7.) entende-se a relevância que estas falhas assumem na tentativa de atribuição de pesos de acordo com o tipo de consumidor energético. Para além do mais, estas falhas impossibilitam que se verifique se o horário de funcionamento dos equipamentos associados a este quadro respeita realmente o que se encontra programado na GTC.

Para que seja possível um registo preciso dos consumos energéticos associados a cada quadro elétrico, é necessário que a empresa responsável pelos ditos módulos se desloque à escola em questão procedendo a uma vistoria de todos os equipamentos instalados. Isto porque, apesar de, com o auxílio do técnico de manutenção, se terem reiniciado todos os módulos *wireless*, constatou-se que o estado de conservação destes nem sempre é o melhor. Averiguou-se a existência de fios elétricos descarnados e trilhados que impossibilitam o funcionamento dos equipamentos de monitorização. Um exemplo dessa situação ocorre com o módulo instalado no quadro elétrico Q.B.Met.(N) que se encontra responsável pelo registo do consumo elétrico de carácter geral. De acordo com o proferido na secção 4.1.2.15, os resultados obtidos pelo processo de monitorização aplicado a este quadro não fazem qualquer sentido, entendendo-se agora o porquê de tal comentário.

f) Contractos de fornecimento de energia elétrica

Uma medida a adotar no sentido da redução dos custos inerentes ao consumo energético registado consiste na avaliação do atual plano de fornecimento de energia elétrica celebrado entre a escola e a EDP®. Todavia, não tendo sido facilitado o acesso a qualquer fatura energética não é possível saber qual o contrato assinado. Desconhece-se qual o valor de potência contratada (valor esse que se encontra diretamente relacionado com as necessidades energéticas da escola). Desconhecendo-se esse valor, não se consegue opinar relativamente ao facto dessa potência ser ou não a mais adequada às necessidades da escola.

g) Outras

- Estudo da possibilidade de tornar o sistema de iluminação do pátio exterior localizado no piso 1 (ao qual corresponde uma potência total de 4x1x60W) independente do circuito associado à iluminação das zonas de circulação, evitando o consumo elétrico desnecessário em períodos diurnos (altura em que o recurso à iluminação artificial das zonas de circulação é necessária). Na Tabela 58, é feita uma estimativa da poupança anual na eventualidade desta medida ser aplicada. Assumiu-se que a iluminação das zonas de circulação permanece acionada no período das 08h às 23h30 (5 dias por semana, 34 semanas por ano).

Tabela 58 Estimativa de poupança anual por introdução de um circuito independente no pátio exterior

CONSUMO ELÉTRICO [kWh]	PREÇO UNITÁRIO [EUROS]	IVA (%)	ENERGIA ANUAL [kWh]	VALORIZAÇÃO (EUROS) S/ IVA	VALORIZAÇÃO (EUROS) C/ IVA
Energia Ativa Vazio Normal (Vn)	0,0493	23	61,2	3,0172	3,7111
Energia Ativa Super Vazio (SV)	0,0488	23	-	-	-
Energia Ativa Ponta (P)	0,0615	23	163,2	8,6836	10,6808
Energia Ativa Cheia (C)	0,0591	23	408	24,1111	29,6567
				TOTAL ANUAL	44,05 Euros

- Recomenda-se a aplicação de um painel de cortiça junto ao envidraçado do espaço A0.08 (servidor). Esta medida diminuirá a necessidade de arrefecimento da sala;
- Sugere-se a substituição das lâmpadas existentes nos espaços relativos ao átrio/PBX e às galerias por lâmpadas com sensores de luminosidade por serem espaços com elevada iluminação natural;
- Promoção de campanhas de sensibilização para o uso racional de energia (onde devem ser inseridos todos os ocupantes da escola e não somente os alunos).

Capítulo 5 – Conclusão e trabalhos futuros

Aquando da seleção do tema da presente dissertação, os objetivos estavam já delineados, aparentando um carácter rígido. Aguardava-se que o caminho trilhado fosse o padronizado, arquitetando-se à partida uma estratégia de trabalho alicerçada nos conceitos teóricos desenvolvidos no decurso do estado de arte. Era expectável que o processo de monitorização contínua dos consumos energéticos de que foi alvo o edifício em estudo se revelasse uma mais-valia na análise do seu comportamento de acordo com os diferentes consumidores energéticos em questão. Pretendia-se uma otimização da gestão do edifício escolar por definição de estratégias de atuação que visassem a melhoria dos consumos energéticos.

A elaboração deste trabalho visava a avaliação da instalação como um todo, todavia criando espaço a pormenorizações capazes de guiar a uma melhoria da eficiência energética do edifício. Apesar das diversas vezes em que foi posta em causa a qualidade dos dados provenientes do processo de monitorização contínua de que foi alvo o edifício, foram traçados caminhos, mesmo que para tal tenha sido necessário recorrer a suposições. Lembra-se que a minimização de custos não passa só pela aplicação de medidas de carácter técnico. Sendo o caso de estudo um edifício escolar deve-se promover também a consciencialização dos alunos para as questões ambientais e para o impacto das suas atitudes na racionalização de energia.

Para que se tornasse possível a caracterização do consumo energético recorreu-se a informação proveniente de diversas fontes. Apesar da alteração tardia do período de monitorização contínua que obrigou a um reajuste compreensível do plano de trabalho inicialmente traçado, não se deixou de procurar uma resposta para todas as dúvidas que iam surgindo. Tendo por base a análise da quantidade de energia existente em cada período de faturação (num claro cruzamento com os dados resultantes da monitorização contínua), promoveu-se a sua comparação com os valores obtidos por leitura do contador de energia elétrica da EDP®.

Da análise crítica das constatações efetuadas ao longo do trabalho resultou um conjunto de medidas de poupança energética e o seu respetivo impacto financeiro anual esperado.

- **Iluminação:**
 - Salas de aula – poupança anual por sala: 8,74 Euros;
 - Salas de características administrativas – poupança anual por sala: 2,83 Euros;
 - Cozinha + bufete + bar – poupança anual: 42,17 Euros;
 - Sistema de iluminação do pátio exterior independente – poupança anual: 44,05 Euros.**Poupança total anual relativa à iluminação (maioritariamente, em período de desocupação):**
→ **1050 Euros**

- **Centrais térmicas:**

Poupança anual relativa à central de frio e de quente (fim-de-semana): 80 Euros;

Poupança anual relativa à central de frio e de quente (dias úteis): 222,66 Euros;

Poupança total anual função do ajuste ao horário definido pela GTC:

→ 303 Euros

- **Outros (ventiladores de extração):**

Desligar permanentemente 13 ventiladores [V.E. B0.1, V.E. B0.2, V.E. B0.3, V.E. B1.1, V.E. B1.2, V.E. B1.3, V.E. B1.4, V.E. B1.5, V.E. B1.6, V.E. B1.7, V.E. B1.9, V.E. B1.10, V.E. B0.4]: 24,49 Euros;

Ajuste do horário de início de atividade de 44 ventiladores (das 07h para as 08h) [V.E. A2.1; V.E. AC1; V.E. AC2; V.E. AC3; V.E. AC5; (...); V.E. AC18; V.E. AC20; V.E. AC0.3; V.E. AC0.4; V.E. BC1; V.E. BC2; V.E. BC3; V.E. BC4; V.E. BC6; V.E. BC7; (...); V.E. BC18; V.E. D2.1b; V.E. D2.3; V.E. D2.4; V.E. D2.5; V.E. D3.1]: 276,61 Euros;

Anulação do primeiro horário de funcionamento (das 05 às 07h) de V.E. AC4: 12,51 Euros;

Poupança total anual por ajuste do horário de funcionamento dos ventiladores de extração:

→ 314 Euros.

Ou seja, está-se perante uma poupança total anual de cerca de 1661 Euros (o que representa 7,6% do gasto com o consumo elétrico anual do estabelecimento de ensino).

Pede-se, no entanto, que o leitor assimile não só as oportunidades de economia de energia possíveis de atribuição de um valor monetário mas também de todas as outras que não puderam ser “quantificadas”.

O caso de estudo examinado não se revelou um exemplo de boa organização no que diz respeito à gestão energética. Como ponto de partida, começa-se por referenciar as diversas deficiências apresentadas pelo sistema de monitorização instalado. Este fator, por si só, revela-se um enorme entrave a uma interpretação assertiva dos reais consumos energéticos associados à escola, agravado pelo funcionamento anómalo do sistema de gestão técnica centralizada. Lembra-se o leitor que uma GTC avariada poderá dar origem a erros sucessivos de funcionamento do sistema, podendo incorrer num potencial de poupança, estimado com base na literatura, dos 2 aos 10%. Por arrasto, a tentativa de encontrar indicadores de performance energética do edifício revelou-se desoladora visto não fazer sentido calcular outros indicadores para além do consumo total anual por unidade de área (34,22 kWh/m²) e do consumo elétrico horário anual por aluno (406,17 kWh/aluno), porque todos os outros ir-se-iam desviar muito da realidade do edifício. Porém, deve-se realçar o facto de que a escola secundária artística alvo de análise se encontra dentro dos padrões previstos para o ensino público português (41 kWh/m²), todavia ainda muito distante do limite ideal definido para as escolas secundárias europeias (10 a 30 kWh/m²). No que diz respeito ao consumo elétrico horário anual por aluno, tal já não se verifica. Este KPI mostrou-se bastante superior a um outro exemplo apresentando, revelando um menor desempenho energético do edifício escolar alvo de estudo. Devido a todas as advertências mencionadas, houve a necessidade de abandonar um dos objetivos inicialmente definidos para a presente dissertação que consistia na determinação de correlações experimentais descritivas do comportamento do consumo dos quadros elétricos alvo de estudo.

A presente dissertação serve de reflexão para trabalhos futuros. Reconhece-se que a escola alvo de estudo apresenta um enorme potencial de poupança energética que poderá ser atingido a partir do cruzamento dos dados de monitorização contínua, obtidos após correção das anomalias detetadas nos módulos *wireless*, com a instalação de um novo sistema de gestão técnica centralizada devidamente ajustado aos horários de funcionamento do complexo escolar (passando a abranger o controlo da iluminação) e que inclua ainda a correta redefinição dos *set-points*. Só desta forma estariam reunidas todas as condições para que os objetivos inicialmente propostos, e que acabaram por não ser totalmente alcançados, fossem atingidos. Só a harmonia entre a GTC e o sistema de monitorização contínua permite a correta compreensão da orgânica do edifício em causa.

Sugere-se ainda a realização de uma análise detalhada das centrais de frio e de quente. O reconhecimento da atual performance do *chiller* e das caldeiras por monitorização das cargas térmicas e elétricas efetivas é fulcral à aferição da eficiência destas duas centrais.

Referências

- [1] S. Kadoshin, T. Nishiyama, and T. Ito, “The trend in current and near future energy consumption from a statistical perspective,” *Appl. Energy*, vol. 67, no. 4, pp. 407–417, Dec. 2000.
- [2] A. S. Nunes, “A Perspectiva Socio-Cultural do Desenvolvimento Económico.” [Online]. Available: <http://analisesocial.ics.ul.pt/documentos/1224155194Z3uBA7on4Zs97ZS9.pdf>.
- [3] BP, “BP Statistical Review of World Energy 2014,” 2014. [Online]. Available: <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf>.
- [4] A. I. da Energia, “Matriz Energética Mundial,” 2013. [Online]. Available: http://www.repsol.com/pt_pt/corporacion/conocer-repsol/contexto-energetico/matriz-energetica-mundial/.
- [5] C. Pérez-Lombard, Luis; Ortiz, José; Pout, “A review on buildings energy consumption information,” *Energy Build.*, 2008.
- [6] APREN, “Estratégia Nacional para a Energia 2020.” [Online]. Available: <http://www.apren.pt/pt/dadostecnicos/index.php?id=206&cat=197>.
- [7] M. G. da Pereira, Luísa Dias; Raimondo, Daniela; Corgnati, Stefano Paolo; Silva, “Energy consumption in schools – A review paper,” 2014.
- [8] ENERGY STAR, *Facility Type: K-12 Schools*. 2006.
- [9] P. Escolar, “Missão e Objetivos | Parque Escolar, E.P.E.” [Online]. Available: <http://www.parque-escolar.pt/pt/empresa/missao-e-objetivos.aspx>.
- [10] P. Escolar, *Relatório de Sustentabilidade_2009 - Parque Escolar*, Parque Esc. 2009.
- [11] P. Escolar, *MP : A - Manual de Projecto: Arquitectura*. 2009.
- [12] M. G. Patterson, “What is energy efficiency?,” *Energy Policy*, vol. 24, no. 5, pp. 377–390, May 1996.
- [13] P. E. E. Do Conselho, “Directiva 2002/91/CE,” *J. Of. das Comunidades Eur.*, no. 11, pp. 65–71, 2002.
- [14] B. W. Olesen and M. De Carli, “Calculation of the yearly energy performance of heating systems based on the European Building Energy Directive and related CEN standards,” *Energy Build.*, vol. 43, no. 5, pp. 1040–1050, 2011.
- [15] H. Herring, “Energy efficiency—a critical view,” *Energy*, vol. 31, no. 1, pp. 10–20, Jan. 2006.
- [16] P. E. E. Do Conselho, “Directiva 2010/31/UE,” *J. Of. da União Eur.*, pp. 13–35, 2010.

- [17] ADENE, “Decreto-Lei n.º 118/2013 - Anotado,” *Certificação Energética e Ar Interior EDIFÍCIOS*, vol. 0, 2013.
- [18] Universidade do Minho - Escola de Engenharia, *Capítulo 4 - Eficiência Energética dos Edifícios*. .
- [19] S. Wang, C. Yan, and F. Xiao, “Quantitative energy performance assessment methods for existing buildings,” *Energy Build.*, vol. 55, pp. 873–888, Dec. 2012.
- [20] M. Čuláková, S. Vilčeková, E. Kridlová Burdová, and J. Katunská, “Reduction of carbon footprint of building structures,” *Chem. Eng. Trans.*, vol. 29, pp. 199–204, 2012.
- [21] M. Santamouris, G. Mihalakakou, P. Patargias, N. Gaitani, K. Sfakianaki, M. Papaglastra, C. Pavlou, P. Doukas, E. Primikiri, V. Geros, M. N. Assimakopoulos, R. Mitoula, and S. Zerefos, “Using intelligent clustering techniques to classify the energy performance of school buildings,” *Energy Build.*, vol. 39, no. 1, pp. 45–51, 2007.
- [22] G. Escrivá-Escrivá, C. Álvarez-Bel, and E. Peñalvo-López, “New indices to assess building energy efficiency at the use stage,” *Energy Build.*, vol. 43, no. 2–3, pp. 476–484, Feb. 2011.
- [23] I. Edition, “2009 ASHRAE Handbook - Fundamentals,” pp. 24–25, 2009.
- [24] A. Fouquier, S. Robert, F. Suard, L. Stéphan, and A. Jay, “State of the art in building modelling and energy performances prediction: A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 23, pp. 272–288, Jul. 2013.
- [25] R. L. Haupt and S. E. Haupt, *Practical Genetic Algorithms*. 2004.
- [26] G. M. De Oliveira Junior, “Máquina de Vetores Suporte : estudo e análise de parâmetros para otimização de resultado,” 2010.
- [27] N. Z. B. Conference, “EPBD (recast) e as implicações para Portugal,” 2012.
- [28] R. Ascenso, “Nearly zero energy buildings - O que vai mudar com os NZEB?,” *Tema de Capa*.
- [29] “iSERVcmb Overview Report | iSERV cmb.” [Online]. Available: <http://www.iservcmb.info/iservcmb-overview-report>.
- [30] Federation of European Heating Ventilation and Air Conditioning Associations, “iSERV: REHVA.” [Online]. Available: <http://www.rehva.eu/eu-projects/current-projects/iserv/?L=0%2527%2520and%2520char%2528124%2529%2520user%2520char%2528124%2529%253D0%2520and%2520%2527%2527%253D%2527%2FRK%3D0>.
- [31] L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, R. González, and I. R. Maestre, “A review of benchmarking, rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes,” *Energy Build.*, vol. 41, no. 3, pp. 272–278, Mar. 2009.

- [32] A. Carolina, R. Costa, A. Maria, B. Teixeira, G. L. Pinheiro, H. Silvina, S. Araújo, and S. Souza, “Práticas De Benchmarking Como Ferramenta Estratégica De Competitividade Para Empresas Norte-Riograndenses,” no. 1, 2007.
- [33] J. Votano, M. Parham, and L. Hall, “Benchmarking nas empresas fornecedoras de serviços de logística,” *Chem. ...*, 2004.
- [34] “AEPortugal.” [Online]. Available: <http://www.aeportugal.pt/Inicio.asp?Pagina=/Areas/Qualidade/FerramentasQualidade&Menu=MenuQualidade>. [Accessed: 26-Mar-2015].
- [35] W. Chung, “Review of building energy-use performance benchmarking methodologies,” *Appl. Energy*, vol. 88, no. 5, pp. 1470–1479, May 2011.
- [36] G. Escrivá-Escrivá, O. Santamaria-Orts, and F. Mugarra-Llopis, “Continuous assessment of energy efficiency in commercial buildings using energy rating factors,” *Energy Build.*, vol. 49, pp. 78–84, Jun. 2012.
- [37] J. Miguel and V. Carvalho, “Metodologias de Monitorização de Consumos,” 2013.
- [38] P. Escolar, “MP : IT - Manual de Projecto: Instalações Técnicas,” 2009. .
- [39] A. Zhivov, Alexander; Pietilainen, Jorma; Reinikainen, Erja; Schmidt, Fritz; Woody, “Energy Process Assessment Protocol,” 2009.
- [40] M. Krarti, *Energy Audit of Building Systems, An Engineering Approach*, C. Press. Florida, 2000.
- [41] L. Roriz, “A importância da parametrização no funcionamento dos sistemas AVAC.”
- [42] J. T. V. Pitéu, “Manutenção de Edifícios - Manutenção das Instalações Técnicas de um Grande Edifício,” Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2011.
- [43] ENERGY STAR, *Lighting*, vol. Building M. 2006.
- [44] S. Electric, “Gestão técnica de edifícios - Automação Predial.” [Online]. Available: <http://www.schneiderelectric.pt/portugal/pt/produtos-servicos/edificios/predios-inteligentes/sistemas-de-automacao-e-seguranca-predial.page>.
- [45] A. Poças, J. Luís Alexandre, and I. Knight, “8º Congresso Iberoamericano De Engenharia Mecânica,” 2007.
- [46] “AUDITAC.” [Online]. Available: <http://www.cardiff.ac.uk/archi/research/auditac/index.html>.
- [47] D. Dubet, François; Martuccelli, “A socialização e a formação escolar,” .
- [48] P. Editora, “Infopédia - Dicionário de Língua Portuguesa com acordo ortográfico.” [Online]. Available: <http://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa>.
- [49] P. Escolar, “Melhores Instalações = Melhor Educação = Melhor Futuro.”

- [50] M. da E. e Ciência, “DGEstE | Calendário escolar 2014/2015.” [Online]. Available: <http://www.dgeste.mec.pt/index.php/escolas/calendario-escolar/calendario-escolar-20142015/>.
- [51] WSBP, “E2S – Data Center Monitoring.”
- [52] M. G. G. Custódio, “Eficiência Energética em Edifícios Escolares,” 2011.
- [53] P. Lourenço, M. D. Pinheiro, and T. Heitor, “From indicators to strategies: Key Performance Strategies for sustainable energy use in Portuguese school buildings,” *Energy Build.*, vol. 85, pp. 212–224, Dec. 2014.

ANEXO A: Áreas de intervenção

A.1. Considerações sobre o edifício

Quando se pretende o estudo de eventuais áreas de intervenção no combate ao consumo energético excessivo, um dos requisitos colocados prende-se com a melhoria do desempenho térmico do edifício através de intervenções na sua envolvente. Posto isto, na Tabela 59 encontram-se expostas causas de prováveis desperdícios energéticos associadas ao edifício.

Tabela 59 Causas que conduzem a perdas energéticas na envolvente do edifício [39]

CAUSA
Paredes
Fraco isolamento das paredes (perda)
Paredes com múltiplas aberturas intencionais e não intencionais que interferem na barreira de ar que envolve o edifício
Existência de pontes térmicas nas paredes
Isolamento danificado ou de fraca qualidade
Existência de pátios abertos
Telhado
Fraco isolamento dos telhados inclinados
Fraco isolamento dos telhados planos
Telhados metálicos pintados com tintas de baixa refletividade
Paredes interiores e tetos pintados com cores escuras
Sótãos que apresentam isolamentos deficitários
As coberturas com costuras metálicas possuem aberturas para o interior ou para sótãos
Pavimento
A laje colocada sob o isolamento de uma cave não aquecida é de fraca qualidade
Lajes de betão apoiadas em solo de fraca qualidade
Penetrações entre pavimentos
Janelas de vidro simples com quadrados sem corte térmico
Janelas

Incorreta vedação das janelas

Fendas ou defeitos nos caixilhos das janelas ou ao longo do seu perímetro

Uma área significativa de parede do edifício industrial encontra-se preenchida com janelas de vidro simples

Existem janelas de vidro simples e de grandes dimensões em edifícios residenciais ou de serviços

Portas

Portas em contacto com o exterior sem tiras de calafetagem ou existência de brechas (perda)

Em climas frios e húmidos, a existência de portas ou de espaços climatizados que podem ser abertos para o exterior (isto aplica-se às principais entradas e saídas do edifício) (perda)

Existência de portas de grandes dimensões em edifícios de serviços sem que existam antecâmaras

Infiltrações significativas nas portas existentes nas docas de carga e descarga de camiões

Fugas de ar

Fugas de ar através da envolvente do edifício

Janelas que não fecham convenientemente

Aberturas na construção

Janelas partidas, claraboias e portas

A.2. Sistema AVAC

À semelhança do que foi mencionado no tópico anterior, também o sistema AVAC pode ser responsável por perdas energéticas e ineficiências. Atente-se a Tabela 60.

Tabela 60 Causas que conduzem a perdas energéticas ou à ineficiência em sistemas AVAC [39]

CAUSA	PERDA/ INEFICIÊNCIA
Ventilação	
Uso excessivo de registos para controlar o caudal de ar	Perda
Correias soltas no sistema de ventilação	Ineficiência
O equipamento de ventilação opera quando não é necessário	Perda

Utilização de ar condicionado para compensar a exaustão de ar que está a ocorrer ao redor de uma área	Perda
Velocidade do ar superior a 0,51m/s nas proximidades de zonas de exaustão	Perda
A exaustão de ar quente a mais de 93,3°C (200°F) para o exterior	Perda
O sistema de ventilação opera continuamente mesmo quando não está a ser realizado qualquer processo	Perda
O sistema de exaustão central opera com um escoamento de ar constante apesar dos diversos processos industriais: ocorre contaminação simultânea em menos de 75% das áreas de trabalho	Perda
O recurso a motores com pelo menos 2,271kW (3hp) e com uma eficiência inferior a 85% nos sistemas de ventilação	Ineficiência
Recurso à ventilação por diluição em processos que podem ser auxiliados por sistemas de aspiração de contaminantes	Ineficiência
O recurso a bocas de exaustão para controlo das emissões	Ineficiência
O recurso a exaustores centrífugos simples em tanques de galvanização com pelo menos 1,2m (4ft) de largura	Ineficiência
Um mau projeto de exaustão para uma instalação de <i>catering</i> conduz a calor, à acumulação de gordura e de fumo/vapor ou a um aumento da taxa de exaustão	Ineficiência
O equipamento de torneamento, perfuração, fresagem e de esmerilhamento não tem exaustores locais e não opera em locais fechados	Ineficiência
Utilização de exaustão contínua em processos de soldadura	Perda
O recurso a bocas de exaustão fixas no processo de soldadura	Ineficiência
O funcionamento contínuo dos sistemas de exaustão associados a processos de fundição quando não são necessários	Perda
O jato provocado pelo caudal insuflado perturba o escoamento do ar ao redor da cozinha conduzindo a calor, à acumulação de gordura e de fumo/vapor	Ineficiência
O incorreto posicionamento dos equipamentos nas paredes conduz a calor, à acumulação de gordura e de fumo/vapor ou a um aumento da taxa de exaustão	Ineficiência
A utilização de equipamentos independentes para a cozinha e para a zona de refeições	Ineficiência
Sistemas de aquecimento e de arrefecimento	
Utilização de ar forçado para aquecimento de espaços com elevado pé direito	Ineficiência
Aquecimento ou arrefecimento de espaços que não se encontram em utilização	Perda

Aquecimento do edifício com recurso exclusivo a unidades de aquecimento	Ineficiência
A exaustão de ar quente não poluído a mais de 93°C (200°F) para o exterior	Perda
Falha no restabelecimento da temperatura de espaços desocupados	Perda
Estratificação térmica devida ao aquecimento	Ineficiência
Ajuste da temperatura abaixo do ponto de orvalho	Perda
Sistemas de desumidificação ineficientes	Ineficiência
Uma má seleção das bobinas de arrefecimento	Ineficiência
O sistema AVAC insufla ar sem que este seja reaquecido	Perda
Ventiloconvectores mal isolados localizados em espaços não climatizados	Perda
Quando não necessárias, temperaturas demasiado baixas num determinado espaço resultam em desconforto, perdas energéticas, e condensação nas superfícies frias (= bolor)	Perda
O servidor (sistema de computação centralizado) rejeita calor para o espaço climatizado, aumentando a carga de arrefecimento no sistema de ar condicionado	Perda

Sistemas de distribuição AVAC

As condutas e as tubagens não têm isolamento	Perda
Registos inoperantes	Perda
Correias soltas	Ineficiência
Fendas nas condutas	Perda
Caudal de ar excessivo	Ineficiência
A não utilização da água condensada resultante do processo de condicionamento do ar	Perda
Uso excessivo de registos para atingir o equilíbrio do ar	Ineficiência
Bobinas e filtros sujos	Ineficiência
Fugas de água no sistema de tubagens	Perda
Fugas de vapor de água no sistema de tubagens	Perda
Purgadores sem manutenção	Perda
As tubagens de água gelada não possuem isolamento adequado	Ineficiência

Refrigeração

Falta de isolamento em tubagens onde o fluido circula a menos de 16°C (60°F)	Perda
Fluidos refrigerantes de baixa capacidade	Ineficiência
Congelamento das bobinas do evaporador	Ineficiência
Aumento do consumo energético devido à abertura de portas das arcas congeladoras	Perda
A utilização de equipamento sobredimensionado	Ineficiência
A utilização de condensadores de ar refrigerado	Ineficiência
Automação e controlo de sistemas	
Sistemas de controlo inoperantes e não calibrados	Ineficiência
Aquecimento e arrefecimento simultâneos	Perda
Aquecimento ou arrefecimento de espaços que não se encontram em utilização	Perda
A não utilização da técnica de arrefecimento gratuito (<i>free cooling</i>)	Perda
O sobreaquecimento ou o sub arrefecimento dos espaços	Perda
Equipamento a operar quando não é necessário	Perda

A.3. Central de energia e sistemas de distribuição

Nas Tabelas 61, 62 e 63 podem-se consultar algumas das causas que levam a perdas de água, a perdas energéticas ou a ineficiências relacionadas com as centrais de energia e com os sistemas de distribuição.

Tabela 61 Causas que conduzem à perda de água [39]

CAUSA	PERDA/ INEFICIÊNCIA
Sistema de água	
Fugas de água	Perda
Sistema de controlo de temperatura que operam 4,4°C (40°F) acima da temperatura exterior	Perda
Equipamentos de abastecimento de água que já não se encontram em uso	Perda
A utilização de bombas de alta pressão para abastecer locais distantes ao invés de se recorrer a bombas de reforço	Ineficiência
Descarga da água condensada ao invés de a usar com outros propósitos	Perda

Caldeira	
Falha no retorno dos condensados	Perda
Fendas nos vedantes, válvulas e acessórios (ex.: ligadores de tubagens)	Perda
Vazamento dos purgadores	Perda
Funcionamento da fornalha	
Água de arrefecimento aquecida é desperdiçada	Perda
Catering	
Um fluxo de água excessivo no processo de pré enxaguamento da louça	Perda

Tabela 62 Causas que conduzem a perdas energéticas e à ineficiência em centrais de energia e sistemas de distribuição [39]

CAUSA	PERDA/ INEFICIÊNCIA
Caldeira	
Mais de 5% da água da caldeira é purgada	Perda
Falha no retorno dos condensados	Perda
Fendas nos vedantes, válvulas e acessórios	Perda
Vazamento dos purgadores	Perda
Fraco tratamento da água	Ineficiência
Perdas de calor excessivas atendendo ao fraco isolamento das tubagens	Perda
Câmaras de combustão sujas	Ineficiência
Registos que apresentam mau funcionamento	Ineficiência
Sistemas de controlo inoperantes e não calibrados	Ineficiência
Tubagem da caldeira que não é limpa há pelo menos 2 anos	Ineficiência
Refratário danificado ou inexistente	Ineficiência
Aspiração dos gases não queimados	Ineficiência
Ventilação excessiva de vapores	Perda
Temperatura de vapor superior ao requerido para os processos	Ineficiência
Fornecimento de vapor a partir tubagens que abastecem áreas onde este não está a ser necessário	Perda

Mais de 20% de excesso de ar presente nos gases de combustão	Ineficiência
Gases de combustão a temperaturas acima dos 66°C (150°F) resultantes do aquecimento de água ou da temperatura atingida pelo vapor	Perda
Água purgada aquecida a mais de 60°C (140°F)	Perda
Uso de registos para controlar o caudal de ar	Ineficiência
A temperatura da superfície da caldeira, das tubagens, ou de outras superfícies quentes é superior a 52°C (125°F)	Perda
A caldeira trabalha e suspende a atividade com cargas baixas	Ineficiência
Libertação de gases para o ar livre a temperaturas superiores a 93°C (200°F)	Perda
O recurso a turbinas a vapor pouco eficientes (inferior a 65%)	Ineficiência
O recurso a torres de refrigeração ou à água de rios para condensar vapor resultante da exaustão das turbinas	Perda
O recurso a válvulas reductoras de pressão para reduzir a pressão	Ineficiência
O recurso a caldeiras com eficiências inferiores a 70%	Ineficiência
A utilização de vapor para pulverizar óleo	Ineficiência
O recurso a câmaras de combustão ineficientes	Ineficiência
Combustível a temperatura demasiado baixa para uma correta pulverização	Ineficiência
Registos que permitem o isolamento das caldeiras não automáticos	Perda
Instalação das caldeiras longe da área que estas devem fornecer	Ineficiência
Chiller	
Escoamento de água através de equipamentos que se encontram desligados	Perda
Permutadores de calor sujos	Ineficiência
Sistemas de controlo inoperantes e não calibrados	Ineficiência
Desequilíbrio dos caudais de água do sistema	Ineficiência
A temperatura do <i>chiller</i> permanece constante	Ineficiência
A temperatura da água da torre de refrigeração mantém-se constante	Ineficiência
Utilização de equipamento sobredimensionado	Ineficiência
Necessidade de energia excessiva nas condições de carga parcial	Ineficiência

O <i>chiller</i> recorre a bombas de remoção de condensados de velocidade constante	Ineficiência
Estratégias de controlo do <i>chiller</i> ineficientes	Ineficiência
Desumidificação/reaquecimento ineficiente	Ineficiência
Não ocorre recuperação do calor perdido pelo <i>chiller</i>	Perda
O <i>chiller</i> existente fornece uma carga de arrefecimento insuficiente	Ineficiência
Os bicos pressurizados das torres de refrigeração encontram-se sujos	Perda
As torres de refrigeração possuem fissuras ou há purga em excesso	Ineficiência
Chicanas e <i>drift eliminators</i> em mau estado	Ineficiência
Purga da água proveniente das bacias das torres de refrigeração e dos coletores de fornecimento	Ineficiência
O controlo das bombas e dos ventiladores não se encontra baseado na temperatura da água das torres de arrefecimento	Ineficiência
As pás dos ventiladores da torre de refrigeração não se ajustam à carga nem à estação	Ineficiência
Não existem condutas de descarga no sistema de ventilação para recuperação de velocidade	Ineficiência

Tabela 63 Causas que conduzem a perdas energéticas e à ineficiência em sistemas de ar comprimido [39]

CAUSA	PERDA/ INEFICIÊNCIA
Secadores em modo <i>standby</i>	Perda
Fendas nos vedantes, válvulas e acessórios	Perda
Permutadores de calor sujos	Perda
Filtros de ar sujos	Perda
A exaustão de ar quente a mais de 66°C (150°F) para o exterior	Perda
Tabuleiro de condensados sujo	Perda
Sistemas de controlo inoperantes e não calibrados	Ineficiência
As pressões nas tomadas de pressão são superiores às necessárias	Perda

Necessidade de energia excessiva nas condições de carga parcial	Ineficiência
Utilização de ar comprimido para processos de arrefecimento, agitação de líquidos, movimento de produtos, ou secagem	Ineficiência
Fornecimento de ar comprimido a espaços que não se encontram em utilização	Perda
A utilização de equipamento sobredimensionado	Ineficiência
A utilização do ar do edifício (quente) como ar de entrada dos compressores	Ineficiência
Falhas no sistema de controlo do compressor	Ineficiência

A.4. Sistema de iluminação

Foi já mencionada a necessidade de se proceder a uma classificação de cada espaço relativamente ao tipo de comando de iluminação. Relembra-se que o fio condutor da presente dissertação assenta no caso particular de uma escola de ensino secundário, sendo que os conceitos e exemplos apresentados se dirigem a esta. Desta forma, e seguindo a estruturação proposta pela Parque Escolar em [38], expõem-se de seguida as distinções definidas relativamente ao tipo de comando e as respetivas especificações:

[A] Espaços de ocupação temporária (ex.: espaços de ensino, gabinetes de docentes e gabinetes de atendimento)

A.1 Comando local por interruptor ou comutador de lustre

A.2 Nos espaços de ensino com docentes deverão existir dois comandos de iluminação localizados à entrada do espaço:

1. Iluminação entre o quadro do professor e o vídeo projetor;
2. Iluminação do restante espaço

[B] Espaços de ocupação permanente (ex.: áreas administrativas, biblioteca, reprografia, cafetaria e cozinha)

Comando local (interruptor ou comando de lustre) no interior dos espaços

Comando de iluminação em quadro próprio (no caso da biblioteca);

[C] Espaços de circulação, balneários e instalações sanitárias

Comando remoto que atua no quadro elétrico nos circuitos de iluminação

- Espaços de circulação: a iluminação dos espaços de circulação deverá estar associada a sensores crepusculares e a um comando horário (organizado de acordo com o horário de atividade das aulas) ligado ao Sistema de Informação Horária e Gestão Técnica Centralizada (após o fecho da escola, a iluminação das circulações deverá ser desligada centralmente pela GTC);

- Instalações sanitárias: com luz natural: circuito de iluminação próprio com sensor múltiplo, crepuscular/presença com capacidade de regulação até 15 minutos; sem luz natural: circuito de iluminação próprio com sensor de presença com a capacidade de regulação até 15 minutos;

- Balneários: comandos de iluminação em quadro próprio;

[D] Espaço polivalente / sala de exposições;

Quadro próprio para os comandos de iluminação (preferencialmente em sala anexa);

[E] Áreas desportivas

Quadro próprio para os comandos de iluminação (preferencialmente em sala anexa).

A Tabela 64 sumariza os níveis de iluminação recomendados para os espaços funcionais referenciados pela Parque Escolar e a designação desses mesmos espaços de acordo com a Norma Europeia EN 12646-1:2002 (valores em Lux mantidos para superfícies horizontais) [38].

Tabela 64 Níveis de iluminação recomendados para espaços funcionais referenciados pela PE [38]

DESIGNAÇÃO DO ESPAÇO (PE)	DESIGNAÇÃO NA NORMA / PONTO DA NORMA	NÍVEL MÉDIO DE ILUMINAÇÃO (LUX)	UGR
Sala de aula normal	<i>Classroom</i>	300	19
Quadro do professor	<i>Black board</i>	500	19
Sala de aula normal com utilização noturna e para formação de adultos	<i>Classroom for evening classes and adults educations</i>	500	19
Sala de aula TIC	<i>Computer practice rooms</i>	500	19
Sala de desenho normal	<i>Art rooms</i>	500	19
Sala de desenho técnico	<i>Technical drawing rooms</i>	750	16
Salas de artes numa escola de artes	<i>Art rooms in art schools</i>	750	19
Oficina e laboratório (física, química, línguas, etc.	<i>Practical rooms and laboratories</i>	500	19
Sala de preparação do laboratório	<i>Preparation rooms and workshops</i>	500	22
Educação tecnológica	-	500	19
Estúdio de multimédia	-	300	19

Salas de apoio aos estudantes sem a presença de docentes	-	300	19
Área destinada a trabalho de docentes	-	500	19
Áreas destinadas ao ensino-aprendizagem informal	-	300	19
Áreas de atividades letivas complementares (“clubes”) e a exibição de trabalhos / conteúdos didáticos	<i>Student commom rooms and assembly halls</i>	200	22
Áreas administrativas, gabinetes de atendimento ou não, salas de reuniões	<i>Writing, typing, Reading, data processing</i>	500	19
Gabinete de psicologia; posto de primeiros socorros	<i>Rooms for medical attention</i>	500	19
Reprografia	<i>Filing, copyin, etc.</i>	300	19
Biblioteca / zona de prateleiras	<i>Bookshelves</i>	200	19
Biblioteca / zona de leitura	<i>Reading areas</i>	500	19
Espaço polivalente	-	500	19
Auditório	<i>Conference and meeting rooms</i>	500	19
Sala de exposições / espaços museológicos	-	500	19
Ginásio	<i>Sports halls, gymnasiums, swimming pools (general use)</i>	300	22
Polidesportivo coberto	<i>Sports halls, gymnasiums, swimming pools (general use)</i>	EN12193	-
Balneários e casas de banho	<i>Cloakrooms, washrooms, bathrooms, toilets</i>	200	25
Entrada / receção	<i>Entrance halls</i>	200	22
Zonas de circulação, corredores	<i>Circulation áreas, corredors</i>	100	25
Escadas	<i>Stairs</i>	150	25

Loja de conveniência do estudante	<i>Sales area</i>	300	22
Áreas sociais e de convívio	<i>Student commom rooms and assembly halls</i>	200	22
Arrecadações	<i>Stock rooms for teaching materials</i>	100	25
Arquivo	<i>Archives</i>	200	25
Refeitório e cafetaria	<i>School canteens</i>	200	22
Cozinha	<i>Kitchen</i>	500	22

Nota 1: [característica técnica] espaços de trabalho (locais destinados ao ensino, gabinetes de professores, zonas administrativas, etc.) devem ser equipados de luminárias de secção retangular (mono-lâmpada), providas de lâmpadas fluorescentes T5/16mm, potência de 35W ou 49W e equipada com balastro eletrónico multi-potência [38]

Nota 2: [característica técnica] espaços com especificidades distintas das mencionadas no tópico anterior – sejam eles balneários, espaços polivalentes, escadarias, átrios, etc. – devem ser munidos, sempre que possível, de luminárias mono-lâmpada, com lâmpadas de 35W ou 49W [38]

Na tabela 65 apresenta-se ainda um conjunto de possíveis explicações para eventuais perdas energéticas ou ineficiências associadas aos sistemas de iluminação instalados.

Tabela 65 Causas que conduzem a perdas energéticas ou à ineficiência dos sistemas de iluminação [39]

CAUSA	PERDA/ INEFICIÊNCIA
A iluminação do espaço é superior à necessária para a realização da tarefa	Perda
A iluminação artificial permanece ligada em espaços providos de iluminação natural durante o período diurno	Perda
Todo o piso do edifício permanece iluminado mesmo quando apenas existe um pequeno número de pessoas a trabalhar	Perda
A iluminação permanece ligada em espaços desocupados	Perda
A iluminação exterior permanece ligada no período diurno	Perda
A iluminação exterior ilumina o céu em vez das estradas e dos passeios	Ineficiência
Lâmpadas incandescentes do tipo “A”	Ineficiência
Lâmpadas fluorescentes T8 antigas e balastros eletrónicos	Ineficiência

O recurso a tecnologia antiga como ocorre com as lâmpadas fluorescentes T12 com balastros magnéticos	Ineficiência
O recurso a lâmpadas incandescentes para iluminação geral em vez de lâmpadas fluorescentes compactas	Ineficiência
O recurso a lâmpadas fluorescentes de cor quente	Ineficiência
Utilização de elevados níveis de iluminação ambiente para a realização de tarefas ao invés de se optar por iluminação localizada associada a um nível de iluminação ambiente reduzido	Ineficiência
O recurso a lâmpadas e balastros de vapor de mercúrio	Ineficiência
O recurso a sinalética para saída de emergência que não possui tecnologia LED	Ineficiência
O recurso a lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão em ambientes interiores	Ineficiência
O recurso a luminárias de baixa performance que desperdiçam mais luz do que a que realmente direcionam para a zona de trabalho	Ineficiência
Falta de iluminação na zona de trabalho e níveis de iluminação superiores a 324 lux	Perda
O recurso a iluminação incandescente nos exaustores e nas salas de jantar em vez de se utilizar iluminação fluorescente compacta	Ineficiência

A.5. Sistema elétrico

Da tabela 66 consta um conjunto de fatores que podem acarretar perdas energéticas ou ineficiências devidas ao sistema elétrico.

Tabela 66 Causas que conduzem a perdas energéticas ou à ineficiência dos sistemas elétricos [39]

CAUSA	PERDA/ INEFICIÊNCIA
Motores	
Funcionamento dos motores quando não está a ser necessário	Perda
Motores com potência acima de 3hp e com um rendimento inferior a 85%	Ineficiência
Substituição dos enrolamentos de um motor por mais de duas vezes	Ineficiência
O recurso a motores dois tamanhos acima do requerido	Ineficiência
O recurso a motores com rendimentos standardizados	Ineficiência

A utilização de motores de velocidade constante para uma ampla gama de cargas	Ineficiência
Ineficiência do motor do ventilador evaporador para frigoríficos/congeladores aplicados às instalações de <i>catering</i>	Ineficiência
Bombas	
As bombas de condensado necessitam de reparação	Perda
As bombas sem variação de velocidade (circuito primário) têm potências acima de 5hp	Ineficiência
Bombas de condensados sem variação de velocidade	Ineficiência
Transformadores	
Transformadores sobredimensionados	Ineficiência
Transformadores alimentados em edifícios abandonados	Perda
As conexões de aterramento do transformador não estão corretas	Ineficiência

A.6. Automação de processos

A tabela 67 apresenta algumas das causas que podem conduzir a desperdícios energéticos assim como a ineficiências.

Tabela 67 Causas que conduzem a perdas energéticas ou à ineficiência na automação de processos [39]

CAUSA	PERDA/ INEFICIÊNCIA
Sistema de ventilação	
O sistema de ventilação opera continuamente mesmo quando não está a ser realizado qualquer processo	Perda
O sistema de exaustão central opera com um escoamento de ar constante apesar dos diversos processos industriais: ocorre contaminação simultânea em menos de 75% das áreas de trabalho	Perda
Sistemas de aquecimento e de arrefecimento Caldeira & Chiller	
Falha no restabelecimento da temperatura de espaços desocupados	Perda
A caldeira trabalha e suspende a atividade com cargas baixas	Ineficiência
Sistemas de controlo inoperantes e não calibrados	Ineficiência
Estratégias de controlo do <i>chiller</i> ineficientes	Ineficiência

O controlo das bombas e dos ventiladores não se encontra baseado na temperatura da água das torres de arrefecimento	Ineficiência
Sistemas de ar comprimido	
Sistemas de controlo inoperantes e não calibrados	Ineficiência
Falha no sistema de controlo do compressor	Ineficiência
Sistema de iluminação	
A iluminação exterior permanece ligada no período diurno	Perda
Todo o piso do edifício permanece iluminado mesmo quando apenas existe um pequeno número de pessoas a trabalhar	Perda
A iluminação permanece ligada em espaços desocupados	Perda
A iluminação exterior permanece ligada no período diurno	Perda
Sistema elétrico	
Funcionamento dos motores quando não está a ser necessário	Perda
A utilização de motores de velocidade constante para uma ampla gama de cargas	Ineficiência
As bombas sem variação de velocidade (circuito primário) têm potências acima de 5hp	Ineficiência
Bombas de condensados sem variação de velocidade	Ineficiência
As conexões de aterramento do transformador não estão corretas	Ineficiência
Processos	
O funcionamento contínuo dos sistemas de exaustão associados a processos de fundição quando não são necessários	Perda
Utilização de exaustão contínua em processos de soldadura	Perda
Sistemas de controlo das câmaras de combustão inoperantes e não calibrados	Ineficiência
Mais de 20% de excesso de ar presente nos gases de combustão	Ineficiência
A câmara de combustão trabalha e suspende a atividade com cargas baixas	Ineficiência
Registos que permitem o isolamento das caldeiras não automáticos	Ineficiência

A.7. Processos industriais

De acordo com o previamente referenciado, a abordagem feita aos processos industriais é leviana, tendo havido um maior esforço de concentração em apenas duas áreas que se

consideram de maior interesse – *catering* e armazenamento. As causas de perdas energéticas e ineficiências encontram-se explanadas na Tabela 68.

Tabela 68 Causas que conduzem a perdas energéticas e à ineficiência dos processos de *catering* e de armazenamento [39]

CAUSAS	PERDA/ INEFICIÊNCIA
Catering	
Um fluxo de água excessivo no processo de pré enxaguamento da louça	Perda
O recurso a iluminação incandescente nos exaustores e nas salas de jantar em vez de se utilizar iluminação fluorescente compacta	Ineficiência
Aumento do consumo energético devido à abertura de portas das arcas congeladoras	Perda
Ineficiência do motor do ventilador evaporador para frigoríficos/congeladores	Ineficiência
Uso desnecessário de refrigeradores ou mecanismos que favorecem o não embaciamento das portas dos congeladores (por aquecimento)	Perda
Fritadeiras ineficientes	Ineficiência
Fornos de convecção ou fornos de vapor misto ineficientes	Ineficiência
Um mau projeto de exaustão para uma instalação de <i>catering</i> conduz a calor, à acumulação de gordura e de fumo/vapor ou a um aumento da taxa de exaustão	Ineficiência
O jato provocado pelo caudal insuflado perturba o escoamento do ar ao redor da cozinha conduzindo a calor, à acumulação de gordura e de fumo/vapor	Ineficiência
A temperatura da água quente apresenta um valor nominal elevado	Perda
Perda de calor através da chaminé do tanque de armazenamento de água quente	Perda
A adição de água fria (resultante da linha de recirculação) ao equipamento de aquecimento de água resulta em perdas energéticas quando as instalações não estão a operar	Perda
Armazenamento	
Manter a temperatura do espaço acima dos 20°C (68°F) no inverno	Perda
Infiltrações significativas nas portas existentes nas docas de carga e descarga de camiões	Perda
Os níveis de iluminância são superiores a 161 lux	Perda
O consumo de energia para a iluminação diurna	Perda

ANEXO B: Projeto AUDITAC

Intitulado de “Inspeção dos Sistemas de Ar-Condicionado”, passa-se a citar o artigo 9, presente na diretiva 2002/91/CE [13]:

“No que se refere à redução do consumo de energia e à limitação das emissões de dióxido de carbono, os Estados-Membro devem estabelecer as medidas necessárias para uma inspeção regular dos sistemas de ar condicionado com potência nominal útil superior a 12kW.

Essa inspeção inclui uma avaliação do desempenho do sistema de ar condicionado e a adequação da sua potência em função dos requisitos de climatização do edifício. Devem ser fornecidas aos utilizadores recomendações sobre a eventual melhoria ou substituição do sistema de ar condicionado e soluções alternativas.”

De acordo com [46], o projeto AUDITAC deve ser encarado como ferramenta para auditorias em AVAC, estabelecendo, para tal, um conjunto de premissas. Desta forma, permitirá que os Estados-Membro acelerem o processo de implementação das inspeções ao ar-condicionado tal como sugerido na EPBD, permitirá que se gere um número de demonstrações de campo e *benchmarks* de inspeções e auditorias em ar condicionado e irá favorecer a promoção de melhores exemplos práticos.

Tabela 69 ECO's correspondentes à envolvente e cargas térmicas [46]

ENVOLVENTE E CARGAS TÉRMICAS	
CÓDIGO	ECO
Redução de ganhos solares/Melhoria do controlo da iluminação natural	
E1.1	Colocação de filme protetor nas janelas ou optar por vidros com coloração
E1.2	Instalação de persianas, cortinas ou telas
E1.3	Acionar persianas, cortinas ou telas
E1.4	Substituir persianas internas por dispositivos externos
E1.5	Fechar varandas por forma a provocar efeito de estufa
E1.6	Promover alterações de vegetação por forma a poupar energia
E1.7	Promover a manutenção de janelas e portas
Ventilação/Movimento do ar/Melhoria das infiltrações de ar	
E2.1	Permitir a abertura/fecho de janelas e portas por forma a adequar ao clima

E2.2	Assegurar a ventilação adequada dos sótãos
E2.3	Otimização das correntes convectivas em escadas e poços
E2.4	Corrigir as excessivas infiltrações de ar
E2.5	Isolar e selar as infiltrações de ar
E2.6	Promover a ventilação no período noturno
E2.7	Inserção de fechos automáticos nas portas que separam espaços climatizados de não-climatizados
E2.8	Substituição de portas por forma a diminuir as infiltrações
Melhoria do isolamento da envolvente	
E3.1	Melhorar o isolamento de telhados planos pelo exterior
E3.2	Melhorar o isolamento dos sótãos
E3.3	Adicionar isolamento nas paredes exteriores preenchendo cavidades
E3.4	Adicionar isolamento nas paredes exteriores pelo lado exterior
E3.5	Adicionar isolamento exterior às paredes das caves
E3.6	Melhorar o isolamento do piso que se encontra acima do espaço com movimento
E3.7	Localizar as pontes térmicas e minimizar os seus efeitos
E3.8	Cobrir, isolar ou suprimir portas/janelas desnecessárias
E3.9	Utilizar vidros duplos ou triplos
Outras ações destinadas à remoção das cargas térmicas	
E4.1	Redução do pé-direito efetivo das divisões
E4.2	Usar cores apropriadas no exterior
E4.3	Recorrer a arrefecimento evaporativo por pulverização do teto com água
E4.4	Promover a redução da procura de energia elétrica nos picos de consumo recorrendo a cortes de energia
E4.5	Substituir o equipamento elétrico por equipamentos <i>Energy Star</i> ou de baixo consumo energético
E4.6	Substituir o equipamento de iluminação por outro de baixo consumo
E4.7	Ajustar os interruptores de acordo com a iluminação natural disponível em cada área

E4.8	Introdução de sensores de movimento/ocupação por forma a atuarem os interruptores de iluminação
------	---

Tabela 70 ECO's correspondentes à instalação [46]

INSTALAÇÃO	
CÓDIGO	ECO
BEMS (<i>Building Energy Management Systems</i>) e controlo	
P1.1	Instalação de um sistema BEMS – central de gestão técnica centralizada
P1.2	Estabelecer a localização mais adequada para novos equipamentos de medição de consumos energéticos (contadores)
P1.3	Modificar os controlos por forma a sequenciar o aquecimento/arrefecimento
P1.4	Modificar os controlos por forma a ajustar os pontos de disparo do sistema AVAC, função das condições climáticas exteriores
P1.5	Proporcionar o controlo de velocidades variáveis
P1.6	Utilizar motores elétricos de primeira qualidade
P1.7	Reduzir o consumo de equipamentos auxiliares
Equipamento de arrefecimento/<i>Free cooling</i>	
P2.1	Minimizar as influências externas adversas (incidência solar direta, obstruções ao escoamento de ar, etc.) nas torres de arrefecimento e nos condensadores (unidades de tratamento de ar, sistemas de fluxo de refrigerante variável, etc.)
P2.2	Redução da potência de compressores/instalação de compressores de menor dimensão
P2.3	Repartir a carga de arrefecimento por vários <i>chillers</i>
P2.4	Reposicionamento (em paralelo ou em série) dos <i>chillers</i> e compressores
P2.5	Melhorar o controlo centralizado do <i>chiller</i>
P2.6	Reposicionar ou melhorar as bombas de calor e o equipamento de refrigeração
P2.7	Alimentar os condensadores com água proveniente de fontes naturais
P2.8	Investir no arrefecimento evaporativo
P2.9	Ponderar a utilização de água subterrânea para o arrefecimento
P2.10	Ponderar o <i>free cooling</i> indireto com recurso à torre de arrefecimento

P2.11	Ponderar o <i>free cooling</i> indireto com recurso a permutadores ar-água exteriores
P2.12	Ponderar a utilização do calor dissipado através da reabsorção deste por parte do sistema
P2.13	Ponderar opções de armazenamento de frio
P2.14	Utilizar o calor rejeitado do condensador para reaquecimento do ar
Tratamento de ar/Recuperação de calor/Distribuição de ar	
P3.1	Reduzir a potência (tamanho) do motor quando sobredimensionado
P3.2	Reposicionar o motor afastando-o da corrente de ar
P3.3	Utilizar ventiladores com a melhor classificação da EUROVENT
P3.4	Recorrer a unidades de tratamento de ar de classe elevada
P3.5	Ponderar a aplicação de desumidificação química
P3.6	Aplicação de ventiladores de caudal variável
P3.7	Ponderar a aplicação de sistemas VAV (volume de ar variável)
P3.8	Permitir a exaustão do ar arrefecido pelos condensadores e pelas torres de arrefecimento
P3.9	Introduzir a recuperação de calor na exaustão
P3.10	Ponderar a aplicação de controlo manual à ventilação
P3.11	Proporcionar o aumento do caudal de ar exterior admitido
P3.12	Substituição das condutas que possuem fissuras
P3.13	Alterar a rede de condutas por forma a minimizar as perdas de carga
P3.14	Instalação de válvulas de anti-retorno no sistema de ventilação
Tratamento de água/Distribuição de água	
P4.1	Utilizar bombas de classe elevada
P4.2	Modificar a canalização por forma a reduzir as perdas de carga
P4.3	Converter os sistemas de 3 tubos para sistemas de 2 ou 4 tubos
P4.4	Instalação de sistemas de bombagem independentes de acordo com as diferentes necessidades de cada zona
P4.5	Proporcionar a bombagem de volume variável
Unidades terminais	

P5.1	Ponderar a aplicação de vigas e tetos refrigerados
P5.2	Introdução de serpentinas de re-arrefecimento em zonas com elevadas cargas de arrefecimento
P5.3	Promover o aumento das áreas de permuta de calor, nos permutadores de calor
P5.4	Ponderar a ventilação por deslocamento
P5.5	Instalação localizada de sistemas AVAC (em situações de desconforto localizado)
Substituição de sistemas	
P6.1	Ponderar o circuito fechado das bombas de aquecimento
P6.2	Ponderar a aplicação de sistemas VRF (caudal de refrigeração variável)

Tabela 71 ECO's correspondentes à operação e manutenção [46]

OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	
CÓDIGO	ECO
Gestão das instalações	
O1.1	Elaborar um manual de instruções para os ocupantes
O1.2	Contratar ou nomear um gestor de energia
O1.3	Realização de atividades de operação e manutenção energeticamente eficientes
O1.4	Introduzir objetivos referentes à eficiência energética do edifício no contrato de operação e manutenção
O1.5	Introduzir <i>benchmarks</i> , medição e monitorização como cláusula do contrato de operação e manutenção, com indicação dos valores em gráficos e tabelas
O1.6	Atualização da informação relativa ao sistema/ edifício e procedimento de operação e manutenção para manter a continuidade e reduzir os custos associados à resolução de problemas
O1.7	Verificar se a equipa responsável pela operação e manutenção possuem ferramentas de diagnóstico atualizadas
Sistema AVAC geral	
O2.1	Utilização de sistemas de contabilidade energética responsáveis pela identificação de oportunidades de poupança e medir o sucesso das medidas de poupança energética
O2.2	Deligar os equipamentos de ar-condicionado quando não são necessários

O2.3	Desligar equipamentos auxiliares quando não são necessários
O2.4	Manter o controlo dos valores de <i>setpoint</i> do sistema
O2.5	Ajustar os valores internos de <i>setpoint</i> às condições climáticas exteriores
O2.6	Implementação de um ciclo de pré-ocupação
O2.7	Permitir que o aquecimento e o arrefecimento se tornem sequenciais
O2.8	Adotar uma estratégia de controlo de velocidade variável
Equipamento de arrefecimento	
O3.1	Desligar o sistema do <i>chiller</i> quando este não é solicitado
O3.2	Sequenciar a utilização de múltiplas unidades
O3.3	Reposicionamento (em paralelo ou em série) dos <i>chillers</i>
O3.4	Definir e otimizar o horário de utilização dos <i>chillers</i>
O3.5	Manter a frequência e o tempo de operação dos <i>chillers</i> (reversíveis)
O3.6	Melhorar a operação de controlo das cargas parciais
O3.7	Manter temperaturas apropriadas de evaporação e de condensação
O3.8	Aumentar a temperatura à saída do <i>chiller</i> e a pressão do gás admitido
O3.9	Diminuir a temperatura e pressão da água condensada
O3.10	Verificação da localização e da funcionalidade dos <i>chillers</i> (reversíveis)
O3.11	Manter uma fusão eficiente (<i>chillers</i> reversíveis)
O3.12	Manter uma taxa de calor admitido da fonte quente e dissipado para a fonte fria aceitáveis
O3.13	Manter em funcionamento o dispositivo de expansão do <i>chiller</i> (reversível)
O3.14	Verificar as perdas do <i>chiller</i> (reversível) quando este se encontra em modo <i>standby</i>
O3.15	Manter o fluido refrigerante a plena carga
O3.16	Limpar o condensador/evaporador e substituir as alhetas danificadas
O3.17	Limpar os tubos do condensador periodicamente
O3.18	Reparar ou melhorar o isolamento do <i>chiller</i>

O3.19	Garantir a manutenção dos circuitos da torre de arrefecimento e das superfícies de troca de calor dos permutadores
O3.20	Aplicação de <i>free cooling</i> indireto com recurso à torre de arrefecimento existente
Tratamento e distribuição de ar/água	
O4.1	Ponderar a alteração da temperatura de distribuição do ar
O4.2	Promover a ventilação no período noturno
O4.3	Desligar os circuladores de bobinas quando não são solicitados
O4.4	Substituição dos <i>dampers</i> de mistura
O4.5	Ajustar as correias do ventilador
O4.6	Promover a eliminação das fugas de ar
O4.7	Aumentar o caudal de ar admitido proveniente do exterior
O4.8	Ajustar/equilibrar o sistema de ventilação
O4.9	Redução do caudal de ar consoante as reais necessidades
O4.10	Verificar o protocolo de manutenção por forma a reduzir perdas de pressão
O4.11	Redução de fugas de ar nas condutas
O4.12	Limpar as pás do ventilador
O4.13	Manutenção das <i>drives</i>
O4.14	Limpeza/substituição regular dos filtros
O4.15	Reparar/melhorar o isolamento de condutas, tubagens e depósitos
O4.16	Ponderar a possibilidade do aumento da diferença de temperatura entre a entrada e a saída da água, e a redução do caudal para que se diminua a potência de bombagem
O4.17	Equilibrar a rede de distribuição de água
O4.18	Purga do ar da rede de distribuição de água
O4.19	Desligar as bombas de circulação quando não solicitadas
O4.20	Atentar o nível da água no vaso de expansão
O4.21	Reparar as fugas de água
O4.22	Redução dos caudais de água para as reais necessidades

ANEXO C: Complexo Escolar

C.1. Caracterização

Para que melhor se compreenda a orgânica e a dimensão associadas ao complexo escolar, optou-se por apresentar cinco pormenorizações da planta do complexo, uma por cada piso. Desta forma, à Figura 75 corresponde o piso -1, à Figura 76 o piso 0, à Figura 77 o piso 1, à Figura 78 o piso 2 e, por fim, à Figura 79 o piso 3.

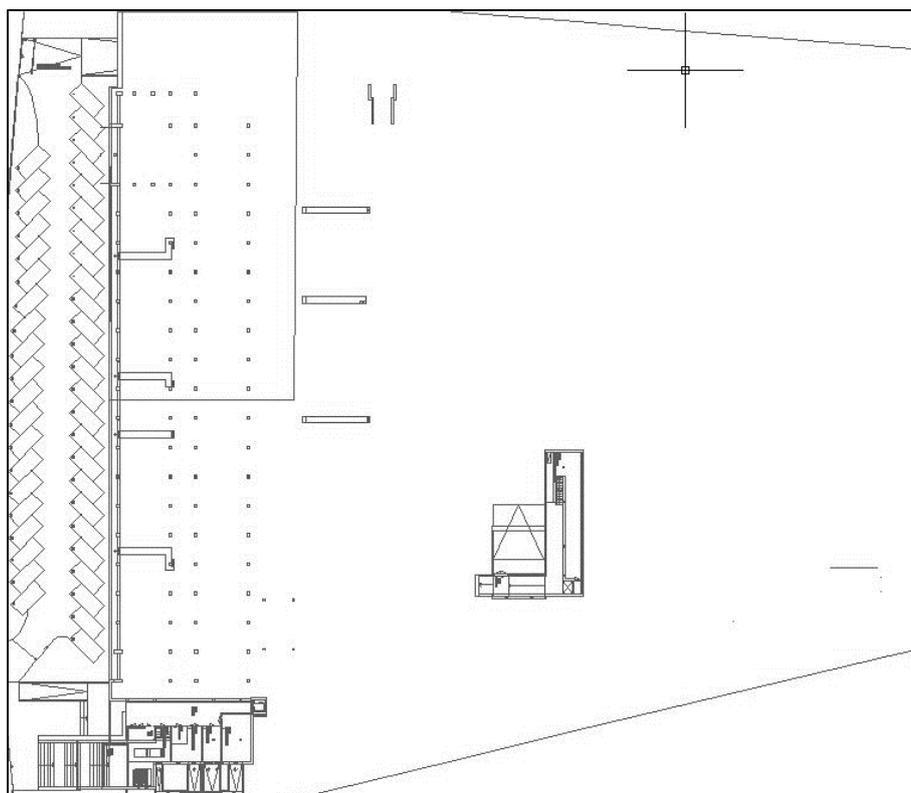


Figura 75 Pormenor da planta do piso -1.

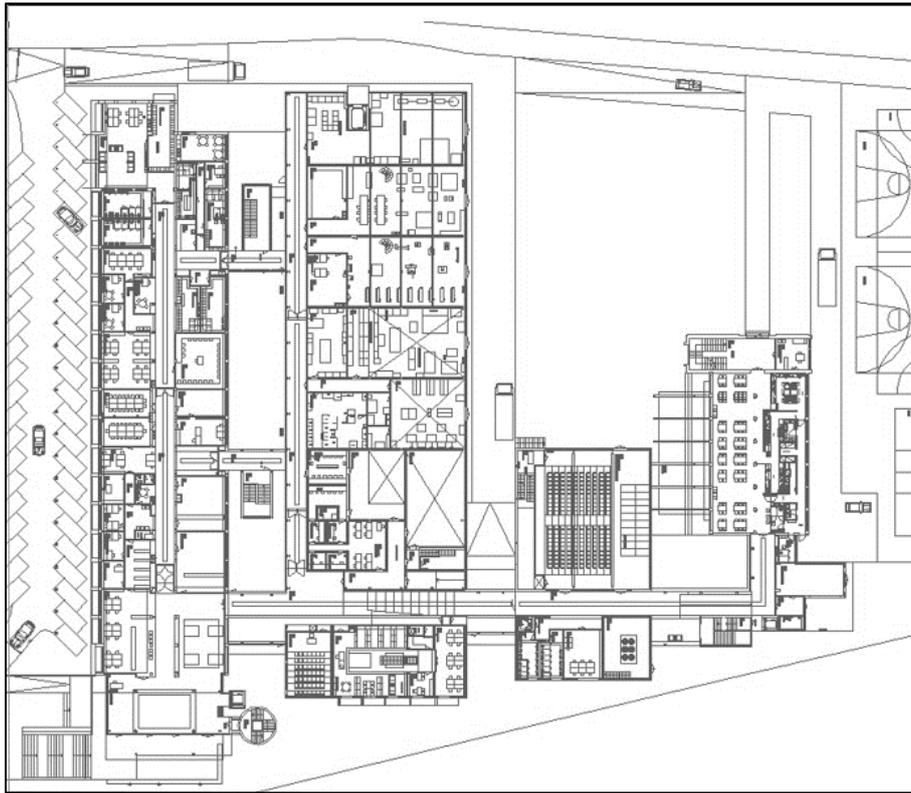


Figura 76 Pormenor da planta do piso 0.

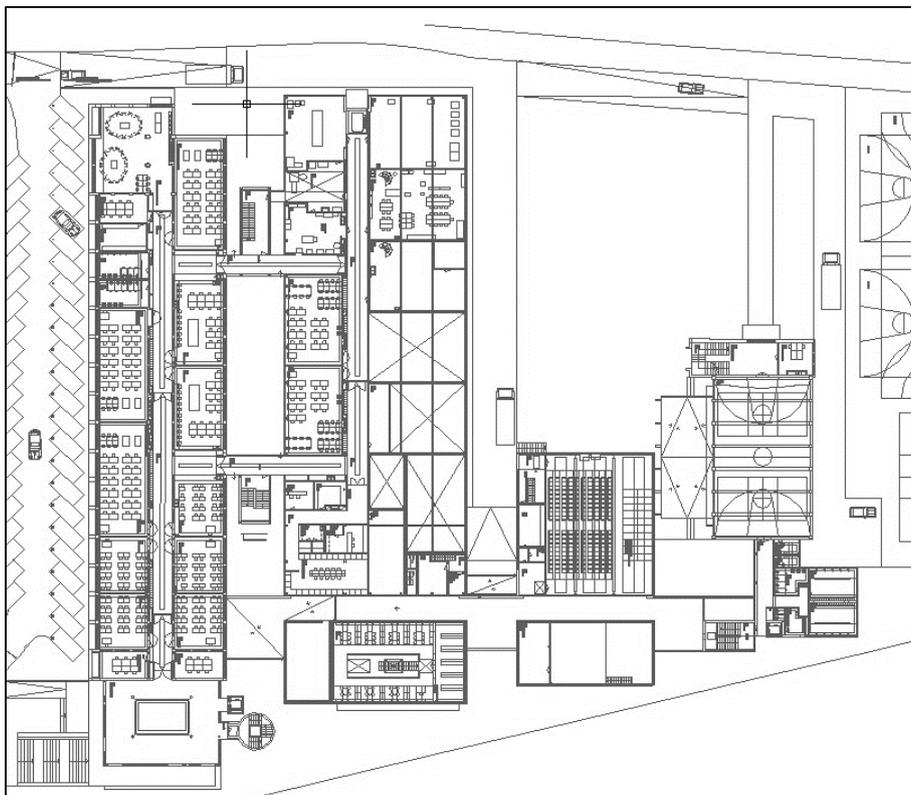


Figura 77 Pormenor da planta do piso 1.

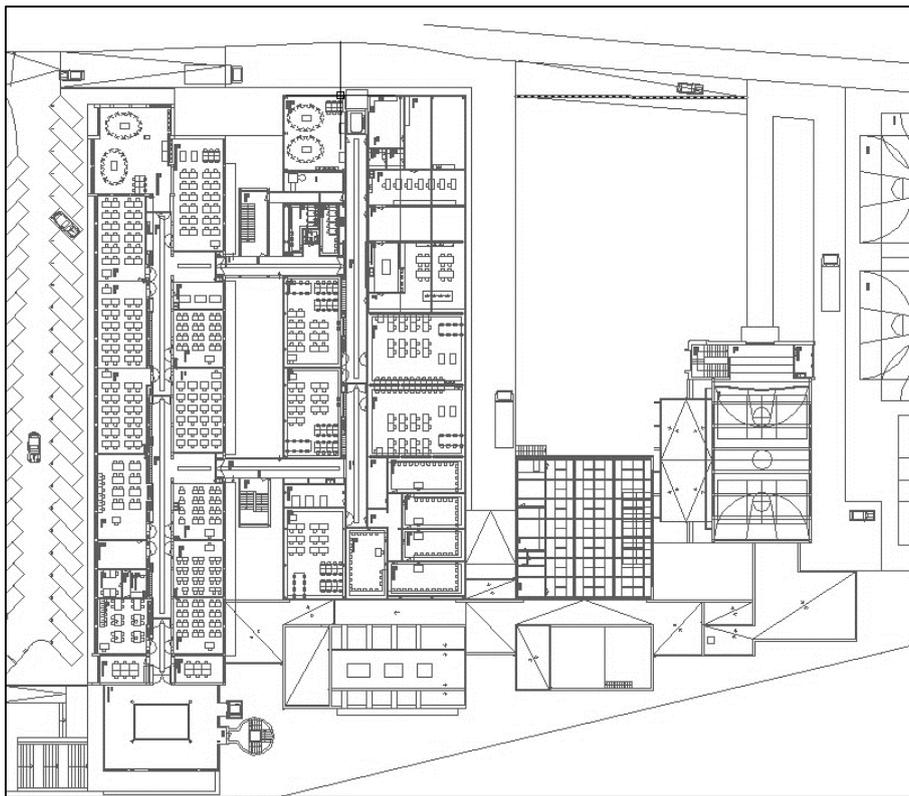


Figura 78 Pormenor da planta do piso 2.

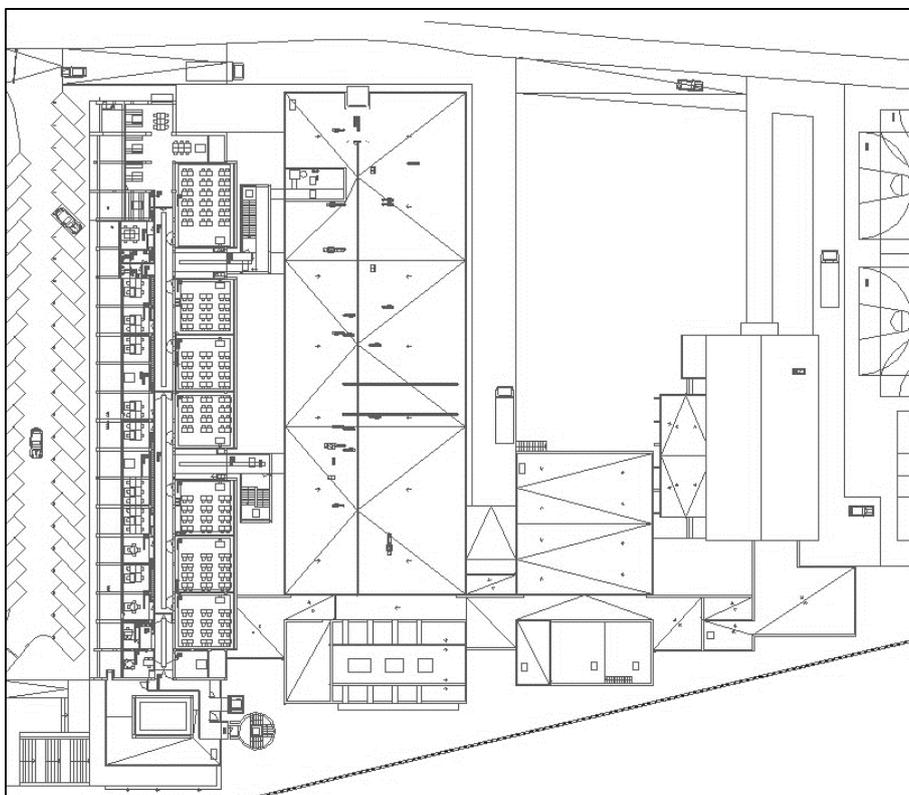


Figura 79 Pormenor da planta do piso 3.

Nas Tabelas 72, 73, 74, 75 e 76 promove-se uma descrição resumida das atividades alocadas aos espaços que constituem o complexo escolar. Decidiu-se organizar a informação por blocos, atribuindo a cada piso as áreas funcionais atuantes.

Tabela 72 Principais tipologias dos espaços do Bloco A

BLOCO A	
PISO	PRINCIPAIS TIPOLOGIAS DOS ESPAÇOS
-1	[Área técnica] - bombagem e cisterna, posto de transformação, sala dos quadros elétricos, grupo eletrogéneo, posto de seccionamento
0	[Átrio/Galeria/PBX/Museu]; [Direção/Coordenação]; [Secretaria]; [Reprografia]; [Loja/Papelaria]; [Direção de turma]; [Instalações pessoal não docente]; [Gabinetes] – chefe de serviços, gabinetes de atendimento, gabinetes de cargos diretivos e administrativos; [Associação de pais]; [Servidor]; [Laboratório de informática]; [Salas] - sala dos professores, salas reuniões/convívio, sala de reuniões/grupo solidariedade e coesão social, sala de ensino recorrente, sala encarregado pessoal, sala convívio, sala de trabalho dos diretores de turma; [Arquivo atual]; [Vestiários/I.s.]; [Área de circulação]
1	[Galeria/Museu]; [Salas] - salas de modelos, sala de aulas, sala de desenho com estiradores, sala de projeto, sala de desenho com cavaletes; [Gabinetes] – gabinete de <i>design</i> de comunicação, gabinete de comunicação audiovisual; [I.s.]; [Área de circulação]
2	[Galeria]; [Gabinetes] - gabinete de produção artística, gabinete de <i>design</i> do produto; [Salas] sala de aulas, sala de desenho com estiradores, sala de desenho com cavaletes, salas de geometria; [Zona de impressão]; [Laboratórios] - laboratório de química, laboratório de física; [Área de circulação]
3	[Área técnica]; [Arquivo]; [Gabinetes] - gabinete ensino especial, gabinete de psicologia, gabinete de matemática e de física e química aplicadas, gabinete de geometria descritiva, gabinete de projeto e tecnologia 10ºano, gabinete história das artes, gabinete de filosofia; [Salas] - sala de aulas; [Departamento] - departamento das línguas; [I.s.]; [Área de circulação]

Tabela 73 Principais tipologias dos espaços do Bloco B

BLOCO B	
PISO	PRINCIPAIS TIPOLOGIAS DOS ESPAÇOS
0	[Área de circulação]; [Arrumos/Arrecadação]; [Gabinetes] – gabinete professor bibliotecário; [Salas] – ilhas de pós-produção, metais, madeira, composição tipográfica, OFFSET, serigrafia, fotomecânica, cerâmica (pastas, fornos, gessos), régie, camarins; [Estúdios] – estúdio grande, estúdio pequeno; [Casa das máquinas]
1	[Área de circulação]; [Arrumos]; [Pátio/Produtos tóxicos]; [Estúdios] – estúdio de fotografia; [Laboratórios] – laboratório individual, laboratório coletivo, laboratório de película; [Salas] – sala de montagem, sala de projeto 10ºano, polímeros, cerâmica/olaria, joalheria, cerâmica/pintura; [Regie]; [Cabine voice off]; [Casa das máquinas]
2	[Área de circulação]; [I.s.]; [Arrumos]; [Salas] – sala multimédia, sala fotografia, sala de modelação e animação 3D, sala de projetos e tecnologias, sala de <i>design</i> de comunicação, sala de <i>design</i> do produto, sala RPE, sala de figurinos e confeção, sala de tapeçaria, sala de tecelagem, sala de tinturaria; [Zona de impressão]; [Câmara de gravação]

Tabela 74 Principais tipologias dos espaços do Bloco C

BLOCO C	
PISO	PRINCIPAIS TIPOLOGIAS DOS ESPAÇOS
0	[Área de circulação]; [Biblioteca]; [Arrumos]; [Anfiteatro]
1	[Biblioteca]; [Arquivo da biblioteca]

Tabela 75 Principais tipologias dos espaços do Bloco D

BLOCO D	
PISO	PRINCIPAIS TIPOLOGIAS DOS ESPAÇOS
0	[Central AVAC]; [Área de circulação]; [I.s.]; [Associação de alunos]; [Auditório]
1	[Área de circulação]; [Arrumos]; [Central térmica da caldeira]; [Regie]; [Casa das máquinas]

Tabela 76 Principais tipologias dos espaços do Bloco E

BLOCO E	
PISO	PRINCIPAIS TIPOLOGIAS DOS ESPAÇOS
0	[Área de circulação]; [Área técnica] – zona técnica, oficina de manutenção; [Zona da cantina] – cantina/bufete, bar/selfservice; [Despensa] – despensa da cantina, despensa do bufete; [Cozinha]; [Zona de lavagem]; [Câmaras frigoríficas]; [Gabinete] – gabinete primeiros socorros; [Vestiários/balneários]
1	[Área de circulação]; [Balneários/Vestiários/l.s.]; [Ginásio]; [Arrumos]
2	[Área de circulação]; [Gabinete] – gabinete dos professores EF; [Bancadas]

C.2. Instalações e equipamentos mecânicos

Nesta secção, pretendem-se expor algumas especificações complementares relativas à central de frio e de quente. Na Tabela 77, começam-se por apresentar algumas das principais características relativas às bombas que compõem a central de frio.

Tabela 77 Principais especificações das bombas associadas à central de frio

BOMBAS					
GRUPO CIRCULADOR CIRCUITO PRIMÁRIO DE ÁGUA FRIA					
CARACTERÍSTICAS					
Designação [Escola]	Marca	Modelo da Unidade	Potência Nominal		
B.P.F.1	GRUNDFOS®	TPD 100 – 160/2	4,0 kW		
B.P.F.2			4,0 kW		
GRUPO CIRCULADOR DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FRIA					
CARACTERÍSTICAS					
BLOCO	Referência [Escola]	Marca	Modelo da Unidade	Potência Nominal	Outro(s)
A	B.D.F.1	GRUNDFOS®	TPE 40 – 300/2	3,0 kW	Convertor de frequência integrado
B, E	B.D.F.2	GRUNDFOS®	TPE 40 – 300/2	3,0 kW	Convertor de frequência integrado
C	B.D.F.3	GRUNDFOS®	TPE 50 – 160/2	1,1 kW	Convertor de frequência integrado
D	B.D.F.4	GRUNDFOS®	TPE 40 – 190/2	0,75 kW	Convertor de frequência integrado

Quando nos focamos na central de quente, é interessante atentar as principais especificações do grupo caldeira/queimador e de todas as bombas que pertencem a esta central. Nas Tabela 78, 79 e 80 exibem-se algumas das principais características relativas a estes equipamentos mecânicos.

Tabela 78 Principais especificações dos grupos caldeira/queimador

GRUPO CALDEIRA/QUEIMADOR				
CARACTERÍSTICAS				
Designação [Escola]	Marca	Modelo da Unidade	Tipo	Rendimento
CALDEIRA	BUDERUS®	LOGANO GE515	400kW	96%
Designação [Escola]	Marca	Modelo da Unidade	MBTU/h (1BTU ≡ 1055,06 Joules)	
QUEIMADOR	WEISHAUP®	WG40 N/1-A ZM LN	190 – 1,875	

Tabela 79 Principais especificações das bombas associadas à central de quente

BOMBAS					
GRUPO CIRCULADOR CIRCUITO PRIMÁRIO DE ÁGUA QUENTE					
CARACTERÍSTICAS					
Designação [Escola]	Marca	Modelo da Unidade	Potência Nominal		
B.P.Q.1	GRUNDFOS®	TP65 – 180/2	1,5 kW		
B.P.Q.2			1,5 kW		
B.P.Q.3			1,5 kW		
GRUPO CIRCULADOR DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA QUENTE					
CARACTERÍSTICAS					
BLOCO	Referência [Escola]	Marca	Modelo da Unidade	Potência Nominal	Outro(s)
A	B.D.Q.1	GRUNDFOS®	TPE 40 - 300	3,0 kW	Conversor de frequência integrado
B, E	B.D.Q.2	GRUNDFOS®	TPE 40 - 300	3,0 kW	Conversor de frequência integrado
C	B.D.Q.3	GRUNDFOS®	TPE 50 - 160	1,1kW	Conversor de frequência integrado
D	B.D.Q.4	GRUNDFOS®	TPE 32 - 230	0,75 kW	Conversor de frequência integrado

Tabela 80 Principais especificações das bombas associadas à distribuição de AQS

BOMBAS			
GRUPO CIRCULADOR DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA QUENTE SANITÁRIA			
CARACTERÍSTICAS			
Designação [Escola]	Marca	Modelo da Unidade	Potência Nominal
BAQS	GRUNDFOS®	TPD32 – 250/2	1,5 kW
PAINÉIS SOLARES			
BAQS1	GRUNDFOS®	A96512709P10813	4 kW
BAQS2			4 kW

C.3. Distribuição de energia

Nesta secção do ANEXO C, apresenta-se uma listagem que pretende elucidar o leitor relativamente ao sistema de distribuição de energia. O inventário, patente na Tabela 81, organiza-se tendo em atenção os níveis de derivação que ocorrem entre os diversos quadros elétricos. Cada quadro tem a si associado a descrição do seu esquema de alimentação.

Tabela 81 Sistema de distribuição de energia

SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA			
PISO	DESIGNAÇÃO		
Piso -1	Q.G.B.T.(N)		
	Alimentação Q.A.EL.(N)	RST	4x32A
	Alimentação Q.A.-1(N)	RST	4X25A
	Alimentação Q.A.G.O.(N)	RST	4X400A
	Alimentação Q.B.G.O. (N)	RST	4X800A
	Alimentação Q.E.C.T.(N)	RST	4X400A
	Alimentação Q.D.G.O.(N)	RST	4X400A
	Reserva equipada	RST	4X63A
	Reserva equipada	RST	4X40A
	Alimentação Q.C.G.E./Q.G.B.T.(E)	RST	
Piso -1	Q.A.-1(N)		
	Iluminação	R	
	Iluminação	S	4x40A
	Reserva equipada	T	
	Iluminação segurança	R	
	Detetores de momento	S	4x40A

Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	R	
Reserva equipada	S	4X40A
Reserva equipada	T	
Reserva equipada	RST	
Alimentação câmara CCTV	R	
Alimentação C.D.GÁS	S	4X40A
Reserva equipada	T	
Reserva não equipada	RST	
Piso -1	Q.A.EL.(N)	
Piso 0	Q.A.G.0(N)	
Iluminação	RST	
Iluminação	R	4X40A
Reserva equipada	S	
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	R	
Reserva equipada	RST	4x40A
Reserva equipada	S	
Reserva equipada	T	
Alimentação CDI	R	
Alimentação ATE	S	4x40A
Alimentação VC1, VC2	T	
Reserva equipada	RST	
Alimentação Q.A.Ext.(N)	RST	4x25A
Alimentação Q.A.O.1(N)	RST	4x25A
Alimentação Q-A-O.2(N)	RST	4x32A
Alimentação Q.A.G.1(N)	RST	4x80A
Alimentação Q.A.G.2(N)	RST	4x125A
Alimentação Q.A.G.3(N)	RST	4x160A
Alimentação Q.E.A.C.0.1(N)	RST	4x25A
Alimentação Q.PORT.	RST	4x25A
Piso 0	Q.E.A.C.0.1(N)	
VE A0.1		
VE A0.2		
UV A0.1 VI		
UV A0.2 VI		
UV A0.1 VE		
UV A0.2 VE		
UV A0.3 VI		
UV A0.3 VE		
Piso 0	Q.A.Ext.(N)	
Piso 0	Q.A.0.1(N)	
Iluminação	RST	4x40A
Reserva equipada	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Reserva equipada	RST	4x40A
Reserva equipada	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Alimentação rel. Mãe	R	
Reserva equipada	S	4x40A
Alimentação VC2	T	

Reserva equipada	RST	
Alimentação secador de mãos	T	4x40A
Alimentação secador de mãos	R	
Piso 0 Q.A.0.2(N)		
Iluminação	RST	4x40A
Reserva equipada	RST	
Tomada usos gerais	RST	4x40A
Tomada usos gerais	RST	
Tomada usos gerais	RST	4x40A
Tomada usos gerais	RST	
Tomada usos gerais	RST	4x40A
Tomada usos gerais	RST	
Reserva equipada	T	
Alimentação VC1, VC2, VC3	R	
Reserva equipada	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Reserva equipada	RST	
Alimentação frigorífico	R	
Alimentação frigorífico	S	
Alimentação micro-ondas	T	4x40A
Alimentação micro-ondas	R	
Alimentação máquina copos	S	
Alimentação máquina copos	T	
Alimentação secador de mãos	R	4x40A
Alimentação secador de mãos	S	
Alimentação secador de mãos	T	4x40A
Alimentação secador de mãos	R	
Alimentação secador de mãos	S	4x40A
Alimentação secador de mãos	T	
Alimentação secador de mãos	R	4x40A
Alimentação secador de mãos	S	
Piso 1 Q.A.G.1(N)		
Iluminação	RST	4x40A
Reserva equipada	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	R	4x40A
Tomadas usos gerais	S	
Reserva equipada	T	
Reserva equipada	R	4x40A
Tomadas usos gerais	S	
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	R	4x40A
Reserva equipada	S	
Tomadas usos gerais	T	
Reserva equipada	RST	4x40A
Reserva equipada	RST	
Alimentação Q.A.Gal.1(N)	RST	4x25A
Alimentação Q.A.1(N)	RST	4x32A

Piso 1 Q.A.Gal.1(N)		
Tomadas usos gerais	R	
Tomadas usos gerais	S	4x40A
Tomadas usos gerais	T	
Tomadas usos gerais	RST	
Piso 1 Q.A.1(N)		
Iluminação	RST	4x40A
Reserva equipada	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Reserva equipada	R	
Secador de mãos WC	S	
Secador de mãos WC	T	4x40A
Secador de mãos WC	R	
Secador de mãos WC	S	
Alimentação urinóis	T	
Reserva equipada	RST	4x40A
Reserva equipada	RST	
Alimentação S.C.	R	
Alimentação I.MP.	S	
Alimentação foto	T	4x40A
Alimentação S.C.	R	
Alimentação I.MP.	S	
Alimentação foto	T	
Alimentação secador de mãos	R	4x40A
Alimentação secador de mãos	S	
Alimentação secador de mãos	T	4x40A
Alimentação secador de mãos	R	
Piso 2 Q.A.G.2(N)		
Iluminação	R	
Reserva equipada	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Reserva equipada	RST	4x40A
Reserva equipada	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Reserva equipada	RST	
Alimentação Q.A.S.P.(N)	RST	4x32A
Alimentação Q.A.2(N)	RST	4x32A
Alimentação Q.A.L.F.(N)	RST	4x32A
Alimentação Q.A.L.Q.(N)	RST	4x32A
Alimentação Q.A.Gal.2(N)	RST	4x25A
Piso 2 Q.A.Gal.2(N)		
Reserva equipada	RST	4x40A
Reserva equipada	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	R	4x40A

Reserva equipada	S	
Reserva equipada	T	
Piso 2 Q.A.L.F.(N)		
Iluminação	R	
Letreiro de saída	S	
Reserva equipada	T	4x63A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	
Piso 2 Q.A.S.P.(N)		
Iluminação	R	
Letreiros de saída	S	
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	R	
Reserva equipada	S	
Reserva equipada	T	
Reserva equipada	R	4x63A
Alimentação hotte química	S	
Alimentação hotte química	T	
Alimentação ventilador arm.	R	
Reserva equipada	S	
Reserva equipada	T	
Alimentação hotte química	RST	
Alimentação ventilador	RST	
Piso 2 Q.A.L.Q.(N)		
Iluminação	R	
Letreiro de saída	S	
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	RST	4x63A
Tomadas usos gerais	RST	
Reserva equipada	RST	
Reserva equipada	RST	
Piso 2 Q.A.2(N)		
Iluminação	RST	4x40A
Reserva equipada	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	R	
Alimentação VE A2.1	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Proteção comandos	S	
Alimentação SC	R	
Alimentação I.MP	S	4x40A
Alimentação foto	T	
Reserva equipada	RST	
Piso 3 Q.A.G.3(N)		
Iluminação	RST	
Iluminação	R	4x40A
Reserva equipada	S	

Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	RS	4x40A
Tomadas usos gerais	RS	
Reserva equipada	R	
Tomadas usos gerais	S	4x40A
Tomadas usos gerais	T	
Tomadas usos gerais	RS	
Tomadas usos gerais	RS	4x40A
Tomadas usos gerais	RS	
Tomadas usos gerais	R	4x40A
Tomadas usos gerais	S	
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	RS	
Tomadas usos gerais	R	4x40A
Reserva equipada	S	
Reserva equipada	T	
Alimentação Q.A.Gal.3(N)	RST	4x25A
Alimentação Q.E.A.C.3.1(N)	RST	4x63A
Alimentação Q.E.A.C.3.2(N)	RST	4x63A
Alimentação Q.A.3(N)	RST	4x25A
Piso 3 Q.A.Gal.3(N)		
Tomadas usos gerais		
Reserva equipada		4x40A
Reserva equipada		
Reserva equipada		
Reserva equipada		4x40A
Reserva equipada		
Piso 3 Q.E.A.C.3.1(N)		
VE A3.1		
VE A3.2		
VE A3.3		
VE A3.4		
VE A3.5		
VE A3.6		
VE A3.7		
VE A3.8		
VE A3.9		
VE A3.10		
VE A3.11		
VE A3.12		
VE A3.13		
VE A3.14		
VE A3.15 ^a		
VE A3.15b		
VE A3.16		
VE A3.17		
VI A3.1		
Piso 3 Q.E.A.C.3.2(N)		
VE AC.1		
VE AC.2		
VE AC.3		
VE AC.4		
VE AC.5		
VE AC.6		

VE AC.7	
VE AC.8	
VE AC.9	
VE AC.10	
VE AC.11	
VE AC.12	
VE AC.13	
VE AC.14	
VE AC.15	
VE AC.16	
VE AC.17	
VE AC.18	
VE AC.19	
VE AC.20	
VE A0.3	
VE A0.4	
Piso 3	Q.A.3(N)
Iluminação	
Iluminação	
Reserva equipada	4x40A
Reserva equipada	
Tomadas usos gerais	
Tomadas usos gerais	4x40A
Tomadas usos gerais	
Tomadas usos gerais	4x40A
Tomadas usos gerais	
Tomadas usos gerais	
Tomadas usos gerais	4x40A
Tomadas usos gerais	
Reserva equipada	
Tomadas usos gerais	
Tomadas usos gerais	
Alimentação secador de mãos WC	4x40A
Alimentação secador de mãos WC	
Reserva equipada	
Piso 1	Q.E.C.T.(N)
B.A.Q.S.1	
B.A.Q.S.	
B.A.Q.S.2	
BR.A.Q.S1	
BR.A.Q.S2	
BR.A.Q.S3	
VE C2.1	
VE C0.1	
VE C1.1	
VI – UTA – S.P.	
VE – UTA – S.P.	
VI C2.1	
B.Q.S.2	
Chiller	
B.P.F.1	
B.P.F.2	
Dissip. Cal.	
Per. B.D.F.1	
Per. B.D.F.2	
Per. B.D.F.3	

Per. B.D.F.4		
Caldeira 1		
Caldeira 2		
B.P.Q.1		
B.P.Q.2		
B.P.Q.3		
Per. B.D.Q.1		
Per. B.D.Q.2		
Per. B.D.Q.3		
Per. B.D.Q.4		
Piso 0	Q.B.G.0(N)	
Iluminação	RST	
Iluminação acesso elevador	R	4x40A
Reserva equipada	S	
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	R	4x40A
Detetor de gás	S	
Reserva equipada	T	
Alimentação Q.B.Grav.(N)	RST	4x32A
Alimentação Q.B.Mad.(N)	RST	4x63A
Alimentação Q.B.Ser.(N)	RST	4x80A
Alimentação Q.B.Fotom.(N)	RST	4x80A
Alimentação Q.B.Off.(N)	RST	4x125A
Alimentação Q.B.Met.(N)	RST	4x200A
Alimentação Q.B.C.V.(N)	RST	4x200A
Alimentação Q.B.C.V.(N)	RST	4x315A
Alimentação Q.B.Bib.0(N)	RST	4x80A
Alimentação Q.E.A.C.1.1(N)	RST	4x40A
Alimentação Q.B.G.1(N)	RST	4x80A
Alimentação Q.B.G.2(N)	RST	4x200A
Piso 0	Q.B.Grav.(N)	
Iluminação	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Iluminação	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Letreiros de saída	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	R	
Reserva equipada	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Reserva equipada	RST	
Alimentação UVC B0.5	R	
Reserva equipada	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Reserva equipada	RST	
Piso 0	Q.B.Mad.(N)	
Iluminação	R	
Iluminação	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Iluminação	R	
Reserva equipada	S	4x25A

Reserva equipada	T	
Letreiros de saída	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	RST	
Tomada trifásica	RST	4x63A
Alimentação torno horizontal	RST	
Alimentação tico-tico	RST	4x25A
Alimentação máquina universal	RST	
Alimentação UVC B0.9	R	
Alimentação VE B0.2	S	4x63A
Alimentação serra de esquadris	T	
Alimentação serra de fita	RST	
Alimentação esmeril elétrico	RST	4x63A
Alimentação torno copiador horizontal	T	
Alimentação furador de coluna vertical	RST	
Alimentação limador de serras	RST	4x63A
Reserva equipada	RST	
Alimentação multifurador	RST	
Alimentação afiador de lâminas	RST	4x63A
Reserva equipada	RST	
Reserva equipada	R	
Detetor de gás	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Piso 0	Q.B.Ser.(N)	
Iluminação	R	
Iluminação	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Iluminação	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Letreiros de saída	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	R	
Reserva equipada	S	
Reserva equipada	T	4x40A
Reserva equipada	RST	
Alimentação lavadora automática	R	
Alimentação tanque revelações e lavagem	S	
Alimentação cavaletes de serigrafia	T	4x40A
Alimentação cavaletes de serigrafia	RST	
Alimentação cavaletes de serigrafia	RST	
Alimentação mesa de luz	R	
Alimentação mesa de luz	S	4x40A
Alimentação mesa de luz	T	
Alimentação unidade comando fonte de luz	RST	
Alimentação estufa de secagem	S	
Alimentação UVC B1.5	T	4x40A
Alimentação VE B1.6	R	
Piso 0	Q.B.Fotom.(N)	
Iluminação	R	
Iluminação	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Iluminação	R	
Reserva equipada	S	4x25A

Reserva equipada	T	
Letreiros de saída	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	R	
Reserva equipada	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Reserva equipada	RST	
Alimentação UVC B0.6	R	
Alimentação máquina fotográfica vertical	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Alimentação máquina de revelar	RST	
Alimentação mesa de luz	RST	4x40A
Alimentação mesa de luz	RST	
Alimentação mesa de luz	R	
Alimentação mesa de luz	S	
Reserva equipada	T	4x40A
Alimentação prensa de contacto	R	
Alimentação prensa e amplificador	S	
Reserva equipada	T	
Piso 0	Q.B.Off.(N)	
Iluminação	R	
Iluminação	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Iluminação	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Letreiros de saída	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	R	
Reserva equipada	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Reserva equipada	RST	
Alimentação UVC B1.4	R	
Alimentação VE B1.5	S	
Alimentação mesa de luz contraluz	T	4x40A
Alimentação prelo offset	R	
Alimentação prensa de luz	S	
Alimentação prensa de luz	T	
Reserva equipada	RST	4x40A
Reserva equipada	RST	
Alimentação minerva semiautomática	RST	
Alimentação minerva heidelberg	RST	4x63A
Alimentação máquina tipográfica plana	RST	
Alimentação minerva semiautomática	RST	
Alimentação minerva heidelberg	RST	4x63A
Alimentação máquina offset + molha	RST	
Alimentação prelo offset	RST	
Alimentação guilhotina	RST	4x63A
Reserva equipada	RST	
Alimentação máquina offset + molha	RST	4x32A
Piso 0	Q.B.Met.(N)	
Iluminação	R	
Iluminação	S	4x25A
Reserva equipada	T	

Iluminação	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Letreiros de saída	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	R	
Tomadas usos gerais	S	
Reserva equipada	T	4x40A
Tomadas trifásicas	RST	
Alimentação UVC B0.3	R	
Alimentação VE B0.1	S	4x25A
Alimentação máquina de furar de coluna	T	
Detetor de gás	R	
Alimentação aparelho soldar	S	4x63A
Alimentação VE B0.2	T	
Alimentação esmeril	RST	
Alimentação fresadora	RST	4x63A
Alimentação serrote mecânico	RST	
Alimentação torno mecânico	RST	
Alimentação guilhotina elétrica	RST	4x63A
Alimentação balancé de fricção	RST	
Alimentação pantógrafo tridimensional	RST	
Reserva equipada	RST	4x63A
Reserva equipada	RST	
Alimentação pantógrafo tridimensional	RST	
Alimentação afiadora	RST	4x63A
Reserva equipada	RST	
Alimentação máquina de eletroerosão	RST	4x63A
Alimentação centro maquinagem vertical	RST	4x63A
Piso 0	Q.B.Cer.(N)	
Iluminação	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Iluminação	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Letreiros de saída	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Tomada usos gerais	R	
Tomada usos gerais	S	
Reserva equipada	T	4x40A
Reserva equipada	RST	
Proteção comandos	R	
Alimentação UVC B0.2	S	
Alimentação torno horizontal elétrico	T	
Alimentação misturador gesso	R	4x40A
Alimentação torno gesso	S	
Alimentação torno gesso	T	
Alimentação VE 1.6	R	
Alimentação bomba membrana	RST	
Alimentação diluidor c/ agitador	S	4x63A
Alimentação moinho de bolas	T	
Alimentação cabine de pintura	R	
Alimentação equipamento	S	4x25A

Detetor de gás	T	
Alimentação torno gesso	RST	4x25A
Alimentação prensa hidráulica	RST	
Alimentação torno gesso	RST	4x63A
Reserva equipada	RST	
Alimentação forno gás 1300°C	R	
Alimentação fieira de vácuo	S	4x25A
Alimentação diluidor barbotina	T	
Alimentação forno elétrico 1300°C	RST	
Alimentação máquina de cilindros amostras	RST	4x63A
Reserva equipada	RST	
Alimentação roda de mesa	RST	
Alimentação mesa Jaule	RST	4x63A
Reserva equipada	RST	
Alimentação roda de mesa	RST	
Alimentação mesa Jaule	RST	4x63A
Alimentação agitador de coluna	RST	
Reserva equipada	RST	
Reserva equipada	RST	4x63A
Reserva equipada	RST	
Reserva equipada	RST	4x40A
Alimentação forno	RST	4x63A
Piso 0 Q.B.C.V.		
Iluminação	RST	4x40A
Reserva equipada	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Reserva equipada		
Reserva equipada		4x25A
Reserva equipada		
Alimentação VC1, VC2, VC3	R	
Alimentação VC3	S	
Alimentação VC4	T	
Alimentação UVC B0.7	R	4x40A
Reserva equipada	S	
Reserva equipada	T	
Alimentação Q.B.Reg.Fot.(N)	RST	4x160A
Alimentação Q.B.Reg.Vid.(N)	RST	4x160A
Piso 0 Q.B.Reg.Fot.(N)		
Tomadas 63ª	RST	4x63A
Tomadas 63ª	RST	4x63A
Tomadas 16ª	RST	3x16A+N
Tomadas 32ª	RST	4x32A
Tomadas 32ª	RST	4x32A
Reserva equipada	RST	4x63A
Alimentação UC B0.1	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Piso 1 Q.B.Reg.Vid.(N)		
Iluminação	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Letreiros de saída	R	4x25A

Reserva equipada	S	
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	R	
Tomadas usos gerais	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Alimentação VC2	R	
Alimentação VE B1.7	S	
Reserva equipada	T	4x40A
Reserva equipada	RST	
Proteção comandos	R	
Tomadas 63ª	RST	4x63A
Tomadas 32ª	RST	4x32A
Tomadas 32ª	RST	4x32A
Tomadas 16ª	RST	3x16A
Tomadas 63ª	RST	4x63A
Reserva equipada	RST	4x63A
Piso 0	Q.B.Bib.0(N)	
Reserva equipada	R	
Iluminação	S	4x40A
Iluminação	T	
Reserva equipada	RST	
Iluminação	R	
Iluminação	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Alimentação câmara CCTV	R	
Reserva equipada	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Reserva equipada	RST	
Alimentação Q.B.Bib.1(E)	RST	4x25A
Alimentação V.E.	S	
Alimentação V.C. 2 e V.C.3	R	4x25A
Reserva equipada	T	
Proteção comandos	R	
Piso 1	Q.B.Bib.1(N)	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Reserva equipada	RST	
Piso 1	Q.E.A.C.1.1(N)	
VI – UTA Biblioteca		
VE – UTA Biblioteca		
VI – UTA Anfiteatro		
VE – UTA Anfiteatro		
Piso 1	Q.B.G.1(N)	
Iluminação	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Reserva equipada	RST	
Alimentação S.C.	R	
Alimentação IMP	S	
Alimentação Foto	T	4x40A
Alimentação S.C.	R	
Alimentação IMP	S	
Alimentação Foto	T	

Reserva equipada	RST	4x40A
Alimentação Q.B.Joal.1	RST	4x25A
Alimentação Q.B.Joal.2	RST	4x25A
Q.B.Cer.1	RST	4x25A
Q.B.Cer.2(N)	RST	4x25A
Q.B.Pol.(N)	RST	4x25A
Q.B.Fot.(N)	RST	4x25A
Piso 1 Q.B.Joal.1(N)		
Iluminação	R	
Iluminação	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Letreiros de saída	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usso gerais	RST	
Tomadas usos gerais	R	
Tomadas usos gerais	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Alimentação UVC B1.2	R	
Alimentação VE B1.3	S	
Alimentação VE B1.10	T	
Alimentação forno	R	4x40A
Deteção de gás	S	
Reserva equipada	T	
Proteção comandos	R	
Alimentação laminador chapa	RST	4x25A
Alimentação laminador fio	RST	
Piso 1 Q.B.Joal.2(N)		
Iluminação	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Letreiros de saída	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	R	
Tomadas usos gerais	S	4x40A
Detetor de gás	T	
Reserva equipada	RST	
Alimentação prensa vulcanizadora (P.V.)	R	
Alimentação injetor de ceras (I.C.)	S	
Alimentação injetor de ceras (F.T.A.)	T	4x40A
Alimentação forno (FO.)	R	
Alimentação mesa esmaltagem	S	
Alimentação mufla (M.)	T	
Alimentação mesa vácuo (M.V.)	R	
Alimentação aparelho soldar (A.S.)	S	
Alimentação foscador (FOS.)	T	4x40A
Alimentação forno fundição (F.F.)	R	
Alimentação máquina ultra sons (M.U.S.)	S	
Alimentação polidor pequena (P.P.)	T	
Alimentação insuflador	R	
Alimentação fogão	S	
Alimentação UVC B1.7	T	4x40A
Alimentação VE B1.2	R	
Reserva equipada	S	
Reserva equipada	T	

Alimentação centrifugadora	RST	
Alimentação forno	RST	4x40A
Alimentação máquina vácuo	RST	
Alimentação areadeira	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Piso 1	Q.B.Cer.1(N)	
Iluminação	R	
Iluminação	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Letreiros de saída	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	R	
Reserva equipada	S	4x40A
Detetor de gás	T	
Reserva equipada	RST	
Alimentação UVC B1.1	R	
Alimentação VE B1.1	S	
Alimentação roda oleiro elétrico	RST	4x40A
Alimentação fieira de vácuo	T	
Deteção comandos	T	
Alimentação roda oleiro elétrico	R	4x40A
Alimentação fieira	S	
Piso 1	Q.B.Cer.2(N)	
Iluminação	R	
Iluminação	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Letreiros de saída	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	R	
Reserva equipada	S	4x40A
Detetor de gás	T	
Reserva equipada	RST	
Alimentação UVC B1.6	R	
Alimentação VE B1.9	S	
Alimentação mufla ensaios 1000°C	T	
Alimentação mufla ensaios 1400°C	R	4x40A
Forno raku	S	
Forno raku	T	
Proteção comandos	R	
Alimentação cabine pintura	R	
Reserva equipada	S	
Reserva equipada	T	4x63A
Alimentação mufla cerâmica	RST	
Alimentação sistema filtragem	RST	
Reserva equipada	RST	4x40A
Piso 1	Q.B.Pol.(N)	
Iluminação	R	
Iluminação	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Letreiros de saída	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A

Tomadas usos gerais	R	
Alimentação UVC B1.3	R	
Alimentação VE B1.4	S	4x25A
Detetor de gás	T	
Proteção comandos	S	
Alimentação equipamentos	RST	4x25A
Alimentação equipamentos	RST	
Piso 1	Q.B.Fot.(N)	
Iluminação	R	
Iluminação	S	4x25A
Reserva equipamento	T	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Reserva equipada	RST	
Alimentação S.C.	R	4x40A
Alimentação S.C.	S	
Reserva equipada	T	
Alimentação UVC B1.8	R	
Reserva equipada	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Piso 2	Q.B.C.M.M.C.(N)	
Piso 2	Q.B.M.C.(N)	
Piso 2	Q.B.G.2(N)	
Iluminação	RST	
Iluminação	R	4x40A
Reserva equipada	S	
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	R	
Tomadas usos gerais	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Reserva equipada	RST	
Alimentação SC	R	
Alimentação IMP.	S	
Alimentação Foto	T	4x40A
Alimentação SC	R	
Alimentação IMP.	S	
Alimentação Foto	T	
Alimentação SC	R	
Alimentação IMP.	S	4x40A
Alimentação Foto	T	
Alimentação SC	R	
Alimentação IMP.	S	4x40A
Alimentação Foto	T	

Alimentação IMP.	R	
Alimentação Foto	S	
Reserva equipada	T	
Alimentação VC2	R	4x40A
Alimentação urinóis	S	
Reserva equipada	T	4x40A
Secador de mãos	R	
Secador de mãos	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Alimentação Q.B.Text.(N)	RST	4x25A
Alimentação Q.B.RPE(N)	RST	4x25A
Alimentação Q.Mult.(N)	RST	4x63A
Alimentação Q.E.A.C.2.1(N)	RST	4x63A
Alimentação Q.Elevador	RST	4x40A
Piso 2 Q.B.Text.(N)		
Iluminação	R	
Iluminação	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Reserva equipada	RST	
Iluminação	R	
Reserva equipada	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Reserva equipada	RST	
Letreiros de saída	R	
Letreiros de saída	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	R	4x40A
Tomadas usos gerais	S	
Reserva equipada	T	
Tomadas trifásicas	RST	
Reserva equipada	RST	4x63A
Reserva equipada	RST	
Alimentação fogão	R	
Alimentação UVC B2.1	S	
Máquina sensibilizar quadros	T	
Máquina sensibilizar quadros	R	4x40A
Alimentação equipamentos	S	
Alimentação equipamentos	T	
Máquina rolo estrang.	RST	
Reserva equipada	RST	4x63A
Reserva equipada	RST	
Piso 2 Q.B.RPE(N)		
Iluminação	RST	
Iluminação	R	4x40A
Reserva equipada	S	
Reserva equipada	T	
Letreiros de saída	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Reserva equipada	RST	
Piso 2 Q.B.Mult.(N)		
Iluminação	R	4x25A
Iluminação	S	

Reserva equipada	T	
Reserva equipada	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	R	
Tomadas usos gerais	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Reserva equipada	RST	
Alimentação VC2	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Piso 2	Q.E.A.C.2.1(N)	
VE B C.1		
VE B C.2		
VE B C.3		
VE B C.4		
VE B C.5		
VE B C.6		
VE B C.7		
VE B C.8		
VE B C.9		
VE B C.10		
VE B C.11		
VE B C.12		
VE B C.13		
VE B C.14		
VE B C.15		
VE B C.16		
VE B C.17		
VE B C.18		
Piso 0	Q.D.G.0Reserva equipada(N)	
Tomadas usos gerais	RST	4x40A
Tomadas usos gerais	RST	
Tomadas usos gerais	R	
Tomadas usos gerais	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Reserva equipada	RST	
Reserva equipada	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Alimentação urinóis WC	T	
Alimentação secador de mãos		4x40A
Alimentação secador de mãos		
Alimentação secador de mãos		4x40A
Alimentação secador de mãos		
Reserva equipada		4x40A
Alimentação Q.C.S.Pol.0(N)		4x200A
Alimentação Q.C.Z.T.0(N)		4x32A
Alimentação Q.D.EL.(N)		4x25A

Alimentação Q.D.Ext.(N)		4x40A
Alimentação Q.D.Coiz.(N)		4x100A
Alimentação Q.E.A.C.0.2(N)		4x25A
Alimentação Q.D.1(N)		4x25A
Alimentação Q.D.2(N)		4x25A
Piso 0	Q.C.S.Pol.0(N)	
Tomadas usos gerais	R	
Tomadas usos gerais	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Reserva equipada	RST	
Alimentação Q.C.-1(N)	RST	4x25A
Alimentação Q.S.C.Pol.1(N)	RST	4x25A
Alimentação Q.C.Reg.S.Pol.(N)	RST	4x160A
Alimentação Q.C.Plata.Elev.(N)	RST	4x25A
Piso -1	Q.C.-1(N)	
Iluminação	R	
Reserva equipada	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Letreiros de saída	R	
Reserva equipada	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	R	
Reserva equipada	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Alimentação câmara CCTV	R	
Reserva equipada	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Piso 0	Q.C.Plat.Elev.(N)	
Piso 1	Q.C.S.Pol.1(N)	
Iluminação	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Letreiros de saída	R	
Reserva equipada	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Tomada usos gerais	RST	4x40A
Tomada trifásica	RST	
Alimentação câmara CCTV	R	
Alimentação C.A.	S	4x40A
Alimentação VC2	T	
Reserva equipada	RST	
Piso 1	Q.C.Reg.S.Pol.(N)	
Tomadas usos gerais	R	
Reserva equipada	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Reserva equipada	RST	4x25A
Alimentação tomada 16A	RST	4x16A
Alimentação tomada 32A	RST	4x32A
Alimentação tomada 32A	RST	4x32A
Alimentação tomada 32A	RST	4x32A
Alimentação tomada 32A	RST	4x32A
Alimentação tomada 63A	RST	4x63A
Tom. 32A alim. Dimmers	RST	4x63A
Tom. 32A alim. dimmers	RST	
Piso 0	Q.D.EL(N)	

Piso 0	Q.D.Ext.(N)		
Piso 0	Q.D.Coiz.(N)		
Iluminação	RST		
Iluminação	R		
Reserva equipada	S		4x40A
Reserva equipada	T		
Letreiros de saída	R		
Reserva equipada	S		4x25A
Reserva equipada	T		
Tomadas usos gerais	RST		
Reserva equipada	RST		4x40A
Captador insetos	R		
Captador insetos	S		
Carro banho-maria	T		
Vitrine expositora refrigerada	R		4x40A
C.D.A.Gás	S		
C.E.A.Incêndio	T		
Grelhador de prensa para tostas	R		
Torradeira	S		
Termos de leite	T		
Moinho de café	R		4x40A
Equipamento de controlo (p.o.s.)	S		
Equipamento de controlo (p.o.s.)	S		
Tomada (reserva equipada)	RST		
Tomada (reserva equipada)	R		
Reserva equipada	S		4x40A
Reserva equipada	T		
Armário frigorífico (temp.neg.)	R		1x16A+N
Armário frigorífico (temp. pos.)	S		1x16A+N
Armário frigorífico (temp. pos.)	T		1x16A+N
Armário frigorífico (temp. pos.)	R		1x16A+N
Máq. Lavar loiça - RST	RST		4x25A
Hotte de exaustão parietal inox	S		1x16A+N
Bancada refrigerada	T		1x16A+N
Máquina de café	RST		3x16A+N
Máquina lavar copos	R		3x16A+N
Armário frigorífico com porta em vidro	S		1x16A+N
Elemento refrigerado	T		1x16A+N
Elemento banho-maria	RST		3x16A+N
Máquina cortar legumes	R		1x16A+N
Forno de convecção/cozedor	RST		4x32A
Hotte de exaustão central inox	RST		4x25A
Reserva não equipada	RST		4x25A
Fritadeira eléctrica com 2 cubas	RST		4x63A
Marmita de aquecimento indirecto	S		3x16A+N
Bancada refrigerada	T		1x16A+N
Alimentação secador de mãos	T		
Alimentação secador de mãos	R		4x40A
Piso 0	Q.C.Z.T.0(N)		
Iluminação	R		
Reserva equipada	S		4x25A
Reserva equipada	T		
Letreiros de saída	R		
Reserva equipada	S		4x25A
Reserva equipada	T		

Tomada usos gerais	R	
Reserva equipada	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Tomada usos gerais	RST	
Alimentação câmara CCTV	R	
Alimentação controlo acessos	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Alimentação Q.C.Z.T.1(N)		4x25A
Piso 1 Q.C.Z.T.1(N)		
Iluminação	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Letreiros de saída	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Tomada usos gerais	R	
Reserva equipada	S	
Reserva equipada	T	4x63A
Tomada trifásica	RST	
Reserva equipada	RST	
Alimentação central det. gás	R	
Alimentação eléct. De gás	S	4x40A
Reserva equipada	T	
Piso 0 Q.E.A.C.0.2(N)		
UTA Refeitório		
VI – UTA Refeitório		
VE D2.2		
VI D0.1		
VE D2.1		
VE D2.3		
VE D2.4		
VE D2.5		
Piso 1 Q.D.1(N)		
Tomadas usos gerais	RST	
Alimentação urinóis WC's	R	4x40A
Reserva equipada	S	
Reserva equipada	T	
Alimentação secador de mãos	R	4x40A
Alimentação secador de mãos	S	
Alimentação secador de mãos	T	4x40A
Alimentação secador de mãos	R	
Alimentação secador de mãos	S	4x40A
Alimentação secador de mãos	T	
Piso 2 Q.D.2(N)		
Iluminação	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Tomadas usos gerais	R	
Reserva equipada	S	4x25A
Reserva equipada	T	
Reserva equipada	RST	4x25A

C.4. Horários GTC

Na Tabela 82, encontram-se os horários de funcionamento de alguns equipamentos mecânicos, de acordo com o sistema de gestão técnica centralizada instalado na escola.

Tabela 82 Horários de funcionamento de acordo com a GTC

BLOCO A				
PISO 0				
Designação	Tipo	Horário	Data/Dia da semana	Comando
UV A01	semanalmente	18:10	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	10:00	segunda a sexta-feira	ON
UV A02		Sempre?		
		Não tem horário.	segunda a sexta-feira	
UV A03	diário	10:00		ON
	diário	16:30		OFF
VE A0.1	semanalmente	08:01	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	17:01	segunda a sexta-feira	OFF
VE A0.2		Sempre?		
		Não tem horário.		
PISO 1				
SALA 1.01	diário	Sempre?		
	diário	Não tem horário.		
SALA A1.02	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A1.03	semanalmente	05:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	09:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	11:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A1.04	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
SALA A1.05	semanalmente	05:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	09:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	11:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A1.06	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A1.07	semanalmente	09:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	11:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	04:00	segunda a sexta-feira	ON
SALA A1.08	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A1.09	semanalmente	09:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	11:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	04:00	segunda a sexta-feira	ON
SALA A1.10	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON

	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A1.12	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A1.13	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	10:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A1.14	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A1.15	semanalmente	05:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	09:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	11:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
PISO 2				
SALA A2.01	diário	fechado		
SALA A2.02	diário	fechado		
SALA A2.03	diário	fechado		
SALA A2.04	diário	fechado		
SALA A2.05	semanalmente	05:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	09:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	11:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A2.06	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
SALA A2.07	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	05:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	09:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	11:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	ON
SALA A2.08	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
SALA A2.09	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	05:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	09:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	11:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A2.10	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	05:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	09:00	segunda a sexta-feira	ON
SALA A2.11	semanalmente	11:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A2.12	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A2.13	semanalmente	05:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	09:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	11:00	segunda a sexta-feira	OFF

	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A2.15	semanalmente	05:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	09:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	11:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A2.16	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VE A2.1	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
PISO 3				
SALA A3.01	semanalmente	05:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	09:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	11:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A3.02	diário	Sempre ligado?		
	diário	Válvula 100%		
SALA A3.03	diário	Sempre ligado?		
	diário	Válvula 100%	segunda a sexta-feira	
SALA A3.04	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
SALA A3.05	diário	Sempre desligado?		
	diário	Válvula 0%		
SALA A3.06	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A3.07	diário	Sempre desligado?		
	diário	Válvula 0%		
SALA A3.08	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A3.09	diário	Sempre desligado?		
	diário	Válvula 0%		
SALA A3.10	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A3.11	semanalmente	05:00	segunda a sexta-feira	
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	
	semanalmente	09:00	segunda a sexta-feira	
	semanalmente	11:00	segunda a sexta-feira	
	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	
SALA A3.12	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A3.14	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA A3.16	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
SALA A3.17	diário	Sempre ligado?		
	diário	Válvula 100%		
COBERTURA				
VEAC 1	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
VEAC 2	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEAC 3	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEAC 4	semanalmente	05:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	09:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	11:00	segunda a sexta-feira	OFF

	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEAC 5	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEAC 6	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEAC 7	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEAC 8	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEAC 9	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEAC 10	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEAC 11	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEAC 12	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEAC 13	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEAC 14	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEAC 15	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEAC 16	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEAC 17	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEAC 18	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEAC 19	Sem acesso			
VEAC 20	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEAC 0.3	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEAC 0.4	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
BLOCO B // (atual BLOCO B e C)				
PISO 0				
VE B0.1	semanalmente	18:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:45	segunda a sexta-feira	OFF
VE B0.2	semanalmente	18:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:45	segunda a sexta-feira	OFF
VE B0.3	semanalmente	18:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:45	segunda a sexta-feira	OFF
UV C0.1	semanalmente	18:15	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
UV C0.2	semanalmente	18:15	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
UV C0.3	semanalmente	18:15	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
UV C0.4	semanalmente	18:15	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
UV C0.5	semanalmente	18:15	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
UV C0.6	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
UV C0.7	semanalmente	18:15	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON

PISO 1				
UTA Biblioteca	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	12:30	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	09:30	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	11:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	15:30	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	08:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	OFF
UTA Anfiteatro	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	12:30	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	09:30	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	11:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	15:30	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	08:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	OFF
UV C1.1	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:15	segunda a sexta-feira	OFF
UV C1.2	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:15	segunda a sexta-feira	OFF
UV C1.3	semanalmente	Sem horário.		
UV C1.4	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:15	segunda a sexta-feira	OFF
UV C1.5	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:15	segunda a sexta-feira	OFF
UV C1.6	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:15	segunda a sexta-feira	OFF
UV C1.7	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:15	segunda a sexta-feira	OFF
UV C1.8	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:15	segunda a sexta-feira	OFF
VE B1.1	semanalmente	18:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:45	segunda a sexta-feira	OFF
VE B1.2	semanalmente	18:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:45	segunda a sexta-feira	OFF
VE B1.3	semanalmente	18:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:45	segunda a sexta-feira	OFF
VE B1.4	semanalmente	18:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:45	segunda a sexta-feira	OFF
VE B1.5	semanalmente	18:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:45	segunda a sexta-feira	OFF
VE B1.6	semanalmente	18:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:45	segunda a sexta-feira	OFF
VE B1.7	semanalmente	18:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:45	segunda a sexta-feira	OFF
VE B1.8	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	10:30	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VE B1.9	semanalmente	18:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:45	segunda a sexta-feira	OFF
VE BPátio	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	10:30	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VE B1.10	semanalmente	18:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:45	segunda a sexta-feira	OFF
VE B0.4	semanalmente	18:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:45	segunda a sexta-feira	OFF
PISO 2				

UV C2.1		Sem horário.		
SALA B2.01	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
SALA B2.04	semanalmente	05:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	09:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	11:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	ON
SALA B2.05	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
SALA B2.06	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
SALA B2.07	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
SALA B2.08	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
SALA B2.10	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
SALA B2.11	semanalmente	23:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
SALA B2.12	semanalmente	23:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
COBERTURA				
VEBC1	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	23:00	segunda a sexta-feira	OFF
VEBC2	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
VEBC3	semanalmente	23:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
VEBC4	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
VEBC5	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VE BC6	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
VE BC7	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
VE BC8	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
VE BC9	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
VE BC10	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
VE BC11	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
VE BC12	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
VE BC13	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
VE BC14	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
VE BC15	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
VE BC16	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
VE BC17	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
VE BC18	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON

BLOCO C // (atual BLOCO D)				
PISO -1				
VE C -1.1	semanalmente	08:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
PISO 0				
VE C0.1	semanalmente	08:30	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
PISO 1				
VE DC1.2	semanalmente	Sem horário.	segunda a sexta-feira	
	semanalmente		segunda a sexta-feira	
VE C2.1	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	20:00	segunda a sexta-feira	OFF
VI 2.1	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	20:00	segunda a sexta-feira	OFF
VED C1.1	semanalmente	Sempre ligado?	segunda a sexta-feira	
Ligado à UTA polivalente				
PISO 2				
VEC 1.1		ON AUTO		
CENTRAL FRIO				
	semanalmente	08:55	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	16:39	segunda a sexta-feira	OFF
CENTRAL QUENTE				
<i>Erro no acesso aos dados</i>				
BLOCO D // (atual BLOCO E)				
PISO 0				
VID 0.1	semanalmente	Sem horário.	segunda a sexta-feira	
	semanalmente		segunda a sexta-feira	
SALA D0.15	semanalmente	Sempre fechado?	segunda a sexta-feira	
	semanalmente	Válvula 0%	segunda a sexta-feira	
UVC D0.1	semanalmente	17:00	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	12:00	segunda a sexta-feira	ON
PISO 1				
SALA D1.05	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
SALA D1.06	semanalmente	Sempre fechado?	segunda a sexta-feira	
	semanalmente	Válvula 0%	segunda a sexta-feira	
PISO 2				
VE D2.1b	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VE D2.3	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VE D2.4	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VE D2.5	semanalmente	07:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
UTA Refeitório	semanalmente	08:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	11:45	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	14:30	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	17:00	segunda a sexta-feira	ON
	semanalmente	18:00	segunda a sexta-feira	OFF
VE D2.1a	semanalmente	10:30	segunda a sexta-feira	OFF
	semanalmente	ON AUTO	segunda a sexta-feira	
COBERTURA				

VE D3.1	semanalmente semanalmente	07:00 18:00	segunda a sexta-feira segunda a sexta-feira	ON OFF
---------	------------------------------	----------------	--	-----------

C.5. Análise dos consumos energéticos

Nesta secção, pretende-se destacar as evoluções comparativas dos consumos elétricos médios horários associadas ao quadro elétrico Q.B.Met.(N). A análise mensal está patente na Figura 80. Por sua vez, a análise diária encontra-se na Figura 81.

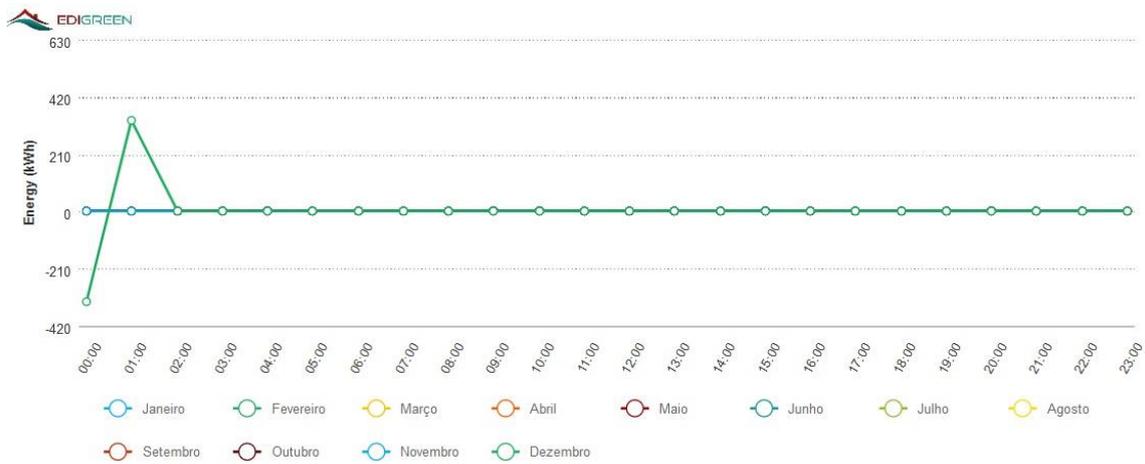


Figura 80 [Q.B.Met.(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise mensal).

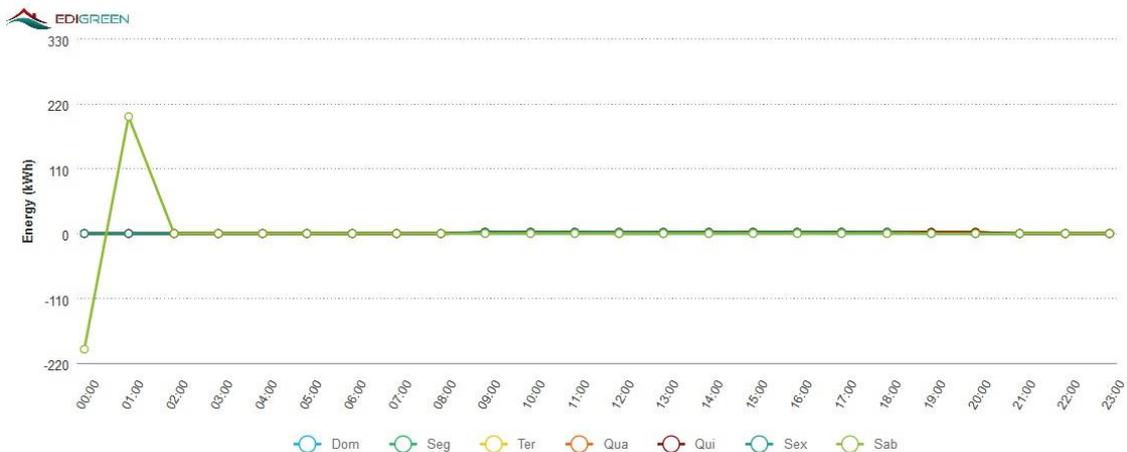


Figura 81 [Q.B.Met.(N) – Geral] Evolução comparativa dos consumos elétricos médios horários de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 (análise diária).

Os ciclos e períodos considerados para a estimativa de poupanças energéticas têm por base o serviço universal da EDP® patente na Tabela 83.

Tabela 83 Períodos e ciclos considerando o serviço universal da EDP®

DIA DA SEMANA	HORA	CICLO
TODOS OS DIAS	00h – 02h	VAZIO
	02h – 06h	SUPER VAZIO
	06h – 08h	VAZIO
	08h – 10h30	CHEIO
	10h30 – 13h	PONTA
	13h – 19h30	CHEIO
	19h30 – 21h	PONTA
	21h – 22h	CHEIO
	22h – 24h	VAZIO

À semelhança do quadro elétrico Q.A.0.1(N) também o Q.A.0.2.(N) possui um horário de funcionamento bem definido (essencialmente das 08h às 18h, tal como ilustrado na Figura 82). Desta forma, procedeu-se à estimativa da poupança energética e monetária possível caso a iluminação em período de desocupação do edifício deixe de ser acionada (Tabela 84). O dia escolhido para análise foi uma vez mais aleatório, tendo a escolha incidido na evolução média diária verificada à quarta-feira.

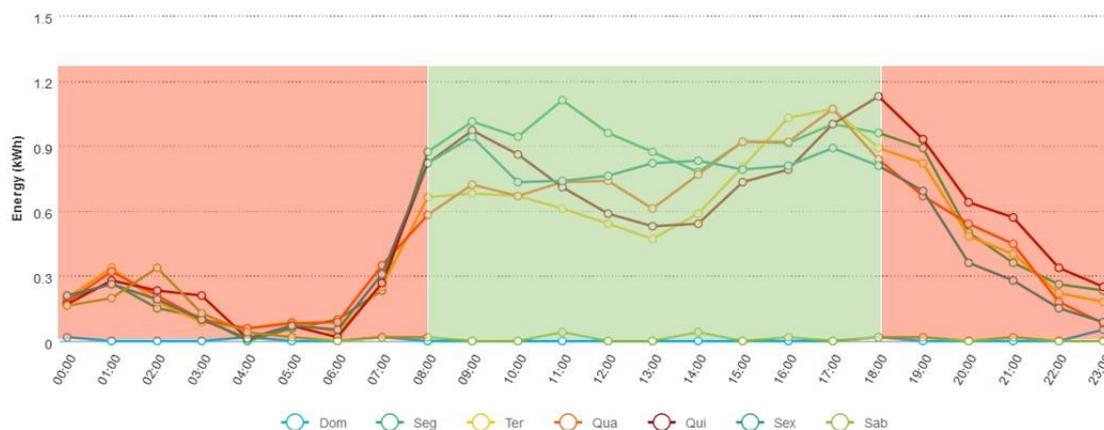


Figura 82 [Q.A.0.2(N) – Iluminação] Relação entre a evolução comparativa do consumo elétrico médio horário do de 01 de maio de 2013 a 01 de maio de 2014 e a ocupação dos espaços.

Tabela 84 Estimativa de poupança anual por racionalização da utilização da iluminação [Q.A.0.2(N)]

CONSUMO ELÉTRICO [kWh]	PREÇO UNITÁRIO [EUROS]	IVA (%)	QUANTIDADES ANUAIS [kWh/kW]	VALORIZAÇÃO (EUROS) S/ IVA	VALORIZAÇÃO (EUROS) C/ IVA
Energia Ativa Vazio Normal (Vn)	0,0493	23	292,4	14,4153	17,7308
Energia Ativa Super Vazio (SV)	0,0488	23	56,1	2,7377	3,3674
Energia Ativa Ponta (P)	0,0615	23	122,4	7,5276	9,2590
Energia Ativa Cheia (C)	0,0591	23	190,4	11,2526	13,8407
TOTAL ANUAL					44,20 Euros

C.6. Cálculo dos indicadores de performance energética

Nesta secção, são apresentados os cálculos auxiliares à determinação do consumo total anual por unidade de área (equação C.5.13). Às equações C.5.1,..., C.5.12 encontram-se associados os consumos totais mensais por unidade de área.

$$\text{Consumo global de energia}_{\text{janeiro}} = \frac{1405,94 \cdot 31}{13100} \approx 3,33 \left[\text{kWh}/\text{m}^2 \right] \quad (\text{C.5.1})$$

$$\text{Consumo global de energia}_{\text{fevereiro}} = \frac{1416,26 \cdot 28}{13100} \approx 3,03 \left[\text{kWh}/\text{m}^2 \right] \quad (\text{C.5.2})$$

$$\text{Consumo global de energia}_{\text{março}} = \frac{1438,76 \cdot 31}{13100} \approx 3,40 \left[\text{kWh}/\text{m}^2 \right] \quad (\text{C.5.3})$$

$$\text{Consumo global de energia}_{\text{abril}} = \frac{1365,72 \cdot 30}{13100} \approx 3,13 \left[\text{kWh}/\text{m}^2 \right] \quad (\text{C.5.4})$$

$$\text{Consumo global de energia}_{\text{maio}} = \frac{1319,01 \cdot 31}{13100} \approx 3,12 \left[\text{kWh}/\text{m}^2 \right] \quad (\text{C.5.5})$$

$$\text{Consumo global de energia}_{\text{junho}} = \frac{1118,71 \cdot 30}{13100} \approx 2,56 \left[\text{kWh}/\text{m}^2 \right] \quad (\text{C.5.6})$$

$$\text{Consumo global de energia}_{\text{julho}} = \frac{1059 \cdot 31}{13100} \approx 2,51 \left[\text{kWh}/\text{m}^2 \right] \quad (\text{C.5.7})$$

$$\text{Consumo global de energia}_{agosto} = \frac{822,30 \cdot 31}{13100} \approx 1,95 \left[\text{kWh}/\text{m}^2 \right] \quad (\text{C.5.8})$$

$$\text{Consumo global de energia}_{setembro} = \frac{1025,53 \cdot 30}{13100} \approx 2,35 \left[\text{kWh}/\text{m}^2 \right] \quad (\text{C.5.9})$$

$$\text{Consumo global de energia}_{outubro} = \frac{1347,96 \cdot 31}{13100} \approx 3,19 \left[\text{kWh}/\text{m}^2 \right] \quad (\text{C.5.10})$$

$$\text{Consumo global de energia}_{novembro} = \frac{1337,74 \cdot 30}{13100} \approx 3,06 \left[\text{kWh}/\text{m}^2 \right] \quad (\text{C.5.11})$$

$$\text{Consumo global de energia}_{dezembro} = \frac{1094,71 \cdot 31}{13100} \approx 2,59 \left[\text{kWh}/\text{m}^2 \right] \quad (\text{C.5.12})$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo global de energia}_{ANUAL} &= \sum \text{consumo global mensal} \\ &= 34,22 \left[\text{kWh}/\text{m}^2 \right] \end{aligned} \quad (\text{C.5.13})$$

