

**Uso de energia em instituição de ensino superior:
Trabalho de campo e estudo de caso**

Pedro Dias

Relatório da Dissertação Final Submetida a
Escola Superior de Tecnologia e de Gestão
Instituto Politécnico de Bragança

Para a obtenção do grau de Mestre em
Energias Renováveis e Eficiência Energética

Maio 2023

**Uso de energia em instituição de ensino superior:
Trabalho de campo e estudo de caso**

Pedro Dias

Relatório da Dissertação Final Submetida a
Escola Superior de Tecnologia e de Gestão
Instituto Politécnico de Bragança

Para a obtenção do grau de Mestre em
Energias Renováveis e Eficiência Energéticas

Orientador:
Professor Doutor Luís Frólén Ribeiro

Maio 2023

Agradecimentos

É importante reconhecer o apoio e a orientação dos indivíduos que me ajudaram ao longo do caminho, expressar minha gratidão e reconhecer o papel fundamental que cumprem em minha jornada acadêmica e que sem eles, não seria possível concluir esta etapa

A princípio quero demonstrar minha gratidão a Deus, pelo seu constante cuidado e amor. Ele preparou meu caminho, supriu todas as minhas necessidades, protegeu-me de todo o mal, fortificou-me quando estava fraco e deu-me sabedoria necessária.

Menciono a importância da minha família. Adolfo, Dora e Raissa, que me apoiaram incondicionalmente e motivaram-me a alcançar meus objetivos, que mesmo de longe, estiveram próximos e se não fosse eles, eu não seria capaz de chegar até aqui.

Entre os muitos agradecimentos, destaque-se o Professor Doutor Luís Frólén Ribeiro, que afetou diretamente minha jornada acadêmica, a compartilhar conhecimentos e experiências, a estimular descobertas e despertar o interesse por áreas profissionais. Além de viabilizar a minha bolsa de estudos e orientação desta dissertação.

Agradeço ao Engenheiro João Barros, por ser prestativo e compartilhar seus conhecimentos e experiências ao longo do último ano, cuja contribuição foi inestimável durante a bolsa de estudos e conseqüentemente esta dissertação.

Além disso, a minha namorada Carla, pela parceria e incentivo desde o início da dissertação. Também ao amigo Arthur que me ajudou muito no processo de pesquisa. Ao corpo de funcionários da Manutenção da instituição de ensino, pela cooperação no trabalho de campo.

E por fim, a experiência vivida em Bragança nos últimos dois anos é considerada essencial para meu crescimento pessoal e profissional.

Resumo

Esta dissertação relata um trabalho de campo, apoiados por uma bolsa de estudos, realizado no Instituto Politécnico de Bragança (IPB), durante o período de doze meses.

O trabalho de campo consistiu em elaborar medidas de apoio a gestão e melhoria contínua da eficiência energética de recursos do IPB e foi realizado junto a equipa de manutenção do IPB. Apresenta-se um relatório sobre um trabalho de campo e um estudo de caso sobre a certificação energética de um dos edifícios do IPB. A pesquisa bibliográfica, diz respeito as ações de eficiência energética dos edifícios de serviço e respetivos benefícios quando aplicados.

Os resultados obtidos durante o trabalho de campo e relatados nesta dissertação, foram dois.

(1) A conclusão do Plano de Eficiência de Recursos Eco.Ap 2030, quando se propõe a realização de medidas que visam a eficiência de recursos utilizados no IPB, tais como: água, eletricidade, gás natural e combustível. Isto poderá resultar numa economia anual prevista de €55.000 e investimento em torno de €65.000. (2) Acompanhou-se a auditoria energética das instalações do IPB, realizados por uma empresa contratada, as conclusões identificaram a classe energética atual e a prevista, caso as oportunidades de melhorias propostas pela empresa forem atendidas.

Discute-se as sugestões da auditoria energética num dos edifícios do IPB, da Escola Superior de Educação (ESE), as conclusões obtidas a partir deste estudo de caso, indicam duas medidas que podem representar maiores benefícios económicos e bem-estar. A primeira medida, diz respeito a substituição das caldeiras, que pode gerar uma economia anual de €5.500. A segunda medida é sobre a substituição da iluminação exterior e interior da ESE, que pode poupar anualmente €3.300.

O estudo de caso apontou que, a sugestão da empresa contratada MMec, para substituir as caldeiras da ESE por caldeiras de condensação, não obteve os melhores resultados quando comparado com outros objetos de estudo. A bomba de calor, foi a que obteve a menor impacto ambiental e maior economia anual €7.500.

Palavras-chave: eficiência energética, gestão de recursos energéticos, oportunidade de melhorias

Abstract

This dissertation reports fieldwork, supported by a scholarship, carried out at the Polytechnic Institute of Bragança (IPB) during a period of twelve months.

The field work consisted of developing support measures for the management and continuous improvement of the energy efficiency of the IPB's resources and was carried out together with the IPB's maintenance team.

A report on field work and a case study on the energy certification of one of the IPB buildings are presented. The bibliographical research concerns the energy efficiency actions of service buildings and their respective benefits when applied.

The two results obtained during the fieldwork and reported in this thesis were (1) Completion of the Eco.Ap 2030 Resource Efficiency Plan, which proposes the implementation of measures aimed at the efficiency of resources used in the IPB, such as water, electricity, natural gas, and fuel. This could result in an expected annual savings of €55,000 and an investment of around €65,000. (2) The energy audit of the IPB facilities, carried out by a contracted company, was followed up, so I was able to identify the current and expected energy classes if the opportunities for improvements proposed by the company were met. Discussing the suggestions of the energy audit in one of the buildings of the IPB, the Superior School of Education (ESE), as happened in this case study, indicates two measures that may represent greater economic benefits and well-being. The first measure concerns the replacement of boilers, which can generate annual savings of €5,500. The second measure concerns the replacement of the ESE's exterior and interior lighting, which could save €3,300.

The case study indicated that the suggestion of the contracted company, MMec, to replace the ESE boilers with condensing boilers did not obtain the best results when compared to other objects of study. The heat pump was the one with the lowest environmental impact and the highest annual savings of €7,500.

Keywords: energy efficiency, energy resource management, opportunity for improvement

Índice

1. INTRODUÇÃO	01
1.1 Objetivo	01
1.2 Organização do Documento	01
1.3 Motivação	02
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	05
2.1 Estado da Arte	05
2.1.1 Políticas Energéticas para edifícios (EPBD/UE)	05
2.1.2 Indicadores de eficiência energética utilizados na europa	08
2.1.3 Sistemas de classificação verde	09
2.1.4 Análise SWOT	13
2.2 Fundamentos Teóricos	13
2.2.1 Recursos técnicos que potencialização do desempenho energético	13
2.2.2 Principais sistemas para a gestão de energia predial.....	17
2.2.3 Medidas de eficiência energética aplicadas	18
3. METODOLOGIA	21
3.1 Materiais	21
3.1.1 Introdução ao Instituto Politécnico de Bragança	21
3.2 Métodos	25
3.2.1 Bolsa de Iniciação a Investigação	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1 Resultados	26
4.1.1 Plano de Eficiência e Recuso Eco. AP.....	26
4.1.2 Certificado Energético da ESE	30
4.2 Discussão	33
4.2.1 Auditoria energética do edifício ESE	33
5. CONCLUSÃO	41
BIBLIOGRAFIA	42

Lista de Figuras

Figura 1 - Emissões globais de gases que causam o efeito estufa, amostra do ano de 2016, totalizando 49,4 bilhões de toneladas de CO2..	11
Figura 2 - Relação entre as classificações verdes, a destacar a influência de cada sistema. ...	10
Figura 3 - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE).....	25
Figura 4 - Fluxograma da metodologia utilizada pela empresa prestadora de serviço ao emitir a auditoria energética das instalações do IPB..	19
Figura 5 - Layout do IPB, visão superior, desagregado por cores	28
Figura 6 - Referência do Layout do IPB, desagregado por cores	281
Figura 7 - Desagregação do custo por fonte de energia nas instalações IPB 2019 [€/ano]. ...	292
Figura 8 - Classe Energética do Edifício ESE...	392

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Evolução do preço do gás natural não doméstico em €/kWh em Portugal e EU, referente aos últimos seis anos (não incluso taxas e impostos).	10
Tabela 2 - Evolução do preço da energia elétrica não doméstico em €/kWh em Portugal e EU, referente aos últimos seis anos (não incluso taxas e impostos).	10
Tabela 3 - Conjunto de diretrizes legislativas criadas pelo Parlamento Europeu e aplicado aos países membros da UE, a incluir Portugal (PT). Atualizado em abril de 2023.	6
Tabela 4 - Metas legislativas para eficiência energética destinadas aos países que pertencem ao bloco europeu que envolvem as fontes renováveis de energia. Atualizado em abril de 2023	7
Tabela 5 - Diretrizes criadas pelo parlamento europeu destinado aos países membros da UE. Atualizado em abril de 2023.	7
Tabela 6 - Principais características do BREEAM, LEED e Green Star NZ.	192
Tabela 7 - Conversão de energia utilizada no campus do IPB em Tep (Tonelada equivalente de petróleo) e respetivo valor.	270
Tabela 8 - Desagregação do consumo por fonte de energia nas instalações do IPB em 2019. [47].	292
Tabela 9 - Resumo das medidas do Programa de Eficiência e Recursos (PER) do Órgão Eco.AP, aplicadas ao IPB para o próximo triênio (2022/24).	347
Tabela 10 - Determinação da redução dos consumos de recursos para o próximo triênio na entidade IPB. [47].	29
Tabela 11 - Determinação da redução dos gases GEE para o próximo triênio na entidade IPB. [47].	29
Tabela 12 - Determinação do Período de Retorno de Investimento para o próximo triênio na entidade IPB. [47].	29
Tabela 13 - Desagregação Global de Energia da ESE. Referência [50].	370
Tabela 14 - Desagregação de consumos de energia da ESE. Referência [50].	381
Tabela 15 - IEE do edifício da ESSE. Referência [50].	381
Tabela 16 - Quadro resumo de medidas de racionalização de energia do edifício da ESE. [50].	392
Tabela 17 - Relação das oportunidades de melhoria propostas pela o certificado energético da ESE e respetivas participação energética e período de retorno. [50].	414
Tabela 18 - Comparação entre, a atual caldeira da ESE e os meios propostos neste estudo de caso. A apresentar o custo energético, período de retorno do investimento e impacto ambiental (não incluso taxas e impostos).	436
Tabela 19 - Custo relacionada a compra dos equipamentos propostos para substituir a atual caldeira a gás natural da ESE (não incluso taxas e impostos).	37
Tabela 20 - Economia e custo com produção energética necessária de cada equipamento para atender a potência térmica do edifício da ESSE (não incluso taxas e impostos).	37
Tabela 21 - Análise da ferramenta SWOT, aplicado as opções propostas neste estudo de caso, com o intuito de substituir o atual meio de aquecimento do edifício.	45

Nomenclature

ADENE – Agência para Energias Portugal

EPBD – Energy Performance of Buildings Directive

EVO – Efficiency Valuation Organization

GEE – Gases de Efeito Estufa

IEE – Índice de Eficiência Energética

PDEE – Plano de Desempenho Energético dos Edifícios

PER – Plano de Eficiência e Recursos

QAI – Qualidade de Ar Interior

SCE – Sistema de Certificação Energética

SWOT - Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats,

TCO₂EQ – Tonelada de Dióxido de Carbono Equivalente

TEP – Tonelada de Petróleo Equivalente

UE – União Europeia

Conteúdo

1.Introdução

1.1 Objetivo

O objetivo desta dissertação é relatar o desenvolvimento e resultados obtidos de um trabalho de campo, realizado no IPB, para avaliação do uso de energia numa instituição de ensino com o intuito de promover a eficiência energética, através da emissão de certificado energético e a realização do plano de eficiência de recursos. Procurou-se conhecer os métodos para a gestão energética de edifícios, políticas energéticas, indicadores de eficiência energética e sistemas de classificação verde para edifícios, todos estes direcionados para a União Europeia (EU), através de pesquisas bibliográficas.

O trabalho no IPB permitiu o uso de uma metodologia de avaliação dos recursos energéticos e a sua quantificação para o caso de estudo. O estudo de caso discute as sugestões propostas pela auditoria energética num dos edifícios do IPB e confrontar com as medidas sugeridas, com alternativas no mercado mais adequadas.

1.2 Organização do Documento

A presente dissertação está dividida em cinco capítulos. A introdução apresenta os objetivos e enquadra a relevância da eficiência energética, frente aos desafios económicos e ambientais.

O capítulo dois aborda o estado da arte e fundamentos teóricos. O estado da arte descreve as ferramentas de gestão e otimização de recursos energéticos voltados para grandes consumidores não residenciais. Em fundamentos teóricos, apresenta-se os recursos técnicos com maior impacto na otimização do uso de energia em edifícios comerciais. O capítulo três, descreve a metodologia aplicada na esta dissertação. O trabalho de campo foi proporcionado pela atribuição de uma bolsa de investigação para as instalações IPB.

No capítulo quatro são apresentados os resultados da Certificação Energética da ESE e o Plano de Eficiência e Recursos Eco. AP do campus, ambos iniciados e concluídos durante o trabalho de campo. A discussão fica por conta dos resultados da auditoria no edifício da ESE, quando é analisado as melhorias sugeridas pela empresa contratada e respetiva viabilidade técnica e económica. O quinto e último capítulo, aborda a conclusão da dissertação.

1.3 Motivação

1.3.1 Economia

A importância do consumo de energia nas empresas e indústrias tem sido amplamente discutida entre os setores governamentais e empresariais. Os custos de energia para as empresas desempenham um papel fundamental na balança comercial. A redução dos custos específicos de energia tornou-se um elemento essencial para melhorar a rentabilidade e a competitividade de qualquer negócio, além disso, tais esforços podem gerar bens e serviços para a sociedade e economia local.

O uso de aparelhos energeticamente eficientes, a adoção de tecnologias de gestão e investimento em energia renovável são medidas que podem reduzir perdas, otimizar processos e consequentemente reduzir o consumo de energia, beneficiando os consumidores. Porém, é necessário o incentivo de programas governamentais, já que por muitas das vezes as instituições não podem arcar com as despesas de novas aquisições, instalação ou reformas.

O preço relacionado a importação de energia na zona do Euro mais que duplicou entre dezembro de 2020 e dezembro de 2021. Os produtos energéticos sofreram inflação média anual de 23,7% em 2022 e 7,3% em 2021 em Portugal. A recente evolução dos preços com a importação de energia (entre 2020 e 2023) contrasta com a estabilidade adquirida na última década (2010 e 2019) [1].

A volatilidade da balança comercial de energia se deve em grande parte à flutuação dos preços da energia devido a questões geopolíticas. Ao contrário dos anos anteriores, quando os preços se mantiveram fixos. A eletricidade e o gás, que são os meios de energia secundárias mais utilizados na União Europeia (UE) e aumentaram substancialmente em todo o bloco.

A invasão russa ao território ucraniano em 2022 impactou na balança comercial. A importação de energia até 2019, praticamente 50% do gás natural utilizado na UE era proveniente da Rússia. No início de 2023 a importação reduziu para 10%. [2]. Desse modo, foram necessários novos acordos de fornecimento energético para suprir a necessidade energética, com custos mais elevados.

O foco desta dissertação é o uso energético não doméstico, focado a grandes consumidores de energia tais como: hospitais, indústrias, edifícios comerciais, universidades e outros. Em 2022 o preço do kWh do gás natural cobrado ao consumidor final não doméstico na UE dobrou em relação ao ano de 2021, tabela 1 [3].

A tabela 2, aponta que em 2022 o valor cobrado pelo kWh da energia elétrica na UE aplicado ao consumidor final não doméstico, sofreu aumento de 78% em relação ao ano anterior. Portugal e Hungria, são os países que menos sofreram impacto com o aumento dos preços, ao contrário da Estônia e Roménia que sofreram o maior aumento na UE [4].

Tabela 1 - Evolução do preço do gás natural não doméstico em €/kWh em Portugal e EU, referente aos últimos seis anos (não incluso taxas e impostos).

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
UE	€ 0.03	€ 0.03	€ 0.03	€ 0.02	€ 0.03	€ 0.06
Portugal	€ 0.03	€ 0.03	€ 0.03	€ 0.02	€ 0.03	€ 0.07

Tabela 2 - Evolução do preço da energia elétrica não doméstico em €/kWh em Portugal e EU, referente aos últimos seis anos (não incluso taxas e impostos).

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
UE	€ 0.08	€ 0.08	€ 0.08	€ 0.08	€ 0.09	€ 0.16
Portugal	€ 0.08	€ 0.08	€ 0.09	€ 0.08	€ 0.08	€ 0.14

1.3.2 Ambiental

Os combustíveis fósseis, que são compostos de carvão, petróleo e gás, mantêm uma presença significativa nos sistemas energéticos mundiais. Em 2021, os combustíveis fósseis contribuíram 82% para o abastecimento global de energia, 70% na União Europeia e 67% em Portugal [5].

No entanto, os GEE, como Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Hexafluoreto de Enxofre (SF₆) e dois grupos de gases, Hidrofluorcarbono (HFC) e Perfluorcarbono (PFC), são libertados durante a combustão de combustíveis fósseis. Esta libertação contribui tanto para o efeito estufa quanto para a contaminação do ar local.

Um estudo realizado em 2016 aponta que o segmento de energia é o que mais contribuiu para a emissão de gases de efeito estufa, a representar 73%. Dentro do segmento energia, a energia utilizada em edifícios corresponde 17,5% e representa a segunda categoria mais relevante, a ser superada apenas pela energia consumida pelas indústrias, 24.2%, figura 1. Os demais GEE, são convertidos em CO₂ equivalentes para efeitos de comparação.

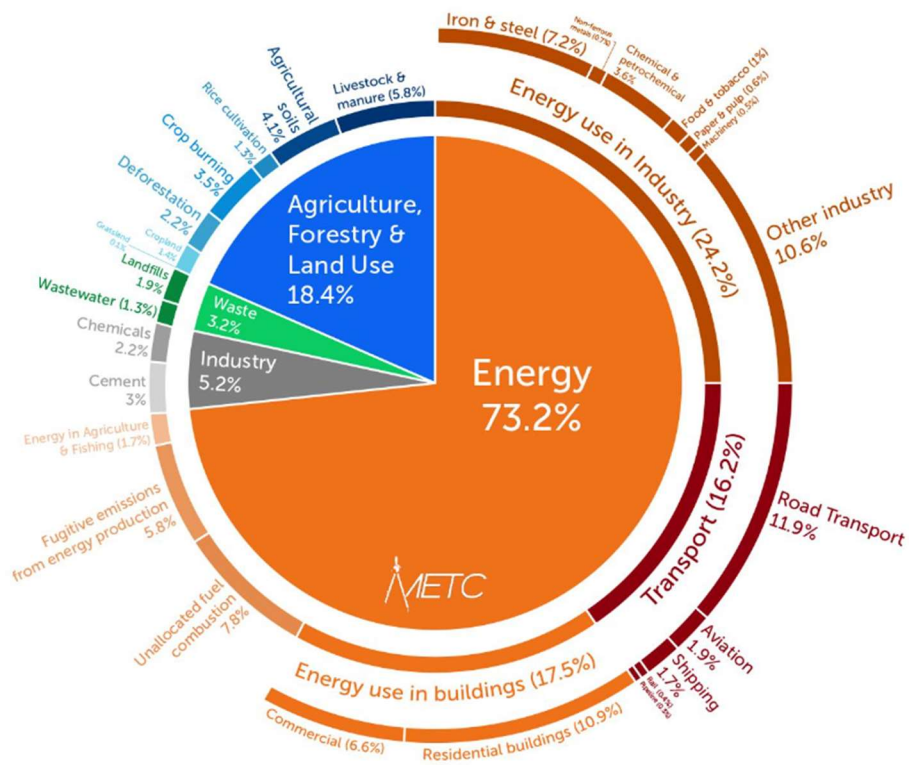


Figura 1 - Emissões globais de gases que causam o efeito estufa, amostra do ano de 2016, totalizando 49,4 bilhões de toneladas de CO₂. [6].

Trabalhar a eficiência energética em conjunto com as energias renováveis pode ser o caminho mais apropriado para atenuar o impacto ambiental, e assim, continuar a contar com as reservas naturais, que por sua vez são limitadas.

2.Enquadramento Teórico

2.1 Estado da Arte

2.1.1 Políticas Energéticas para edifícios da União Europeia

A Diretiva de Desempenho Energético dos Edifícios ou Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) aplicado aos países membros da União Europeia é uma ferramenta legislativa criado pelo Parlamento Europeu para atingir as metas de eficiência energética e sustentabilidade. Este conjunto de diretrizes visa procura reduzir o consumo de energia, diminuir as emissões de gases de efeito estufa, promover o uso de fontes de energia renováveis e tecnologias energeticamente eficientes em edifícios para alcançar um ambiente construído mais sustentável. A EPBD foi introduzida pela primeira vez em 2002 e desde então passou por várias revisões [7]. A versão atual foi adotada em 2018 e estabelece uma série de medidas para melhorar a eficiência energética de edifícios novos e existentes.

A ferramenta tornou-se requisito obrigatório para todos os estados-membros da UE e cada estado é responsável por implementar a diretiva em seu próprio país [8]. Os principais desafios para a implementação incluem a falta de conscientização e compreensão da diretiva, falta de recursos e falta de interesse político. O conjunto de diretivas conduziu à utilização de fontes de energia renováveis nos edifícios, como a instalação de sistemas fotovoltaicos e bombas de calor geotérmicas, o que contribuiu para a redução do consumo de energia convencional e das emissões de carbono no setor da construção [9].

A implementação do EPBD, também levou ao desenvolvimento de tecnologias e materiais inovadores na indústria da construção, melhorando a eficiência energética e a sustentabilidade nos edifícios. A diretiva também desempenhou um papel significativo na conscientização pública sobre questões de sustentabilidade e eficiência energética em edifícios e trouxe mudanças significativas na indústria da construção, resultando em melhorias na eficiência energética, sustentabilidade e desempenho ambiental dos edifícios.

A EPBD levou à melhoria da eficiência energética em edifícios, com redução do consumo de energia por metro quadrado em até 15% e teve impacto positivo na eficiência energética dos edifícios [10].

Tabela 3 - Conjunto de diretrizes legislativas criadas pelo Parlamento Europeu e aplicado aos países membros da UE, a incluir Portugal (PT). Atualizado em abril de 2023.

Diretiva	Metas de Eficiência Energética	Aplicável	Prazo
Fit for 55	55% - Redução GEE	UE	2030
PNEC/PT	45/55% - Redução GEE	PT	2030
2012/27/UE	20% - Redução energia global	UE	2030
2018/2002/UE	32,5% - Redução energia global	UE	2030
2021/558/COM	39% - Redução consumo energia primária	UE	2030
2021/558/COM	36% - Redução consumo energia final	UE	2030
2022/222/COM	40/42% - Redução consumo energia primária	UE	2030
2022/222/COM	36/40% - Redução consumo energia final	UE	2030
PNEC/PT	35% - Redução consumo energia primária	PT	2030

2.1.1.1 Participação das energias renováveis no conjunto de medidas EPBD

A energia solar, a energia eólica, a energia oceânica e hidroelétrica, a biomassa, os biocombustíveis e o hidrogénio são todos fontes de energia renováveis. Estas, participam de programas de apoio e regimes de financiamento do bloco europeu. Uma das prioridades do Conselho Europeu em maio de 2013 foi a de intensificar a diversificação do aprovisionamento energético da UE e desenvolver os recursos energéticos locais para garantir a segurança do aprovisionamento e diminuir a dependência energética externa.

Em relação as fontes de energia renováveis, a Diretiva 2009/28/CE, de abril de 2009, introduziu uma meta de 20% a atingir até 2020 [11]. Em dezembro de 2018, a nova Diretiva Energias Renováveis (2018/2001/UE) estabeleceu a meta vinculativa global da UE para a quota de energia proveniente de fontes renováveis para 2030, em pelo menos 32% [12].

Em 19 de novembro de 2020, a Comissão apresentou a Estratégia da UE para aproveitar o potencial de energia de fontes renováveis com vista a um futuro livre de emissões de carbono e tornar-se climaticamente neutro (2020/741/COM), intensificando os esforços para tornar o bloco climaticamente neutro até 2050.

Em julho de 2021, uma nova proposta (2021/557/COM) de Diretiva para as Energias Renováveis aumentou o objetivo global em matéria de energias renováveis para 40% até 2030. Em maio de 2022, em conjunto com o plano REPowerEU (2022/230/COM), que visa a eliminação progressiva dos combustíveis fósseis russos, a Comissão propôs aumentar o objetivo em matéria de energias renováveis, para 45% até 2030 (tabela 4).

A comissão europeia que rege a EPBD, apresentou uma estratégia destinada a energia solar (2022/221/COM) para duplicar a capacidade de energia proveniente de fonte solar fotovoltaica até 2025 através da instalação de 600 GW até 2030. Define também, a produção de hidrogénio renovável a cumprir até 2030 (10 milhões de toneladas de produção interna e 10 milhões de toneladas de importações) e propõe um plano de ação para aumentar a produção de bio metano para 35 mil milhões de metros cúbicos até 2030 (tabela 4) [13].

Tabela 4 - Metas legislativas para eficiência energética destinadas aos países que pertencem ao bloco europeu que envolvem as fontes renováveis de energia. Atualizado em abril de 2023

Diretiva	Metas para Energias Renováveis	Aplicável	Prazo
2009/28/CE	20% - Energias proviniente de renováveis	UE	2020
2018/2001/UE	32% - Energias proviniente de renováveis	UE	2030
2020/741/COM	60 GW - Capacidade de produção Eolica	UE	2030
2020/741/COM	300 GW - Capacidade de produção Eolica	UE	2050
2021/577/COM	40% - Energias proviniente de renováveis	UE	2030
2022/230/COM	45% - Energias proviniente de renováveis	UE	2030
PNEC	47% - Energias proviniente de renováveis	PT	2030

2.1.1.2 Medidas da EPBD para as emissões dos edifícios

A proposta da Comissão, prevê redefinir a diretiva de dezembro de 2021 e avançar com os programas de, emissão quase nulas (nearly zero emissions building - NZEB) e emissões nulas (emissions building - ZEB) para os novos edifícios, ao alinhar as propostas e os requisitos de desempenho energético, com o objetivo a mais longo prazo de neutralidade climática e priorizar a eficiência energética.

Tabela 5 - Diretrizes criadas pelo parlamento europeu destinado a UE. abril de 2023.

Medidas de Eficiência Energética	Aplicável	Prazo
Poupança anual de 1,5% no consumo final	Edifícios, Transportes e Industrias	2020
Poupança anual de 1,7% no consumo final	Setor Público	2030
Revitalização anual de 3% da área total do edifício	Orgãos Públicos	2030
Edifício com emissão quase nula de GEE - NZEB	Edifício Privado	2021
Edifício com emissão quase nula de GEE - NZEB	Edifício Público	2019
Edifício com emissão nula de GEE - ZEB	Edifício Privado	2030
Edifício com emissão nula de GEE - ZEB	Edifício Público	2027

De acordo com a proposta da diretiva, um edifício ZEB é definido como um edifício com um desempenho energético muito elevado, com a quantidade muito baixa de energia ainda necessária totalmente coberta por energia proveniente de fontes renováveis e sem emissões de carbono no local provenientes de combustíveis fósseis.

O requisito ZEB será aplicado a partir de 1 de janeiro de 2030 a todos os novos edifícios e a partir de 1 de janeiro de 2027 para todos os novos edifícios com área útil superior a 2000 metros quadrados (tabela 6) ocupados por autoridades públicas [14].

2.1.2 Indicadores de eficiência energética utilizados na Europa

2.1.2.1 SRI

O Smart Readiness Indicator (SRI) ou Indicador de prontidão inteligente, avalia a capacidade de um edifício funcionar de modo a otimizar a sua eficiência energética e desempenho global e também mede capacidade de adaptação aos sinais da flexibilidade energética ao responder às necessidades dos ocupantes do edifício mediante aos requisitos descritos pela Comissão Europeia.

A introdução do SRI veio como uma resposta à necessidade de acelerar os investimentos em renovação de edifícios e alavancar tecnologias inteligentes de eficiência energética no setor de construção em toda a Europa [15].

O indicador tem capacidade de otimizar a eficiência energética e adaptar-se às necessidades dos ocupantes do edifício. A classificação aborda nove domínios técnicos, dentre os principais estão: arrefecimento, ventilação, iluminação, isolamento do edifício, eletricidade e monitorização de consumo. Através da implementação do SRI, a inovação tecnológica de gestão do edifício, passa a ser apoiada, por tecnologias inteligentes.

2.1.2.2 Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Desempenho (IPMVP)

O IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol) foi criado em 1997 nos Estados Unidos pelo Departamento de Energia Norte Americano e outras organizações nacionais, para permitir que a eficiência energética se torne mais aplicável as indústrias e grandes consumidores. O processo foi longo até o protocolo atual, pois envolvia o aprimoramento de boas práticas para os projetos, medições específicas, sistemas de controles e histórico de consumos [16]. O IPMVP tem como objetivo desenvolver uma abordagem consensual para medir e verificar investimentos e assim facilitar um envolvimento global em maior escala para a eficiência energética.

O IPMVP agora é usado por concessionárias e agências governamentais e industriais para avaliar e melhorar o desempenho de suas instalações. Um dos principais benefícios de usar IPMVP numa estrutura financeira é de reduzir os riscos de investimentos.

O programa é focado em economia do consumo energético, consumo de água, custos relacionados e reduções de emissões e propõe que a medição e verificação é fundamental para o financiamento de eficiência energética.

O IPMVP também oferece uma abordagem no contexto da transição energética global, que consiste em medir e verificar a redução de emissões de CO₂ em uma ampla gama de setores de energia, incluindo diferentes tipos de instalações, aplicações industriais e energia renovável.

O protocolo pertence e é mantido pela Organização de Avaliação de Eficiência ou Efficiency Valuation Organization (EVO), uma organização sem fins lucrativos cujas atividades abrangem o desenvolvimento de protocolos de medição e verificação, programas de capacitação e educação e certificação de profissionais da indústria.

Os componentes essenciais para utilização da ferramenta são: Verificar se um projeto tem potencial para executar e economizar energia; quantificar os impactos de custo e energia no nível do local de um projeto direcionado. Ambos os componentes são essenciais para a medição e verificação da poupança.

2.1.3 Sistemas de classificação para edifícios verdes

Autoridades e organizações iniciaram os sistemas de classificação de edifícios verdes para otimizar o consumo de recursos naturais e controlar a emissão de GEE. Edifícios certificados por esses sistemas de classificação consomem menos energia, proporcionando um melhor ambiente de vida aos Utilizadores e a contribuir para a reputação geral da propriedade [17].

Estima-se que existam aproximadamente 600 sistemas de classificação verde no âmbito global [18]. Contudo esta dissertação aborda os principais sistemas de classificação adotados e tais como líderes internacionais do mercado. O BREEAM (Building Research Establishment Assessment Method) é conhecido como a primeira ferramenta de classificação para avaliar o desempenho do edifício com base em determinados valores-alvo para diferentes critérios [19].

Outros sistemas também são utilizados para avaliar o desempenho dos edifícios, como o LEED dos Estados Unidos (Leadership in Energy and Environmental Design), o HQE (Alta Qualidade Ambiental) da França, o DGNB da Alemanha (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen), o Green Star da Austrália, o Green Star da Nova Zelândia, o CASBEE do Japão (Sistema de Avaliação Abrangente para Eficiência Ambiental em Edifícios), o BEAM (Método de Avaliação Ambiental em Edifícios) de Hong Kong e o Esquema de Marca Verde BCA (Autoridade de Construção e Construção) de Singapura.

Edifícios com certificação BREEAM podem apresentar custos de energia 6% a 30% menores do que edifícios não certificados [20]. O LEED teve uma grande atualização em 2013 e apenas atualizou suas ferramentas de classificação em meados de 2016 [21]. Enquanto a grande atualização do BREEAM aconteceu em meados de 2014 [22].

Entre 2015 surgiu a versão mais recente do Green Star Austrália e em 2016 do Green Star New Zealand [23]. Já a estrutura da CASBEE-City foi desenvolvida em 2007 pelo japonês Shuzo Murakam.

2.1.3.1 BREEAM

O BREEAM é visto como a primeira avaliação de classificação de construção verde no mundo, lançada e operada pelo Building Research Establishment do Reino Unido e introduzido no mercado em 1990, que por sua vez foi revisto pela primeira vez para avaliar escritórios. O BREEAM é amplamente aceito nos principais sistemas de classificação verde posteriores, já que o LEED, Green Star e CASBEE, são seus derivados, figura 2.

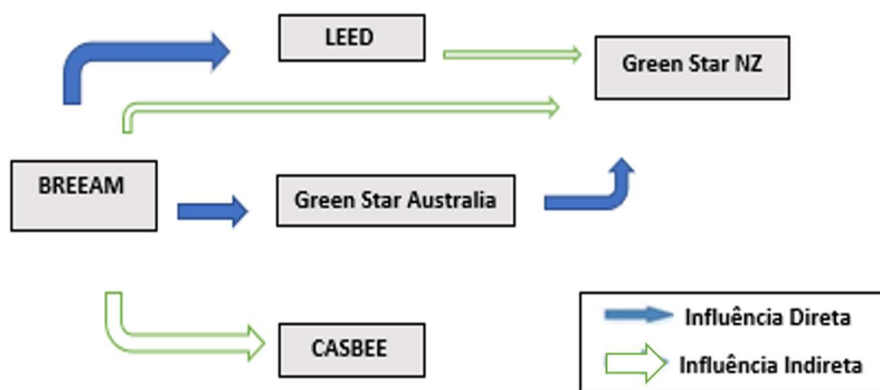


Figura 2 - Relação entre as classificações verdes, a destacar a influência de cada sistema.

O BREEAM é amplamente utilizado devido à sua flexibilidade. Ele não apenas avalia os códigos e condições locais, mas também permite a aplicação em edifícios internacionais [24]. Além disso, permite a avaliação do ciclo de vida de um edifício com vista à concepção, construção, operação e remodelação. O BREEAM já emitiu mais de 560.000 certificações e já foi aplicado em mais de 75 países até 2017 [25].

Embora todos os pilares da sustentabilidade possam ser avaliados pelo BREEAM, o fator ambiental ainda é predominante com oito categorias principais, incluindo Gestão, Energia, Transporte, Água, Materiais, Resíduos, Uso do Solo e Ecologia e Poluição.

2.1.3.2 LEED

LEED foi desenvolvido pelo USGBC (US Green Building Council) e foi lançado pela primeira vez em 1998. É considerado o esquema de classificação mais amplamente adotado com base no número de países, com mais de 79.000 projetos em mais de 160 países e territórios até 2017 [26].

O LEED avalia predominantemente os fatores ambientais, incluindo as categorias locais sustentáveis, eficiência hídrica, energia e atmosfera, materiais e recursos, e qualidade do ambiente interno. Todo o ciclo de vida do edifício pode ser avaliado com base nos critérios dos manuais de projeto e construção de edifícios, projeto e construção de interiores, operações e manutenção de edifícios e desenvolvimento de bairros.

2.1.3.3 CASBEE

O CASBEE foi desenvolvido pela colaboração de universidades, da indústria e dos governos locais em 2001 no Japão. Devido à sua limitação ao contexto japonês, o número de edifícios certificados ainda é modesto, apenas 330 edifícios desde 2004. No entanto, é a classificação que avalia o contexto mais amplo e em 2015 anunciou uma versão piloto para uso mundial.

A CASBEE pode avaliar os edifícios desde o projeto até a reforma com os critérios da CASBEE Buildings, CASBEE Commercial Interiors e CASBEE Construction. Enquanto ainda há outros manuais CASBEE para desenvolvimento urbano e para cidades que são usados como estruturas para avaliar um grupo de edifícios [27].

2.1.3.4 Green Star NZ

O esquema de classificação Green Star NZ foi lançado pela primeira vez em 2007 pelo NZGBC (New Zealand Green Building Council), baseado no Australian Green Star. Comparado com os esquemas de classificação até aqui citados, o Green Star NZ é o mais jovem. É a única que não disponibiliza um manual de avaliação do edifício durante a sua fase de desempenho. Por estar no mercado há apenas uma década, o número de edificações certificadas ainda é limitado. No entanto, tem visto uma tendência positiva ao atingir 125 certificações até 2017 [28].

2.1.3.5 Principais características dos sistemas de classificação

A flexibilidade ou a aplicação de CASBEE e Green Star NZ ainda é limitada. Sugere-se que eles sejam capazes apenas de projetos domésticos que levem aos modestos projetos certificados, com 541 para CASBEE e 125 para Green Star NZ (tabela 3). É claro que a energia é a categoria mais importante, respondendo pela maior proporção da escala de ponderação, já que é responsável pela maior parcela no consumo de energia da indústria da construção.

Tabela 6 - Principais características do BREEAM, LEED e Green Star NZ.

	BREEAM	LEED	CASBEE	Green Star NZ
País	Reino Unido	EUA	Japão	Nova Zelândia
Organizações	BRE	USGBC	JSBC	NZGBC
Primeira versão	1990	1998	2002	2007
Categorias principais	Gestão	Processo Integrativo	Ambiente Interno	Gestão
	Saúde, bem-estar e Transporte	Ambiente Interno e Qualidade	Qualidade de Serviço	Meio Ambiente Interno, Qualidade, Transporte
	Energia, Água, Material, Resíduos	Energia e Localização e Transporte	Ambiente Local	Energia, Água, Material,
	Uso do solo e ecologia, Poluição, Inovação	Eficiência Hídrica, Material, Recursos, Sites Sustentáveis, Inovação	Recursos de Energia e Materiais Ambiente Externo	Ecologia, Emissões, Inovação
Edifícios certificados	561.000	79.000	541	125

As características dos países que deram origem aos sistemas de classificação podem ajudar a identificar as subcategorias. Por exemplo, a gestão é promovida no contexto da Nova Zelândia (Green Star), enquanto os EUA (LEED) focam em sites sustentáveis. No entanto, a qualidade do ambiente interior, energia e material são enfatizados tanto no LEED quanto no Green Star NZ (tabela 3).

2.1.4 Análise SWOT

A análise SWOT é uma ferramenta usada para identificar e analisar os pontos fortes (Strengths), fracos (Weaknesses), oportunidades (Opportunities) e ameaças (Threats) de uma organização. Essas palavras compõem o termo SWOT. O principal objetivo da análise é aumentar a conscientização sobre os fatores que influenciam na tomada de uma decisão de negócios ou no estabelecimento de uma estratégia de negócios. Para isso, o SWOT analisa o ambiente interno e externo e os fatores que podem impactar a viabilidade de uma decisão.

O SWOT é frequentemente usado no início ou como parte de um processo de planejamento estratégico e é considerada um suporte poderoso para a tomada de decisões, ainda permite que uma organização descubra oportunidades de sucesso que antes não eram articuladas. Ele também destaca as ameaças antes que elas se tornem prejudiciais ao projeto.

A estrutura é creditada a Albert Humphrey, que testou a abordagem nas décadas de 1960 e 1970 no Stanford Research Institute. Esse tipo de análise é mais eficaz quando usado para reconhecer e incluir pragmaticamente problemas e preocupações de negócios.

2.2 Fundamentos Teóricos

2.2.1 Recursos técnicos que podem potencializar o desempenho energético de um edifício

A fraca eficiência dos edifícios é uma das principais causas que contribui para o consumo excessivo de energia. Por isso, os edifícios estão na rota de várias abordagens destinadas a uma maior eficiência energética. Tais medidas podem contribuir significativamente para um melhor sistema energético global, proporcionando inovações tecnológicas necessárias para reduzir as emissões de gases com efeito de estufa (GEE).

Portugal possui níveis de pobreza energética e baixa eficiência energética do parque edificado. Os indicadores de estatísticas de renda e condições de vida da UE, apontam que o país, tem a 4ª maior taxa de cidadãos que relatam a sua incapacidade de manter as habitações adequadamente aquecidas durante o inverno (17,5%). O país também apresenta a 2ª maior percentagem da população a viver em casas com situação precárias em telhados, pisos ou janelas (25,2%) de todos os 27 estados-membros europeus em 2020 [29]

Aproximadamente 68% de todos os edifícios residenciais com certificação energética de 2014 a 2021 (cerca de 1,43 milhões) têm uma classificação de desempenho energético igual ou inferior a C (abaixo do nível B, que é o padrão para edifícios novos), enquanto apenas 13,5% apresentam o índice A mais elevado [30].

Tal, deve-se ao facto de cerca de 70% dos edifícios residenciais terem sido construídos antes de 1990, antes do estabelecimento do primeiro regulamento português de desempenho energético. A taxa média de renovação foi de aproximadamente 0,01% ao ano entre 2014 e 2018, consideravelmente abaixo da taxa média de renovação da UE de 1% e meta de 3% ano [31].

Neste sentido, a presente dissertação reflete a necessidade de entendimento e identificação de como as medidas podem ser destinadas à eficiência energética dos edifícios, bem como da otimização do seu desempenho energético. Para o acesso da energia de modo consistente e confiável, estão listados de seguida algumas das medidas que contribuem para a segurança energética, aperfeiçoamento do consumo e redução de desperdícios em relação aos custos operacionais envolvidos.

2.2.1.1 Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC)

O sistema Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (AVAC) é responsável por controlar e manter as condições internas de temperatura, humidade e ar limpo, bem como pela manutenção de um nível de conforto para os ocupantes dos edifícios. A relevância do AVAC na eficiência energética em edifícios é indiscutível, com o crescimento das preocupações ambientais e a escalada nos custos de energia.

A energia para aquecimento e arrefecimento representa quase 50% do consumo final bruto total de energia da UE. Em 2021, cerca de 26,4% das medidas de melhoria propostas nos certificados de desempenho energética dizem respeito à substituição de sistemas [32].

Portugal está entre um dos países mais quentes da EU, com temperaturas elevadas no verão, sendo o 5º maior número de graus-dia de arrefecimento, e o 3º com menor aquecimento em 2020 [33].

Um bom projeto com qualidade, manutenção adequada, sistemas de automação avançados assim como recursos renováveis são medidas cruciais para alcançar baixo impacto ambiental nos edifícios e promover uma maior eficiência energética. Nesse contexto, o sistema AVAC desempenha um papel fundamental na promoção da eficiência energética em edifícios e deve ser considerado como parte de qualquer projeto de construção ou modernização.

2.2.1.2 Iluminação

A seleção de sistemas de iluminação adequados é extremamente importante para maximizar a eficiência energética de um edifício, pois pode resultar em economias significativas de custos de energia, aumentar a vida útil do edifício e proporcionar maior conforto aos seus ocupantes. Atualmente, 20% da eletricidade total usada no mundo destina-se à iluminação, sendo que 75% dessa energia é consumida em edifícios de serviços [34]. A melhoria da iluminação em edifícios pode ajudar a reduzir o consumo de energia em até 30% e reduzir o custo anual de operação e manutenção em até 40%.

Isso pode resultar em uma redução da conta de energia de até 20% [35]. Há diferentes tipos de iluminação disponíveis no mercado, como: Lâmpadas LED, halogênios e lâmpadas fluorescentes compactas. A tecnologia da lâmpada de LED possui vida útil mais longa que as outras, o custo de manutenção é menor, pois é necessário trocá-las com menos frequência. Também garantem mais visibilidade e segurança, pois não emitem calor e são mais brilhantes. Por último, a iluminação LED é mais ambientalmente amigável, já que não contém metais pesados, como o material presente nas lâmpadas fluorescentes [36].

2.2.1.3 Isolamento Térmico

A importância do isolamento térmico em edifícios é um dos fatores mais críticos para a eficiência energética, custos de energia e qualidade do ar para os usuários. O devido isolamento permite a estabilidade da temperatura interior e reduz a poluição do ar interno, pois impede a entrada de poluentes externos e a dispersão dos poluentes internos.

Ao aplicar o isolamento térmico mais indicado em um edifício, este pode reduzir os custos de energia em 20% [37]. Na última década, Portugal tem investido fortemente na melhoria do isolamento térmico dos edifícios como parte da sua agenda de eficiência energética. Isolamento térmico em edifícios é uma estratégia importante para reduzir as necessidades energéticas, melhorar a qualidade de vida dos habitantes e preservação do meio ambiente [38].

2.2.1.4 Envidraçados

O tamanho e a posição dos vãos envidraçados são fatores importantes na eficácia energética de um edifício, estes permitem a entrada de luz solar, o que permite a reduzir a necessidade de iluminação artificial e também permitem a entrada de calor solar, que pode ajudar a reduzir a necessidade de aquecimento.

Até 25% das necessidades de aquecimento provém das perdas de calor com origem nas janelas [39]. Para além disso, também são um elemento que permite infiltrações de ar não controláveis, que para além de provocar desconforto nos ocupantes leva a gastos de energia para aquecimento. O desempenho energético da janela está diretamente ligado aos tipos de caixilho e de vidro.

Quando bem aplicados, os envidraçados desempenham um papel importante na eficiência energética de edifícios ao fornecer isolamento térmico e manter a temperatura interna do edifício estável que ajuda a evitar excessos de aquecimento e refrigeração, reduzindo gastos excessivos de energia e contribuindo para a preservação ambiental. Além disso, envidraçados são essenciais para a entrada de luz natural, o que pode reduzir a necessidade de iluminação artificial. Vidros com revestimentos especiais, tais como aqueles que refletem a luz solar, podem ajudar a reduzir radiação solar que entra no edifício.

2.2.1.5 Energia Renovável Fotovoltaica

A adoção da energia fotovoltaica para a eficiência energética dos edifícios tem crescido ao longo dos últimos anos. Esta fonte de energia renovável pode gerar economias a longo prazo, além de não emitir gases durante o processo de geração da eletricidade. Os painéis fotovoltaicos funcionam como a proporção da quantidade de energia/radiação solar que é convertida em energia elétrica por meio da energia fotovoltaica.

A energia fotovoltaica foi a terceira fonte renovável mais utilizada em Portugal no ano de 2021, com 11%, superado pela hídrica e eólica que representaram 46% e 36% respetivamente. A eletricidade usada em Portugal no ano de 2022 que vem da energia solar corresponde a 6.54%, praticamente o dobro de 2020 que foi de 3.34% [40]. Isso demonstra que o país, juntamente com o bloco europeu investe e conta cada vez mais com a energia proveniente do Sol para alcançar metas climáticas e a eficiência energética.

A maioria dos painéis solares tem uma eficiência entre 15% e 20% e o tempo de vida de um painel solar é em média de 25 anos [41]. O tempo de retorno médio do investimento costuma variar entre 5 a 10 anos, a depender do modelo, local e investimento. O custo total de instalação e dos painéis fotovoltaicos reduziu em trono de 19% nos últimos 10 anos.

2.2.2 Principais sistemas para gestão de energia predial

2.2.2.1 Edifícios inteligentes

O termo edifício inteligente ou Smart Building (SB), refere-se a um conjunto de tecnologias de comunicação que permitem que vários equipamentos e aparelhos de um edifício interajam e se comuniquem entre si, bem como automatizar a gestão. Os processos automatizados permitem o controlo das operações do edifício, como sistemas de ventilação, aquecimento, ar condicionado e iluminação, segurança e outros.

As principais características de gestão para SB, são direccionadas a Iluminação, que sincroniza os níveis de luz com horários e sistemas de aquecimento, e também as ao sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC), que pode se ajustar automaticamente às condições meteorológicas e de ocupação no local. A participação do SB em edificações no mercado europeu deve atingir 24% até 2025 [42].

O principal benefício da gestão SB se dá pela redução do consumo de energia. Já que novas tecnologias de gestão energética ajudam a reduzir a quantidade de eletricidade usada em instalações prediais. A ideia do SB, é conectar todos os equipamentos, como janelas, luminárias, sistemas Aquecimento, ventilação e Ar condicionado (AVAC) e detetores de presença, de forma automática e remota.

2.2.2.2 BEMS

Sistemas de Gestão de energia predial ou Building Energy Management System (BEMS), monitora e controla os serviços prediais relacionados à energia, como AVAC e iluminação. O objetivo desse sistema é fornecer uma melhor compreensão do desempenho do edifício por meio da medição do consumo de energia do edifício [43].

O foco do BEMS é reduzir o consumo de energia e para isso conta com um sistema que possa controlar eficientemente as principais áreas de maior consumo e custo energético do local, como por exemplo: sistema de iluminação, aquecimento e arrefecimento. O BEMS, refere-se a um sistema computadorizado que tenta controlar o consumo de energia de todas as operações em um edifício. Este tem como intuito principal em atender as necessidades de conforto dos usuários do edifício [44].

2.2.3 Medidas de eficiência energética aplicados na dissertação

2.2.3.1 Auditoria e Certificação Energética

A certificação energética é um documento que avalia a eficácia energética de um imóvel numa escala (figura 4) de A+ (muito eficiente) a F (pouco eficiente). A auditoria energética permite identificar como um edifício consome energia e as características de consumo energético relativas a climatização, isolamento, renováveis, águas quentes, envidraçados, entre outras. Além de, evidenciar quais medidas podem ser implementadas para otimizar o desempenho energético.

A auditoria é realizada a nível global e a classificação energética é padronizada (figura 3), porém, é respeitado as respetivas normas e legislações de cada país. No caso de Portugal, o Sistema de Certificação Energética (SCE) dos Edifícios é gerido pela ADENE. Este sistema constitui-se com o conjunto de políticas energéticas no sector dos edifícios e principal ferramenta para avaliação do desempenho energético dos edifícios.

Implementado em 2007 via EPBD, permitiu acompanhar a evolução legislativa da eficiência energética, aliada à promoção das condições de conforto térmico e da qualidade do ar interior nos edifícios. A certificação energética de edifícios é obrigatória em Portugal desde janeiro de 2010 e os documentos emitidos para edifícios são válidos de 6 a 8 anos.



Figura 3 - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE). [45].

Em Portugal, a avaliação energética dos edifícios e a emissão do Certificado Energético é feita por técnicos reconhecidos pela entidade gestora do SCE. A análise deverá envolver sempre a visita de um perito qualificado ao imóvel, para que possa verificar a situação do mesmo e efetuar o levantamento dimensional e fotográfico para realizar os cálculos que irão definir a classe energética.

Para a realização da auditoria energética de um edifício, utiliza-se uma metodologia que aboroda um conjunto de ações destinadas a caracterizar energeticamente as instalações e respetivos sistemas energéticos no âmbito do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior, conforme as fases representadas na figura 4.

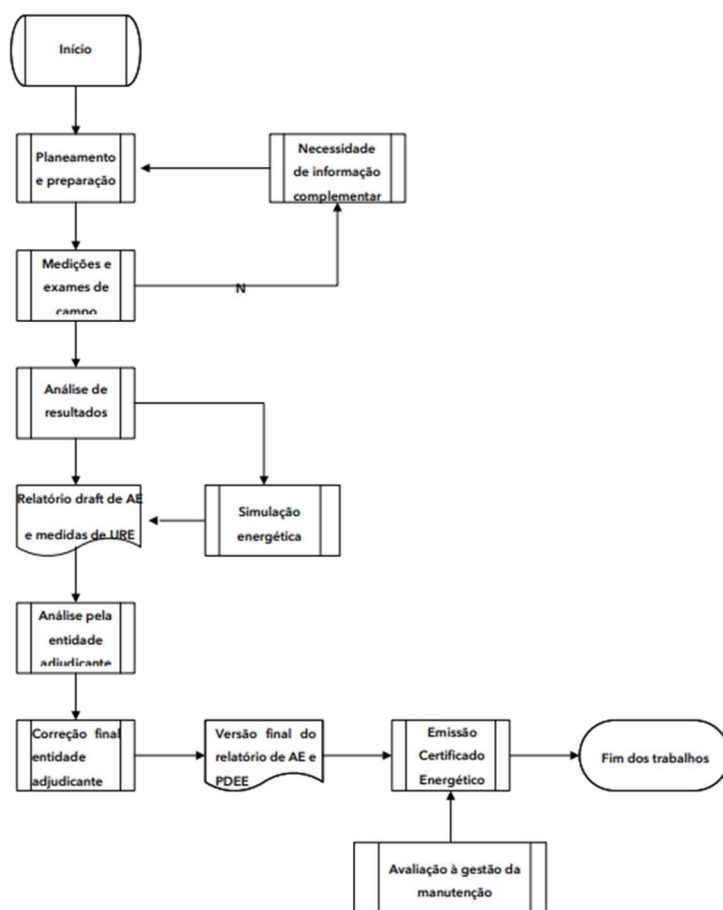


Figura 4 - Fluxograma da metodologia utilizada pela empresa prestadora de serviço ao emitir a auditoria energética das instalações do IPB. [46].

Nesta dissertação, a certificação energética é apresentada como resultado do trabalho de campo e objeto para o estudo de caso. Foi realizada nos edifícios do ESTIG, ESE e ESA que são parte do IPB, e na entidade independente SAS, que está presente no campus IPB. Neste relatório apenas o resultado do edifício ESE é discutido. O trabalho de auditoria energética realizado no IPB, ocorreu entre agosto 2022 e janeiro 2023, e foi realizado pela empresa contratada MMec.

2.2.3.2 Plano de eficiência de recursos da administração pública de Portugal

Programa de Eficiência de Recursos na Administração Pública foi aprovado pelo governo português em 2020, como o intuito de aderir medidas de melhoria de eficiência energética e de outros recursos, ao fixar um conjunto de objetivos e metas que contribuam para a descarbonização e transição energética das atividades desenvolvidas pelo Estado [47].

Nomeado como ECO.AP 2030, o programa apresenta medidas para a redução dos consumos de energia, água e materiais, e emissões de Gases de Efeito de Estufa (GEE) de toda infraestrutura sob gestão ou utilização das entidades públicas de Portugal.

Até 2030, o Estado tem de cumprir um conjunto de metas tais como: reduzir em 40% os consumos de energia primária; contribuir para que 10% do consumo de energia seja assegurado por soluções de autoconsumo com origem em fontes de energia renovável; reduzir em 20% o consumo de água; reduzir o consumo de materiais em 20%; Alcançar 5% de taxa de renovação energética e hídrica dos edifícios abrangidos pelo programa.

O programa ECO.AP foi aplicado no IPB e é apresentado como resultado do trabalho de campo realizado. Para a realização do plano de eficiência recursos (PER) da entidade IPB, definiu-se uma metodologia quantitativa que abordou um conjunto de ações destinadas a coletar e analisar dados da entidade ao longo do ano de referência de 2019, de maneira a desagregá-los e inserir em ficheiros pré formatada pela agência Eco.Ap e partilhados com o IPB. A agência também prestou suporte durante o trabalho de campo.

O intuito do programa é de gerar as métricas de consumo, custo e impacto ambiental para auxiliar no desenvolvimento de medidas de eficiência de recursos no Campus ao longo do próximo triênio (2022-2024).

No plano ECO.AP foi utilizado a unidade de medida definida como tep (toneladas equivalentes de petróleo), para medir o impacto ambiental de distintas fontes de energia. O tep é frequentemente utilizado nos balanços energéticos, já que o petróleo é a principal fonte da matriz energética no mundo. Logo, é natural que as outras energias sejam convertidas a partir do petróleo. Os valores de referência são apresentados na tabela 7.

Tabela 3 - Conversão de energia utilizada no campus do IPB em Tep (Tonelada equivalente de petróleo) e respetivo valor [48].

Fonte energética	Tep
1 kWh (Eletricidade/Gás natural)	0.21 tep
1 Litro (Gasóleo)	1.02 tep

O IPB utiliza diferentes fontes de energia para suprir a necessidade energética do campus. As fontes energéticas são: energia elétrica, gás natural, água, combustíveis e fontes renovável fotovoltaica. Segundo o relatório interno ECO.AP, desenvolvido e concluído durante o trabalho de campo apresentado nesta dissertação, chegou-se aos seguintes dados de consumo (tabela 8) no ano de referência de 2019.

Tabela 4 - Desagregação do consumo por fonte de energia do IPB em 2019. [50].

Tipo Energia	Unidade/ano	Tep/ano	Participação
Eletricidade	2,163.936 kWh	465.2	61%
Gás natural	2,545.774 kWh	208.9	27%
Combustível	65,196 litros	66.9	11.5%
Fotovoltaico	75,265 kWh	16.1	0.5%

O custo associado as fontes de energia utilizadas no IPB em 2019, foi € 444.352. As despesas com eletricidade, GN e combustíveis representam respetivamente 61%, 27% e 11.5%. A eletricidade apresenta maior participação nas instalações, seguida pelo gás natural.

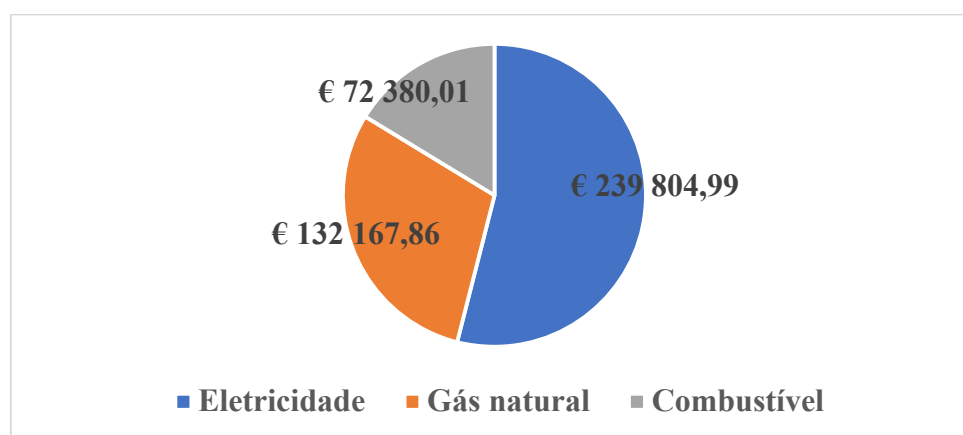


Figura 7 - Desagregação do custo por fonte de energia nas instalações IPB 2019 [€/ano].

Nas instalações da ESA, ESTIG e ESE, estão atualmente instalados três sistemas fotovoltaicos com a potência total de 50 kWp divididos em 3 conjuntos (15 kWp por edifício) e um vão envidraçado (5 kWp- ESTIG), que somados representam 3,4% do consumo total anual de energia elétrica (referência 2019). Em relação a frota, na sua grande maioria os veículos são utilizados ao serviço de todas as instalações que agregam o Campus.

O consumo total de energia, em 2019, associado às frotas foi de 67,00 tep, desagregado por gásóleo e gasolina que representam respetivamente 97% e 3% do total de combustíveis consumidos pelo campus IPB. O IPB possui captações próprias de água potável (embora não tratada) e usa-a para diversos tipos de utilização como sejam: rega de culturas e espaços verdes, uso animal e uso nas instalações. O consumo total de água em 2019, associado às instalações, foi de 28.884 m³, desagregado pelas diferentes fontes utilizadas, para suprir as necessidades hídricas. Sendo 5.384 m³ ao ano de água potável da rede pública e 23.500.00 m³/ano (estimado na sua grande maioria) água não tratada de captações próprias.

3.1.1.2 Gestão e contratos de fornecimento de energias ao IPB

A atual gestão de energia do IPB é conduzida pelo setor da manutenção. As faturas de consumo e custo geradas pelas empresas prestadoras de serviço são enviadas ao departamento da manutenção para validação e posteriormente direcionadas ao departamento financeiro do IPB para pagamento. O IPB possui diversos contratos de prestação de serviços, dentre eles estão os acordos referentes ao fornecimento de água, eletricidade e gás natural, dos quais possuem maior participação e impacto no balanço energético do campus.

O abastecimento de recurso hídrico a entidade acontece de dois modos. A primeira é por captações próprias de água do IPB que representa cerca de 80% do consumo anual. Sendo assim, o campus recorre da Câmara Municipal de Bragança os demais 20% de água potável. O custo pago à camara pela água fornecida ao IPB em 2019 foi de €12.531.

Já o gás natural é comercializado pela empresa Naturgy e fornecido através dos pontos de abastecimento (CUI), para atender as caldeiras a gás de cada edifício. O consumo e custo com essa energia primária em 2019 foi de 2.5 Giga Watts hora (GWh) e €132.167.

A eletricidade é distribuída pela empresa E-Redes e como é no caso do GN, é comercializada pela empresa Naturgy. O contrato contempla a tarifa tetra horário. O Campus não possui subestação própria, contando com pontos de media tensão que atendem os edifícios universitários do IPB e pontos de baixa tensão especial para atender prédios de apoio, residências e cantinas.

3.1.1.3 Descrição do edifício ESE (caso de estudo)

A Escola Superior de Ensino (ESE) será utilizada como objeto de estudo nesta dissertação e seus respetivos dados que foram levantados durante auditoria energética realizada ao edifício. A ESE está localizada numa zona urbana, sendo a orientação da fachada principal na orientação Nordeste.

O edifício possui ainda uma área de 8757.8 m², com as seguintes tipologias: Ensino superior (7879.1 m²), Armazéns (348 m²), Estacionamento (495.8 m²) e Zonas técnicas (34.9 m²). Ainda é constituído por 4 pisos e a inércia térmica é considerada média.

O edifício em estudo é uma instituição de ensino universitário com os seguintes tipos de espaços distintos: Salas de Aula / Laboratórios; Gabinetes administrativos; Ginásio; Biblioteca; Bar. Conta com 182 funcionários e 1750 utilizadores.

3.1.1.4 Descrição Técnica do edifício ESE

Dispõe de um sistema de climatização ambiente (aquecimento/arrefecimento) constituído por 2 unidades do tipo caldeira, 1 unidade do tipo compacto (rooftop), 5 unidades do tipo split e 1 unidade do tipo resistência elétrica. A potência térmica total associada à climatização é de 416.72 kW de aquecimento e de 49.48 kW de arrefecimento.

A ventilação é assegurada por meios de ventilação mecânica. A produção de Água Quente Sanitária (AQS) é efetuada através de 1 unidade do tipo bomba de calor aerotérmica, 1 unidade do tipo caldeira e 2 unidades do tipo termoacumulador de apoio a instalação. Encontra-se ainda instalado um sistema solar fotovoltaico para autoconsumo.

A iluminação interior é assegurada por intermédio de 1064 lâmpadas fluorescentes tubulares com uma potência total de 49.73 kW (75.23%), 345 lâmpadas fluorescentes compactas com uma potência total de 5.76 kW (8.71%), 1 lâmpadas incandescentes com uma potência total de 0.04 kW (0.06%), 5 lâmpadas de Halogéneo com uma potência total de 0.18 kW (0.26%), 398 lâmpadas Led com uma potência total de 8.75 kW (13.23%), 6 lâmpadas de iodetos metálicos com uma potência total de 1.65 kW (2.5%), sendo a potência total instalada de iluminação interior de 66.1 kW.

3.1.1.5 Avaliação do estudo de caso pela ferramenta SWOT

Nesta dissertação, a ferramenta SWOT é usado para avaliar iniciativa de substituir o atual meio de aquecimento do edifício ESE (caldeira a gás natural), dessa forma, avaliar os meios disponíveis no mercado para tal e assim proporcionar uma melhor avaliação para a tomada de decisão.

3.2 Métodos

3.2.1 Bolsa de Iniciação a Investigação

O autor desta dissertação participou de uma Bolsa de Iniciação à Investigação (BII), para o apoio ao Projeto de Eficiência e Recursos do IPB_SAS. Este projeto é baseado na monitorização e tratamento de informação relevante relacionada com consumos energéticos (eletricidade, gás e combustíveis da frota), água e outros consumíveis); elaboração de parâmetros de monitorização e controlo; Além da identificação de oportunidades de melhoria e planeamento futuro.

As tarefas que foram atribuídas e realizadas ao longo da bolsa foram: a monitorização e tratamento de informação relevante relacionada com consumos energéticos (eletricidade, gás e combustíveis da frota), água e outros consumíveis), elaboração de parâmetros de monitorização e controlo, apoio as empresas contratadas e visita de campo e identificação de oportunidades de melhoria e planeamento futuro.

3.2.1.1 Orientação e Plano de Trabalho

A bolsa tem a orientação científica do professor e coordenador de curso de Energias renováveis, Luís Frólén Ribeiro e como chefe imediato, o engenheiro do IPB João Barros. Ambos contribuem para a coordenação e direcionamento das tarefas realizadas.

3.2.1.2 Trabalho de campo (PER e Auditoria Energética)

Além das tarefas propostas, contribuiu-se com maior empenho para a realização de dois projetos de eficiência energética direcionados ao campus do IPB. O plano de eficiência e melhorias de recursos da gestão ECO.AP e o certificado energético.

O trabalho regido pelo órgão público ECO.AP, consistia em buscar dados de consumo e custo do ano de referência (2019), analisar e inseri-los numa folha de cálculo pré-definida pelo órgão e compartilhada a entidade. O desafio da atividade foi buscar e obter informações fidedignas dos recursos utilizados, devido a complexidade de registo e controle.

Já o trabalho de auditoria energética iniciou-se com uma caracterização do edifício (arquitetura, funcionamento e ocupação do edifício, sistema de gestão de energia, instalações elétricas, sistema de iluminação, AVAC) pela empresa MMec, contratada ao IPB. Após o contrato, viabilizaram-se diversas visitas a entidade pelos técnicos da empresa contratada a ser guiadas pelos técnicos de campo do IPB, estas visitas tem o objetivo de inspecionar as

instalações internas e externas dos edifícios do campus, com ênfase nas condições de uso do ambiente, análise de carga e situação de preservação e uso dos equipamentos.

As visitas da empresa contratada às instalações do IPB, foram acompanhadas de perto pelo autor. Foram avaliados equipamentos de climatização, iluminação, envidraçados, isolamento térmico, dimensões do edifício, além de ratificar em campo o layout de cada edifício. Posteriormente determinou-se e analisou-se os consumos de energia do edifício, sendo necessário o acesso a base de dados do IPB, além de partilhas das informações de consumo e custo solicitados pela empresa contratada. As dúvidas eram ocasionalmente esclarecidas por telefone ou e-mail.

4. Resultados e Discussão

4.1 Resultados

4.1.1 Plano de Eficiência e Recurso Eco.Ap

Foi aplicado ao IPB, O Plano de Eficiência de Recursos (PER) do órgão Eco.Ap direcionado aos órgãos públicos. Este trabalho foi desenvolvido pelo autor da dissertação e o Engenheiro João Barros (responsável pela manutenção do campus). O resultado deste trabalho, gerou cinco medidas de eficiência de recursos, que estão descritas na tabela 9.

As medidas são destinadas para as instalações do IPB no próximo triênio (2022, 2023 e 2024). Os dados consultados para desenvolver o programa foram levantados e avaliados durante a bolsa de estudos. Foram utilizadas as informações de consumo de materiais e recursos energéticos, serviços realizados e insumos adquiridos ao longo do ano de 2019. Que foi o ano de referência aplicado. Notar eu, os valores de poupança foram estimados pela empresa consultora.

Tabela 5 - Resumo das medidas do Programa de Eficiência e Recursos (PER) do Orgão Eco.Ap, aplicadas ao IPB para o próximo triênio (2022/24)

PER 1	Substituição de Iluminação exterior	Poupanças estimadas: 8.934 kWh/ano; 1,9 tep/ano; 982,70 €/ano
		Investimento estimado: 37.590€
		Período de retorno simples: 20 anos (ESA) 2 anos (ESTIG)
PER 2	Instalação de Sistemas Fotovoltaicos	Produção de energia prevista: 83.873 kWh/ano; 19,90 tep/ano
		Investimento estimado: 58,500 €
		Redução Anual de Custos: 16.772€
		Período de retorno simples: 3,5 anos
PER 3	Otimização de rotas e uso partilhado de viaturas.	Poupanças estimadas: 2260 m3 /ano; 82,9 €/ano
		Investimento estimado: 0 €
		Período de retorno simples: Imediato
PER 4	Instalação de torneiras eficientes	Poupanças estimadas: 2260 m3 /ano; 82,9 €/ano
		Investimento estimado: 2.500 €
		Período de retorno simples: 30 anos
PER 5	Digitalização de processos	Poupança estimada: 539.727 impressões e cópias/ano;16.191/ano
		Investimento estimado: 0 €
		Período de retorno simples: Imediato

4.1.1.1 PER 1 (Iluminação exterior)

Substituição de parte do Sistema de Iluminação exterior existente com luminárias e lâmpadas de vapor de sódio (70W) por luminárias LED das instalações ESA e ESTIG. As luminárias atuais exteriores são do tipo: “vapor de sódio”, holofotes de iodetos metálicos de várias potências, haletos metálicos e compactas fluorescentes.

O consumo anual de energia utilizada nos sistemas de iluminação que se pretende remodelar foi calculado em 19.096 kWh/ ano. Pretende-se com a presente medida reduzir os consumos de energia elétrica associada à iluminação, garantindo a adequação dos níveis de iluminação no entorno dos edifícios mencionados.

Para tal prevê-se a instalação de 40 luminárias LED, sendo 27 de 60 W e 13 unidades de 54 W, perfazendo uma potência total instalada de 2,32 kW. Desse modo, é possível atingir os seguintes resultados: Poupanças estimadas: 8.934 kWh/ano; 1,9 tep/ano; 982,70 €/ano. Investimento estimado: 37.590€. Período de retorno simples: 20 anos (ESA) 2 anos (ESTIG).

4.1.1.2 PER 2 (Instalação de painéis fotovoltaicos)

Instalação de três sistemas fotovoltaicos, sendo 20kWp no edifício ESTIG; 30 kWp nos edifícios ESA. Na ESA, ESTIG e ESE estão instalados três sistemas fotovoltaicos com a potência total de 50 kWp divididos 15 kWp por edifício e um vão envidraçado de 5 kWp na ESTIG, que representam 3,4% do consumo total de energia elétrica do IPB. Produção de energia prevista: 83.873 kWh/ano; 19,90 tep/ano. Investimento estimado: 58,500 €. Redução Anual de Custos: 16.772€. Período de retorno: 3,5 anos.

4.1.1.3 PER 3 (Racionalização de combustíveis)

Para aumentar a eficiência do parque de viaturas do IPB, propõem-se a otimização de rotas; para fazer uso de percursos mais eficientes, evitando trajetos mais acidentados e que atravessem localidades; Consciencialização de uso partilhado de viaturas permitindo que numa mesma deslocação em serviço a viatura agregue passageiros com vários destinos na mesma rota. Redução de 10% do valor proporcional ao consumo de 2019. Poupanças estimadas de 10% do consumo de 2019: 6.520 L/ano; 5,59 tep/ano; 7.238 €/ano. Investimento estimado: 0 €. Período de retorno simples: Imediato.

4.1.1.4 PER 4 (Otimizar consumo de água)

Instalação de torneiras mais eficientes, com consumo de água reduzido, com classe A ou A+ (entre 3 e 7 l/min.) em lavatórios existentes nas instalações sanitárias das ESA, ESE e ESTIG. De modo, é possível atingir os seguintes resultados: Poupanças estimadas: 2260 m³/ano; 82,9 €/ano. Investimento estimado: 2.500 €. Período de retorno simples: 30 anos (custo kWh/m³). Data prevista de conclusão da implementação: 31/12/2023.

4.1.1.5 PER 5 (Racionalização de papeis)

Pretende-se desenvolver ações de sensibilização aos colaboradores IPB a reduzir o papel consumido em impressões/cópias. Consciencializar as Direções das Unidades Orgânicas (vulgo Instalações/ Escolas) no sentido de deliberarem despacho e orientações que permitam a substituição dos processos em papel por documentos digitais.

Redução de 20% do valor proporcional ao consumo de 2019. Poupança estimada do consumo anual de 2019: 539.727 impressões e cópias /ano; 16.191 €/ano. Investimento estimado: 0 €. Período de retorno simples: Imediato. Data prevista de conclusão da implementação: 31/12/2025.

Tabela 6 – Redução de consumos de recursos prevista próximo triênio no IPB. [46].

IDENTIFICAÇÃO DO CONSUMO ¹	CONSUMO NO ANO DE REFERÊNCIA [valor]	REDUÇÃO ANUAL DE CONSUMO, PREVISTO		METAS [valor]			UNIDADES
		Valor da redução [valor]	Valor da redução [%]	Metas 2022	Metas 2023	Metas 2024	
Energia nas Instalações (Não renovável)	674.15	19,48	2,82%	19,48	19,48	19,48	tep/ano
Energia nas Instalações (Renovável)	16.18						tep/ano
Energia nas Frotas	67.00	5,59	8,34%	5,59	5,59	5,59	tep/ano
Água potável	5.384,00	2260	7,83%	2260	2260	2260	m ³ /ano
Água não potável	23.500,00						m ³ /ano
N.º de impressões e cópias	2.698,645.00	539,727	20%	539,727	539,727	539,727	[cópias e impressões/ano]
Plásticos de uso único (Copos e Recipientes para alimentos com ou sem tampa)	1.000,00	-	0%	-	-	-	[unidades/ano]
Plásticos de uso único (garrafas)	2.358,00	-	0%	-	-	-	[unidades/ano]
Gases Fluorados Repostos (quantidades)	0,30	-	0%	-	-	-	[kg/ano]

Tabela 7 - Determinação da redução dos GEE para o próximo triênio na IPB. [46].

IMPACTE AMBIENTAL ATRAVÉS DOS GEE	GEE NO ANO DE REFERÊNCIA [tCO ₂ eq/ano]	REDUÇÃO ANUAL DE GEE, PREVISTA	
		[tCO ₂ eq/ano]	[%]
Energia nas Instalações (Não renovável)	1.035,72	23,20	2,24%
Energia nas Instalações (Renovável)	-	-	-
Energia nas Frotas	173,68	17,45	10,04%
Gases Fluorados Repostos ou Substituídos	-	-	-

Tabela 8 – Economia prevista para o próximo triênio de IPB. [46].

IMPACTE ECONÓMICO	CUSTOS NO ANO DE REFERÊNCIA [€]	REDUÇÃO ANUAL DE CUSTOS, PREVISTO [€]	INVESTIMENTO e PRS, PREVISTO	
			Investimento [€]	PRS [anos]
Energia nas Instalações (Não renovável)	371.972,85 €	17.757,30 €	62.721.00 €	3,53
Energia nas Instalações (Renovável)	-			
Energia nas Frotas	72.380,00 €	7,238.00 €	- €	-
Água potável	12.531,88 €	* 82,00 €	2.500,00 €	30,00
Água não potável	800,25 €			
N.º de impressões e cópias	80.959,35 €	16.191,87 €	- €	-
Plásticos de uso único (Copos e Recipientes para alimentos com ou sem tampa)	50,00 €			
Plásticos de uso único (garrafas)	117,90 €			
Gases Fluorados	-	- €	- €	-

As tabelas com o resumo das medidas de eficiência, foram importados do PER Eco.Ap. A tabela 10, apresenta a redução prevista referente ao consumo, quando aplicado as medidas de eficiência. A tabela 11, indica a redução de GEE, quando se dispõe realizar as medidas propostas. A tabela 12, a poupança económica prevista. Vale ressaltar que foram utilizados dados do ano de 2019.

4.1.2 Certificado Energético da ESE

Durante o trabalho de campo, foram auditados os edifícios do ESTIG, ESE e ESA, ou seja, todos os edifícios que compõem o IPB, além da entidade independente SAS, que faz parte do IPB, porém, o estudo de caso abordado nesta dissertação, cita apenas os resultados do edifício ESE.

O processo de auditoria energética realizado pela empresa MMec, aconteceu da seguinte maneira: Consulta e análise dos consumos de energia no ano de referência (2019), através da base de dados interna do IPB. Visitas às instalações do IPB, para identificar os equipamentos envolvidos e devido consumo de carga. Em seguida, emitiu o relatório com análise de consumo, classificação energética e sugestões de medidas a implementar, para gerar poupanças e melhorar a classificação energética do edifício.

Vale ressaltar que, após a devida caracterização do edifício por parte da MMec, foi realizado uma simulação dinâmica multizona. A simulação possibilita o cálculo dos índices de eficiência energética com perfis reais, previstos e de referência, permitindo classificar o edifício segundo o sistema de certificação energética de edifícios (SCE) em vigor e avaliar a obrigatoriedade ou não do cumprimento legal do Plano de Racionalização Energético. O modelo computacional aplicado foi o software Trace 700.

Nas visitas técnicas, foram avaliados itens como: quantidade e potência das luminárias existentes; espessura e dimensões dos envidraçados, dimensões de todos os ambientes e sistemas de AVAC do edifício. Além das informações fornecidas a empresa, como por exemplo: sistema de gestão de energia, instalações elétricas, informações de arquitetura, e faturas de consumos de energia do edifício.

Da análise das faturas, foi identificado o consumo energético global de 726.491 kWh/ano e custo global de 52.322 €/ano da ESE. A energia elétrica representa 25.3% e o gás natural com uma representa 74.7% (tabela 13).

Tabela 9 - Desagregação Global de Energia da ESE. Referência [46].

Forma de Energia		Consumo (kWh)	Emissões de CO ₂ (kg/ano)	Consumo de Energia (kgep)	Custo (€)	Custo Médio (€/kWh)
Energia Elétrica	EE	184043	26502	39569	21439	0.116
Gás Natural	GN	542448	109574	46626	30883	0.057
Total		726491	136077	86195	52322	---

Tendo como base os resultados da auditoria energética, desagregou-se os consumos de energia por consumidor final e apresenta-se a distribuição dos principais custos com base na simulação dinâmica do edifício (tabela 14).

Tabela 10 - Desagregação de consumos de energia da ESE. Referência [46].

Utilidades	Consumos (kWh)	Custos (€)	Distribuição consumos (%)
Aquecimento ambiente	613608	39172	84.5%
Arrefecimento ambiente	3497	407	0.5%
Iluminação interior	66463	7742	9.1%
Iluminação exterior	2217	258	0.3%
Ventilação e bombas (não associadas à climatização)	3431	400	0.5%
AQS	4016	468	0.6%
Equipamentos	32039	3732	4.4%
Meios de elevação	1221	142	0.2%
Outros consumos	0	0	0.0%
Total	726491	52322	100.0%

De acordo com o SCE este edifício encontra-se regulamentar apresentando um índice de eficiência energética (IEE) previsto de 175.77 kWhep/(m²ano) e um IEE Referência de 125.36 kWhep/(m²ano) (tabela 15).

Tabela 11 - IEE do edifício da ESSE. Referência [46].

IEE _{previsto}	IEE _{referência}
175.77 kWhep/(m².ano)	125.36 kWhep/(m².ano)

Após a simulação energética do edifício verificou-se que o mesmo possui uma classe energética C (figura 9). Uma vez que a sua classificação é superior ou igual a C, este não se encontra obrigado legalmente à implementação de um Plano de Melhoria do Desempenho Energético dos Edifícios (PDEE).

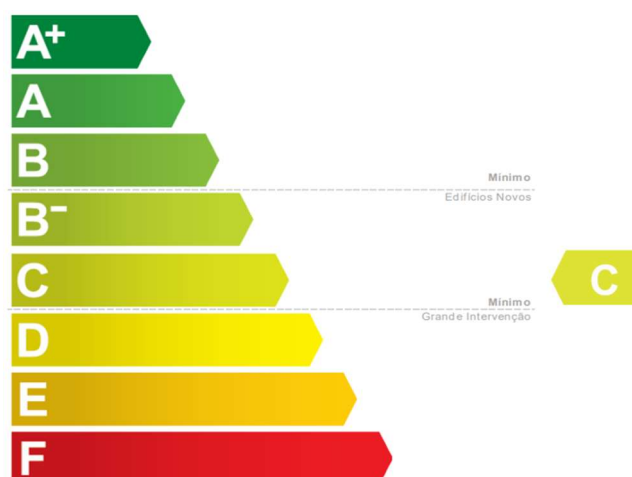


Figura 8 - Classe Energética do Edifício ESE. [46].

Apesar de este não estar obrigado a realizar o PDEE, as medidas de melhorias direcionadas ao edifício da ESE (tabela 16) buscam a redução dos consumos de energia.

Tabela 12 - Resumo de medidas de racionalização de energia do edifício da ESE. [46].

Medida de URE	Energia elétrica [kWh]	Gás Natural [kWh]	Redução anual do consumo						Investimento [€]	Período de Retorno Simples [anos]	% de consumo total	RIEE	Classe Energética
			[kWh]	[kWh _{EP} /ano]	[kgep/ano]	[TonCO ₂]	[€]	[€/Tep]					
Medida 1 - Instalação de sistema solar fotovoltaico adicional para autoconsumo	18408	0	18408	46020	3958	6627	2144	6317	25000	11.7	3.0%	1.42	C
Medida 2 - Substituição das caldeiras existentes por caldeiras de condensação	0	96110	96110	96110	8261	19414	5472	3019	24941	4.6	6.2%	1.37	C
Medida 3 - Substituição da unidade rooftop com gás R22 existente	10710	0	10710	26774	2303	3855	1248	10858	25000	20.0	1.7%	1.44	C
Medida 4 - Substituição das unidades de tratamento de ar existentes	3931	9017	12948	18845	1620	3237	971	20058	32500	33.5	1.2%	1.45	C
Medida 5 - Aplicação de isolamento térmico adicional nas fachadas exteriores	1076	53820	54896	56511	4857	11259	3189	52110	253125	79.4	3.7%	1.45	C
Medida 6 - Substituição dos envidraçados exteriores	45479	12582	58061	126279	10859	18914	6014	49726	540000	89.8	8.2%	1.33	C
Medida 7 - Substituição da iluminação convencional existente	37938	-18110	19827	76733	6600	9999	3388	7273	48003	14.2	5.0%	1.39	C
Medida 8 - Instalação de sensores de movimento nas instalações sanitárias	576	-215	361	1224	105	164	55	21365	2250	41.0	0.1%	1.47	C
Total	114993	147301	262294	434783	37385	71152	21782	25433	950819	43.7	28.2%	1.01	C

Após a implementação das medidas de eficiência energética (MEE) propostas pela empresa MMec. De acordo com o relatório da ESE, o edifício apresentará um IEE previsto de 126.12 kWh_{ep}/(m².ano), ou seja, se aproxima ao IEE de referência do edifício e uma classificação energética C (tabela 15).

4.2 Discussão

4.2.1 Auditoria energética do edifício ESE

Mediante os resultados obtidos através da auditoria energética do edifício ESE e evidenciados na secção capítulo anterior, discute-se propostas sugeridas e relatadas na tabela 15. Tais oportunidades de melhorias apontam a redução anual de consumo prevista, os respetivos investimentos, período de retorno, participação de consumo e classe energética prevista.

Procura-se saber entre as oito melhorias apontadas na tabela 16 e ordená-las pela sua respetiva importância para a eficiência energética do edifício. Para isso, será avaliado a viabilidade económica das oito medidas descritas abaixo, através de um cálculo financeiro apontado na tabela 17.

- Medida 1 (Instalação de sistema solar fotovoltaico adicional para autoconsumo);
- Medida 2 (Substituição das caldeiras existentes por caldeiras de condensação);
- Medida 3 (Substituição da unidade rooftop com gás R22 existente);
- Medida 4 (Substituição das unidades de tratamento de ar existentes);
- Medida 5 (Aplicação de isolamento térmico adicional nas fachadas exteriores);
- Medida 6 (Substituição dos envidraçados exteriores);
- Medida 7 (Substituição da iluminação convencional existente);
- Medida 8 (Instalação de sensores de movimento nas instalações sanitárias).

4.2.2 Discussão económica das medidas propostas

Procura-se conhecer através da análise, quais das oito medidas devem ser priorizadas para um possível plano de ação de eficiência energética no edifício ESE. Para isso, será considerado as informações disponibilizadas na tabela 15, tais como a percentagem do consumo total de energia e período de retorno.

Tabela 13 - Relação das oportunidades de melhoria propostas pela o certificado energético da ESE e respetiva participação energética e período de retorno. [46].

Medida	% do consumo total de energia	% da participação comparado as demais medidas	Período de retorno simples (anos)
2	6.2%	21.3%	4.6
7	5.0%	17.2%	14.2
1	3.7%	10.3%	11.7
3	1.7%	5.8%	20
4	12.7%	4.1%	33.5
8	0.3%	0.3%	41
5	3.7%	12.7%	79.4
6	8.2%	28.2%	89.8

Na tabela 17, as medidas propostas pela empresa referente ao edifício da ESE, foram reordenadas medidas com maior participação energética e impacto a eficiência do edifício. Em seguida, avalia-se o período de retorno de cada uma das medidas.

A medida 2 (Substituição das caldeiras existentes por caldeiras de condensação) e a medida 7 (Substituição da iluminação convencional existente), são as que podem ser priorizadas, quando comparadas as demais medidas, visto que, juntas representam 38,5% da participação de energética. A tabela 16 também evidencia que, as medidas 2 e 7 apresentam o menor período de retorno. Deste modo, a seguir, é discutido tecnicamente tais medidas.

4.2.3 Discussão técnica da medida 2

A medida 2, diz respeito a substituição das caldeiras existentes por caldeiras de condensação, este equipamento tem o objetivo de manter a temperatura ambiente em um nível confortável e seguro para as pessoas que trabalham ou frequentam o edifício, sem deixar de atender as necessidades ambientais e econômicas vinculadas à eficiência energética do sistema.

A medida é apresentada pela auditoria energética de seguinte modo: “Com vista a otimizar os consumos anuais de gás natural, propõe-se a substituição das duas caldeiras atualmente instaladas por duas caldeiras de condensação com uma eficiência de 1.05. Com a aplicação da presente medida se prevê uma redução do consumo de energia total até 96110 kWh/ano, o que se traduz numa poupança financeira de aproximadamente 5472 €. O montante de investimento previsto é de 24941 €, o que se traduz num período de retorno de 4.6 anos”.

O relatório energético da ESE aponta que o edifício possui a potência térmica total associada à climatização de 416.72 kW de aquecimento e o atual sistema de aquecimento abastecido de duas caldeiras tem apenas 348.9 kW de potência térmica total instalada. Uma das caldeiras tem 29 anos de uso, 116.3 kW de potência térmica e eficiência de 0.91. A outra caldeira tem o ano de fabrico desconhecido, potência térmica 232.6 kW e eficiência de 0.92.

Chega-se a conclusão que é necessário atender a medida 2, ou seja, substituir o atual sistema de aquecimento da ESE. Com isso, é necessário analisar qual é o tipo de equipamento mais adequado para substituir a atual caldeira a gás natural, e assim, atender o bem-estar dos ocupantes utilizadores do edifício e reduzir os custos com a energia, visto que, o aquecimento ambiente corresponde a 84.5% do consumo total de energia, figura9.

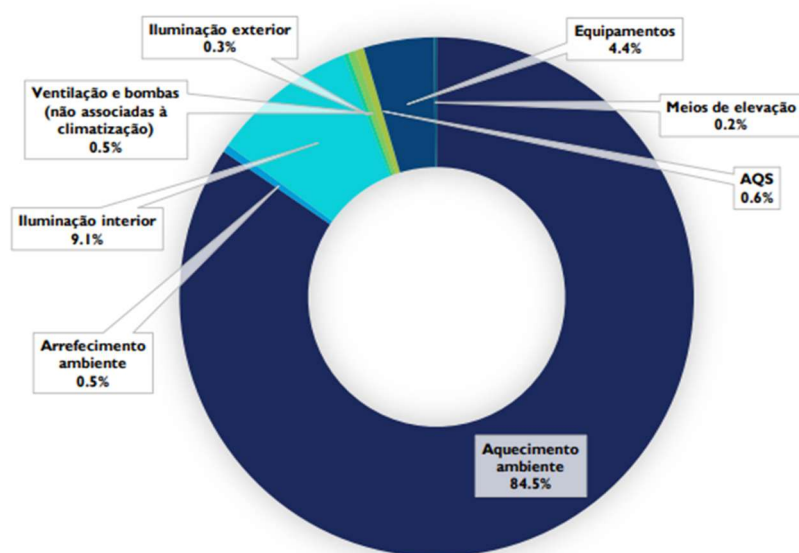


Figura 9 - Desagregação do consumo total de energia (kWh) na ESE. [46].

Vale ressaltar o sistema de climatização denominado, Variable Refrigerant Flow, ou popularmente conhecido como VRF, que é utilizado em grande escala mundial em edifícios para fins de climatização, esta solução é desprezada no caso da ESSE. Para a implementação desse sistema é necessária uma nova estrutura, ou seja, substituir atual o projeto, tal facto, aumentaria imensamente os custos com o investimento.

Além da caldeira de condensação, abastecida a gás natural e que foi sugerida pela auditoria energética, são consideradas neste estudo de caso, duas outras sugestões, que são: Caldeira a biomassa, alimentada por pellet e bomba de calor que é alimentada por eletricidade. Contudo, considera-se duas opções para aquecer o edifício ESE, que são: a caldeira biomassa e a bomba de calor, além da caldeira de condensação, já proposto pela auditoria energética em relatório, tabela 15.

O objetivo é apresentar ao leitor as características mais importantes dos tipos de climatização mencionados nesta discussão, e assim, poder auxiliar a tomada de decisão sobre qual tipo de equipamento é mais indicado para a Escola Superior de Educação do IPB.

Para análise das informações contidas da tabela 18, são consideradas os dados mencionadas no certificado energético da ESE, tais como, consumo (542.448 kWh, 45835 m³) e custo (€ 30.883) anual da caldeira a gás natural existente, além da potência térmica útil de aquecimento (416.72 kW) e potência térmica instalada de aquecimento do edifício (348.9 kW). A propósito, em relação a potência térmica do edifício, conclui se que, o aquecimento do edifício está subdimensionado em 68 kW.

Pretende-se apresentar o custo previsto com aquecimento do edifício para os anos 2023 e 2019. Tal comparação, evidencia acentuado aumento dos preços dos recursos energéticos na União Europeia, após a invasão russa ao território ucraniano no início de 2022. O período de retorno simples informado na tabela 18, compreende as informações disponibilizadas na tabela 19 e 20.

Tabela 14 - Comparação entre, a atual caldeira da ESE e os meios propostos neste estudo de caso. A apresentar o custo energético, período de retorno do investimento e impacto ambiental (não incluso taxas e impostos).

	Caldeira Biomassa	Bomba de Calor	Caldeira de Condensação	Caldeira Atual
Fonte de energia	Pellet	Eletricidade	Gás Natural	Gás Natural
Rendimento (kWh)	1 kg = 5 kWh	1 kWh = 3.5 kWh	1 kWh = 1.07 kWh	x
Energia útil anual (ano)	108,490 kg	154,985 kWh	506,961 kWh	542,448 kWh
Custo anual em 2019 (€)	€ 21,698.00	€ 17,048.35	€ 25,348.05	€ 30,883.00
Custo anual em 2023 (€)	€ 41,226.20	€ 20,148.05	€ 60,835.32	€ 65,093.76
Período de retorno (ano)	2.3 anos	3.2 anos	5.6 anos	-
Emissões CO² 2023 (ton)	53 ton/ CO ₂	68 ton/ CO ₂	94 ton/ CO ₂	100 ton/ CO ₂

A tabela 19 mostra que, a potência de cada equipamento avaliado neste caso de estudo, está além da potência térmica útil de aquecimento do edifício, e também apresenta custo de aquisição para cada equipamento. Foram ignorados os custos referentes a instalação, manutenção e impostos sobre materiais.

Tabela 15 - Custo relacionada a compra dos equipamentos propostos para substituir a atual caldeira a gás natural da ESE (não incluso taxas e impostos).

Descrição	Quantidade	Preço (€/unidade)	Investimento (€)
Caldeira Biomassa (100 kW)	4	13,500.00	54,000.00
Bomba de Calor (69 kW)	6	24,250.00	145,500.00
Caldeira Condensação (110 kW)	4	6,000.00	24,000.00

A tabela 20, apresenta o custo anual previsto e a economia de cada equipamento avaliado neste caso de estudo. Para se obter a economia, os equipamentos foram comparados com o meio de aquecimento atual da ESE.

Tabela 16 - Economia e custo com produção energética necessária de cada equipamento para atender a potência térmica do edifício da ESE (não incluso taxas e impostos).

Descrição	Consumo (€)	Economia (€)
Caldeira Biomassa	41,226.20	23,867.56
Bomba de Calor	20,148.05	44,945.71
Caldeira Condensação	60,835.32	4,258.44
Caldeira Atual	65,093.76	0.00

A tabela 21, apresenta a técnica SWOT. Esta ferramenta pode ajudar a compreender qual das opções abordadas neste caso de estudo, é a que deve ser investida. Busca-se nesta análise, examinar todos os pontos de uma maneira macro, a compará-los com cuidado, até que se identifique, os pontos cegos e perigosos da escolha, além dos pontos fortes e os efeitos de cada proposta.

Tabela 17 - Análise da ferramenta SWOT, aplicado as opções propostas neste estudo de caso, com o intuito de substituir o atual meio de aquecimento do edifício.

	Caldeira Biomassa	Bomba de Calor	Caldeira Condensação
S (Pontos fortes)	Menor período de retorno simples	Menor custo operacional anual	Menor custo com aquisição do equipamento
	Menor emissor de CO ₂	Menor custo com instalação e manutenção	Ocupa menor espaço e é mais eficiente tipo de caldeira a GN
W (Pontos fracos)	Matéria-prima com maior aumento em custo nos últimos anos	Unidade externa pode causar ruído e incômodo	Maior período de retorno simples
	Necessidade de espaço para estacagem e armazenamento	Custo mais elevado na aquisição do equipamento	Maior emissor de CO ₂
O (Oportunidades)	Adaptada para outros tipos de biomassa, além do pellet	Maior autonomia e rendimento para funcionar	Manter a disponibilidade de outra fonte de energia
T (Ameaças)	Alta competitividade pela matéria-prima no mercado	Volatilidade do custo da fonte de energia	Possível escassez do abastecimento devido conflitos geopolíticos
	Alto risco de incêndio	Tornar-se dependente de uma única fonte de energia	Maior custo com instalação e manutenção

Deste modo, chegamos a conclusão de que, a bomba de calor é a melhor opção financeira e ambiental. No caso da caldeira de biomassa, apresenta o menor período de retorno de investimento e menor nível de emissões GEE, contudo é o que exige maiores cuidados com segurança, logística, disponibilização de espaço para equipamento e material, além da alta subida do custo da biomassa.

4.2.4 Discussão técnica da medida 7

A medida 7, proposta pela auditoria energética cita a substituição das lâmpadas e luminárias convencionais existentes no edifício, que permitirá a redução da potência instalada de iluminação no edifício através da utilização de luminárias e lâmpadas mais eficientes com tecnologia LED.

Como abordado no capítulo 2 (fundamentos teóricos), a iluminação LED proporciona um baixo consumo energético, beneficiando de uma eficiência muito elevada, o que significa que a sua capacidade luminosa é similar a lâmpadas de outras tecnologias de consumos incomparavelmente maiores, tornando o LED a iluminação mais eficiente do mercado. No caso da ESE, a proposta abrange a iluminação interior e exterior.

Mencionado iluminação interior é assegurada por intermédio de 1064 lâmpadas fluorescentes tubulares com uma potência total de 49.73 kW (75.23%), 345 lâmpadas fluorescentes compactas com uma potência total de 5.76 kW (8.71%), 1 lâmpadas incandescentes com uma potência total de 0.04 kW (0.01%), 5 lâmpadas de Halogéneo com uma potência total de 0.18 kW (0.26%), 398 lâmpadas Led com uma potência total de 8.75 kW (13.23%), 6 lâmpadas de iodetos metálicos com uma potência total de 1.65 kW (2.5%), sendo a potência total instalada de iluminação interior de 66.1 kW, imagem 10 [46].

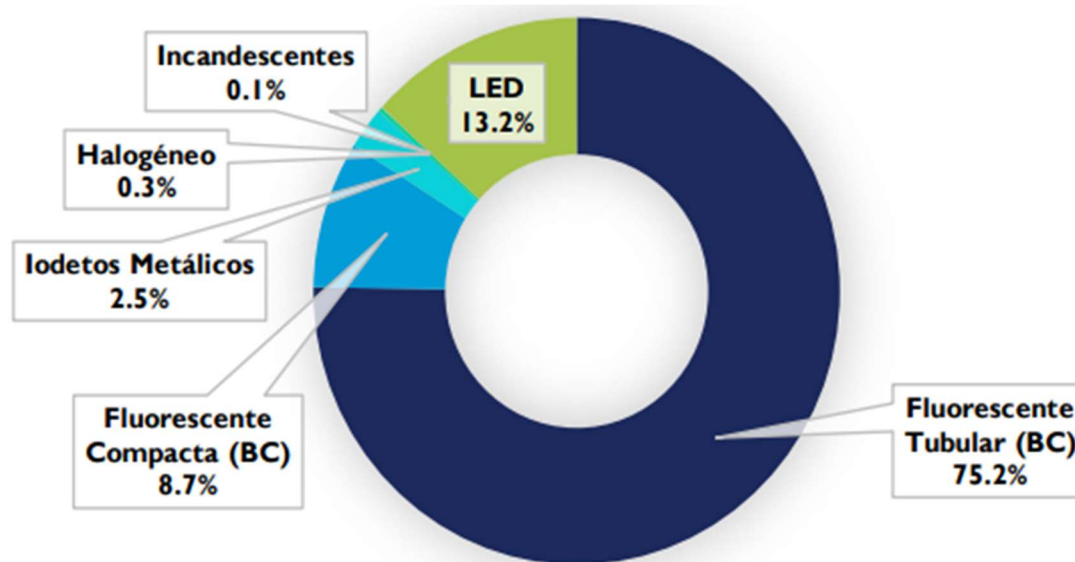


Figura 10 - Distribuição de iluminação interior no edifício ESE por tipo de tecnologia (potência instalada). [46].

A iluminação exterior é assegurada por intermédio de 34 lâmpadas fluorescentes tubulares com uma potência total de 1.59 kW (55.52%), 51 lâmpadas fluorescentes compactas com uma potência total de 0.84 kW (29.44%), 4 lâmpadas Led com uma potência total de 0.2 kW (6.98%), 3 lâmpadas de iodetos metálicos com uma potência total de 0.23 kW (8.06%), sendo a potência total instalada de iluminação de 2.87 kW, figura 11.

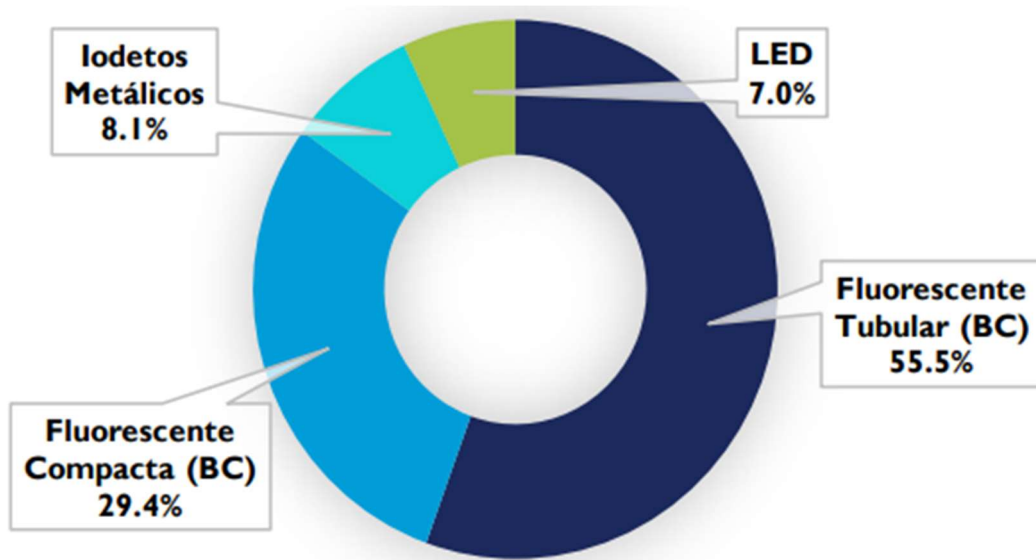


Figura 11 - Distribuição de iluminação exterior no edifício ESE por tipo de tecnologia (potência instalada). [46].

Conclui-se então, que é viável a substituição iluminação existente (interior e exterior) por iluminação LED. Segundo a auditoria energética, a aplicação desta medida significa a redução do consumo de energia total até 19827 kWh/ano, o que se traduzirá numa poupança financeira de aproximadamente 3388 €, montante de investimento previsto é de 48003 €, o que se traduz num período de retorno de 14.2 anos.

5. Conclusão

1. O trabalho de campo, levou à criação de medidas de eficiência de recursos e classificação energética do campus IPB. As medidas relacionadas ao plano ECO.AP, incluem algumas ações para a economia de recursos, tais como, a iluminação, racionalização de materiais, combustíveis, recursos hídricos e instalação de painéis fotovoltaicos.

O certificado energético do IPB foi emitido por uma empresa contratada, possibilitando conhecer, a desagregação energética de consumo de cada edifício que compõem o campus, a atual classe energética dos edifícios avaliados e as oportunidades de melhoria a sugeridas aos edifícios.

2. O estudo de caso abordado, trouxe os resultados da auditoria energética do edifício ESE e respectivas oportunidades de melhoria sugeridas pela empresa contratada. Concluiu-se que a medida referente a substituição da iluminação e a medida que diz respeito a substituição da caldeira existente, podem ser priorizadas, pois, quando comparado as outras medidas, tem maior vantagem para a eficiência energética do edifício.

O estudo de caso ainda concluiu que, a caldeira de condensação proposta pela empresa contratada a substituir a caldeira existente da ESE, não apresentou os melhores resultados económicos e ambientais. A bomba de calor é mais económica, a seguir da caldeira de biomassa e caldeira de condensação. O menor impacto ambiental e menor período de retorno simples dá-se a caldeira de biomassa, seguida pela bomba de calor e caldeira de condensação. A Caldeira de biomassa é desconsiderada, partir da avaliação SWOT, pois não há local disponível no edifício da ESE para localização e armazenamento.

3. Após o trabalho de campo, recomenda-se avaliar a gestão dos recursos energético do campus, através de um software de controle centralizado, que pode automatizar processos, identificar problemas operacionais e controlar parâmetros de consumo, tais como, BEMS ou Smart Building, apresentados nesta dissertação.

4. Ao examinar a auditoria de desempenho energético apresentada nesta dissertação, fica claro que a maioria das melhorias sugeridas para melhorar o desempenho do edifício não depende de fontes de energia renováveis, como por exemplo, a instalação de painéis fotovoltaicos. Em vez disso, eles se concentram em medidas de eficiência energética como iluminação, envidraçamento, isolamento térmico e sistemas de aquecimento.

Bibliografia

[1] Expresso Newspaper/2023. Energy price increasing in Europe Union. Costs with energy doubled in 2021. Disponível em: <https://expresso.pt/economia/2022-02-10-precos-de-importacao-da-energia-na-zona-euro-mais-que-duplicaram-em-2021>). Acessado em fevereiro/2023.

[2] Eurostat Data Browser/2023. New EU trades, Trades with Russia declines/2023. Disponível em: [EU trade with Russia continues to decline - Products Eurostat News - Eurostat \(europa.eu\)](#). Acessado em fevereiro/2023.

[3] Eurostat Data Browser/2023. Gas prices for non-household consumers-bi-annual data (from 2007 onwards). Disponível em: [Statistics | Eurostat \(europa.eu\)](#). Acessado em fevereiro/2023.

[4] Eurostat Data Browser/2023. Electricity prices for non-household consumers-bi-annual data (from 2007 onwards). Disponível em: [Statistics | Eurostat \(europa.eu\)](#). Acessado em fevereiro/2023.

[5] OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems. Source: Climate Watch, the World Resources Institute (2020). Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie (2020).

[6] Iordache M, Bucura F, Ionete RE, Grigorescu R, Iordache AM, Zgavarogea R, Chitu A, Zaharioiu A, Botoran OR, Constantinescu M. The GHGs Evolution of LULUCF Sector at the European Union (EU-27 + UK): Romania Case Study. Atmosphere. 2022; 13(10):1638. <https://doi.org/10.3390/atmos13101638>

[7] European Commission /2021. Directive of the European Parliament and of the Council. Disponível em <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0802&from=EN>. Acessado março/2023.

[8] Timeliness European Parliament/2023. Energy saving: EU action to reduce energy consumption. Disponível em: [Poupar a energia: ação da UE para reduzir o consumo energético | Atualidade | Parlamento Europeu \(europa.eu\)](#). Acessado em abril/2023.

[9] European Parliament/2022. [Factsheets on the European Union](#), Renewable Energy. Disponível em: [Renewable Energy | Factsheets on the European Union | European Parliament \(europa.eu\)](#). Acessado em abril/2023.

[10] News Diary Portugal/2021. Portugal has the EU's lowest levels of energy savings in housing. Disponível em: [Portugal tem níveis mais baixos da UE de poupança energética nas habitações \(dn.pt\)](#). Acessado em março/2023

[11] European Parliament/2022. [Factsheets on the European Union](#). Energy policy: general principles. Disponível em: [Energy policy: general principles | Factsheets on the European Union | European Parliament \(europa.eu\)](#). Acessado em abril/2023.

[12] Official European Union Newspaper/2018. Directive (EU/2018/2001) of the European parliament and of the council concerning the promotion of the use of energy from renewable sources. Disponível em: [DIRETIVA \(UE\) 2018/ 2001 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO - de 11 de dezembro de 2018 - relativa à promoção da utilização de energia de fontes renováveis \(europa.eu\)](#). Acessado em abril/2023

[13] European Parliament/2022. [Factsheets on the European Union](#). Energy policy: general principles. Disponível em: [Energy policy: general principles | Factsheets on the European Union | European Parliament \(europa.eu\)](#). Acessado em abril/2023

[14] European Union, Portugal 2030. general regulation of Portugal 2030. Disponível em: [Publicado o regulamento geral do Portugal 2030 | Portugal 2030](#). Acessado em abril/2023.

[15] Vasilis Apostolopoulos, Paraskevi Giourka, Georgios Martinopoulos, Komninos Angelakoglou, Konstantinos Kourtzanidis, Nikolaos Nikolopoulos, Smart readiness indicator evaluation and cost estimation of smart retrofitting scenarios - A comparative case-study in European residential buildings, Sustainable Cities and Society, Volume 82, 2022, 103921, ISSN 2210-6707, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103921>.

[16] Efficiency Valuation Organization/2022. International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP). Disponível em: [IPMVP - Efficiency Valuation Organization \(EVO\) \(evo-world.org\)](#). Acessado em abril/2023.

[17] Apoorva Dubey, Mohammad Arif Kamal. Analysis of GRIHA's Variant for Large Development: Case of Educational Campuses in India. *American Journal of Civil Engineering and Architecture*. 2021; 9(3):103-109. doi: 10.12691/ajcea-9-3-4.

[18] S. Vierra. Green Building Standards and Certification Systems. Steven Winter Associates, Inc, Washington DC (2011)

[19] Lee, W. (2013). A comprehensive review of metrics of building environmental assessment schemes. *Energy and Buildings*. 62. 403–413. 10.1016/j.enbuild.2013.03.014.

- [20] J. Vimpari, S. Junnila. Value influencing mechanism of green certificates in the discounted cash flow valuation. *International Journal of Strategic Property Management*, 18 (2014), pp. 238-252
- [21] Tamaraukuro Tammy Amasuomo, Jubril Atanda, George Baird, Development of a Building Performance Assessment and Design Tool for Residential Buildings in Nigeria, *Procedia Engineering*, Volume 180, 2017, Pages 221-230, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.181>.
- [22] Joana Pedro, Carlos Silva, Manuel Duarte Pinheiro, Integrating GIS spatial dimension into BREEAM communities' sustainability assessment to support urban planning policies, Lisbon case study, *Land Use Policy*, Volume 83, 2019, Pages 424-434, ISSN 0264-8377, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.02.003>.
- [23] Doan, Dat. Ghaffarianhoseini, Ali. Naismith, Nicola. Zhang, Tongrui. Ghaffarianhoseini, Amirhosein. Tookey, John 2017/07/01. A critical comparison of green building rating systems. *Building and Environment*.
- [24] Marjaba, Ghassan, Chidiac, S.E. PY - 2016/03/01. Sustainability and resiliency metrics for buildings, Critical review. *Building and Environment*.
- [25] Cesar A. Poveda, Ryan Young, Potential benefits of developing and implementing environmental and sustainability rating systems: Making the case for the need of diversification, *International Journal of Sustainable Built Environment*, Volume 4, Issue 1, 2015, Pages 1-11, ISSN 2212-6090, <https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2014.12.003>.
- [26] R.J. Cole, M. Jose Valdebenito. The importation of building environmental certification systems: international usages of BREEAM and LEED. *Building Research and Information*.
- [27] CASBEE A decade of Development and Application of an Environmental Assessment System for the Built Environment. Shuzo MURAKAMI, Kazuo IWAMURA & Raymond J. COLE. Publisher: Institute for Building Environment and Energy Conservation (IBEC). Monochrome Publication Date: April 2014.
- [28] *International Journal of Technology* 2021. Green Building Practice in the New Zealand Construction Industry: Drivers and Limitations. Department of Built Environment Engineering, School of Future Environments, Auckland University of Technology, 55 Wellesley St E, Auckland, 1010, New Zealand
- [29] *Expresso Newspaper/2023*. Relation between Portuguese and European Houses about capacite to keep them warm or cold. Disponível em: [0:59 — As casas dos portugueses estão mais frias do que as dos outros europeus? \(expresso.pt\)](https://www.expresso.pt). Acessado em maio/2023.

[30] Eletronic Republic Diary of Portugal/2020. Establishes the requirements for buildings to improve their energy performance and regulates the Energy Certification Scheme for Buildings, Directive (EU) 2018/844 and 2019/944. Disponível em:

<https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/101-d-2020-150570704>. Acessado em maio/2023

[31] European Energy Commission/2018. Long-term national strategy for mobilization of investment in building renovation. Disponível em:

https://energy.ec.europa.eu/system/files/2018-01/pt_building_renov_2017_pt_0.pdf.

Acessado em maio/2023.

[32] Eurostat Data Browser/2023. Heating and cooling from renewables gradually increasing. Disponível em: [Heating and cooling from renewables gradually increasing - Products Eurostat News - Eurostat \(europa.eu\)](#).

Acessado em abril/2023.

[33] European Environment Agency/2021. INDICATOR ASSESSMENT, Heating and cooling degree days. Disponível em: [Heating and cooling degree days — European Environment Agency \(europa.eu\)](#) Acessado em abril/2023.

[34] IEA Security and Sustainable Energy/2022. Building Reports. Disponível em: [Buildings – Analysis - IEA](#). Acessado em abril/2023.

[35] European Commission/2020. Energy Efficiency in Buildings. Disponível em: [In focus: Energy efficiency in buildings \(europa.eu\)](#). Acessado em fevereiro/2023.

[36] Energy Government/2021. Energy Safer and energy lightning. Disponível em: [LED Lighting | Department of Energy](#). Acessado em março/2023.

[37] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484721005874>
Spiru Paraschiv, Lizica Simona Paraschiv, Alexandru Serban, Increasing the energy efficiency of a building by thermal insulation to reduce the thermal load of the micro-combined cooling, heating and power system, Energy Reports, Volume 7, Supplement 5, 2021, Pages 286-298, ISSN 2352-4847, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.07.122>.

[38] Engager, Energy Poverty Action/2021. Energy Efficiency of the Housing Stock in Portugal. Disponível em: [Energy Efficiency of the Housing Stock in Portugal | EP Pedia](#). Acessado em março/2023.

[39] ADENE/2021. Technical Manual for Performance Assessment Energy of Buildings. Disponível em: <https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2021/07/Manual-SCE.pdf>. Acessado em março/2023.

[40] Our World in Data/2022. Renewable Energy Generation. Disponível em: [Renewable Energy - Our World in Data](#). Acessado em março/2023.

[41] Shilpa Kumari, Ankit Bhende, Aniruddha Pandit, Sadhana Rayalu, Efficiency enhancement of photovoltaic panel by heat harvesting techniques, Energy for Sustainable Development, Volume 73, 2023, Pages 303-314, ISSN 0973-0826, <https://doi.org/10.1016/j.esd.2023.02.007>.

[42] Eurostat Data Browser/2023. Smart Building. Energy edfficiency application. Disponível em: <https://ati.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-06/Smart%20Building-%20Energy%20efficiency%20application%20%28v1%29.pdf>. Acessado em maio/2023.

[43] Jiang2005AnIP, An information platform for building automation system, Ziyang, Jiang, journal: 2005 IEEE International Conference on Industrial Technology, year: 2005, pages: 1391-1396

[44] V. Mpelogianni e P. Groumpos, "Uma ferramenta de software inteligente para eficiência energética de edifícios", proc. da ITS- International Conference University of Patras, novembro de 2014.

[45] ADENE/2022. Efficiency Energy in Buildings. Disponível em: [Edifícios - \(adene.pt\)](https://www.adene.pt). Acessado em maio/2023.

[46] Internal Report of Escola Superior de Educação in Polytechnic Institute of Bragança. Energy Audit Report/2023. Under the Energy Performance Certification (EPC) of Buildings. Issued by the MMec company, document sent via email in January 2023 by João Magalhães (Qualified Expert SCE/REH/RECS n. ° 01048).

[47] Internal Report of the Polytechnic Institute of Bragança. Resource Efficiency Program for public administration in Portugal/2023. Decarbonization and renewable energies by the State. Disponível em: [ECO.AP 2030 aposta na eficiência de recursos, na descarbonização e nas energias renováveis pelo Estado - EcoAP](#) Acessado em maio/2023.

[48] Energy Agency and environment. Carbon calculator. Disponível em: [Oeste Sustentável - Calculadora de Carbono \(oestesustentavel.pt\)](#). Acessado em maio/2023.

[49] Internal Document from Polytechnic Institute of Bragança/2023. Bragança Campus Location. Disponível em: [IPB - Campus Bragança](#). Acessado em maio/2023

[50] ECO.AP Plan/2023. Internal Report of the Polytechnic Institute of Bragança. Efficiency Plan of the Polytechnic Institute of Bragança for the three-year period between 2022 and 2024. Issued by IPB employees, João Barros and approved by Orlando Rodrigues in October 2022.