



# CIEEMAT`19

The 5th Ibero-American Congress on  
Entrepreneurship, Energy, Environment  
and Technology

## PROCEEDINGS



5<sup>th</sup> Ibero-American Congress on

# Entrepreneurship, Energy, Environment and Technology

11<sup>th</sup> – 13<sup>th</sup> September 2019

Portalegre, Portugal

ISBN 978-84-17934-30-9



9 788417 934309 >

Portugal, September 2019

# **ORGANIZING COMMITTEE**

## **Conference Management**

**Chairman: Ronney Arismel Macnebo Boloy, PhD.** (Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), Brasil)

**Chairman: Paulo Brito, PhD.** (Polytechnic Institute of Portalegre, Portugal)

**Chairman: Luis Pais, PhD.** (Polytechnic Institute of Bragança, Portugal)

**Chairman: José Luis Calvo Rolle, PhD.** (Universidade de La Coruña, España)

**Vocal: Ramon Sanguino Galvan, PhD.** (Universidade de Extremadura, España)

**Vocal: João Leitão, PhD** (Lisbon Technical University and University of Beira Interior, Portugal)

**Conference Manager: Monica Martins**  
(Theorem Conferences, United Kingdom)

# SCIENTIFIC COMMITTEE

- Ph.D. Eliseu Monteiro (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. Isabel Machado (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. João Miranda (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. Paulo Brito (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. Luiz Rodrigues (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. Valentim Realinho (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. Nicolau Almeida (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. Rato Nunes (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. Luís Filipe Vieira Ferreira (Lisbon Technical University, Portugal)
- Ph.D. Mário Costa, M. (Lisbon Technical University, Portugal)
- Ph.D. António Macías García (University of Extremadura, Spain)
- Ph.D. Josélia Pedro (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. José Luís Calvo Rolle (Coruña University, Spain)
- Ph.D. Margarida Gonçalves, (UNL-FCT, Portugal)
- Ph.D. Awf Al-Kassir Abdulla, (University of Extremadura, Spain)
- Ph.D. Ronney Arismel Mancebo Boloy, (GEEMAT-CEFET/RJ, Brazil)
- Ph.D. Amílton Ferreira Junior, (GEEMAT-CEFET/RJ, Brazil)
- Ph.D. Daniel de Cerqueira Lima e Penalva dos Santos, (IFPE, Brazil)
- Ph.D. Abel Rouboa (UTAD, Portugal)
- Ph.D. Valter Silva (University of Porto, Portugal)
- Ph.D. Luís Tarelho (University of Aveiro, Portugal)
- Ph.D. Ricardo Chacartegui, (University of Seville, Spain)
- Ph.D. Tamer Ismail, (Suez Canal University , Egypt)
- Ph.D. Cândida Vilarinho, (CVR, Minho University, Portugal)
- Ph.D. Pedro Ribeiro Mucharreira (Institute of Education, University of Lisbon, ISCE-Institute for Education Sciences, Portugal)
- Ph.D. Marina Godinho Antunes (ISCAL-Lisbon Higher Institute for Accounting and Administration, Portugal)
- Ph.D. Ramón Sanguino Galván (University of Extremadura, Spain)
- Ph.D. Eduardo Álvarez Álvarez (University of Oviedo, Spain)
- Ph.D. Manuel Rico Secades (University of Oviedo, Spain)
- Ph.D. António Navarro-Manso (University of Oviedo, Spain)
- Ph.D. Sílvia Román Suero (University of Extremadura, Spain)
- Ph.D. Santiago Cambero Rivero (University of Extremadura, Spain)
- Ph.D. María Isabel Sánchez Hernández (University of Extremadura, Spain)
- Professor Claire Seaman (Queen Margaret University, United Kingdom)
- Ph.D. Luís Silva (Polytechnic Institute of Porto, Portugal)
- Ph.D. Aizhan Salimzhanova (Kazakh State Women's Teacher Training University, Kazakhstan)
- Ph.D. Luís Loures (C3i/IPP, Portugal)
- Ph.D. Abel Rodrigues (National Institute of Agrarian and Veterinary Research, Portugal)
- Ph.D. José Luis Canito Lobo (University of Extremadura, Spain)
- Ph.D. Diego Carmona Fernández (University of Extremadura, Spain)
- Ph.D. Christopher Sá (Polytechnic Institute of Porto, Portugal)
- Ph.D. Jerónimo González Cortés (Centre for Scientific and Technology Research of Extremadura, Spain)
- Ph.D. Muhammad Ghaffar Doggar (COMSATS, Pakistan)
- Ph.D. Naeem Abas Kalair (University of Gujrat, Pakistan)
- Professor Artur Romão (Pro-President for Employment and Entrepreneurship at the Portalegre Polytechnic Institute and C3i/IPP Portalegre)

<b>Validation of a Sustainable Model for the Mining-metallurgical Industry in Mexico</b>	
<i>Rosa Elia Martínez Torres, Mariusz Bednarek, Urszula Zulawska.....</i>	<i>83</i>
<b>Use of leachates from a mechanical biological municipal solid waste treatment plant as fertilizers</b>	
<i>Jonathan Cardoso, Maria Vertonha, Juliana Mees, Jose Luis Díaz Tuesta, Paulo Brito, Helder T. Gomes</i>	<i>91</i>
<b>Valorization of acidic waste oils through conversion to biodiesel catalysed by an acidic ionic liquid</b>	
<i>Baú, A.C., Ribeiro, A.E., Queiroz, A.M., Brito, P.....</i>	<i>96</i>
<b>Optimization of reaction conditions for biodiesel synthesis from a waste cooking oil using [HMIM]HSO<sub>4</sub> ionic liquid as catalyst</b>	
<i>Goes, H., Ribeiro, A.E., Queiroz, A.M., Brito, P.....</i>	<i>103</i>
<b>Análise de indicadores de erosão hídrica com uso de simulador de chuva em solos sob condições de seca do Nordeste de Portugal</b>	
<i>Ana Caroline Royer, Tomás de Figueiredo, Felícia Fonseca, Fabiana Costa Araujo Schütz.....</i>	<i>110</i>
<b>Energetic valorization of coffee grounds mixed with lignocellulosic biomass in different proportions</b>	
<i>Santa Margarida Santos, Luis Filipe Calado, Octávio Alves, Roberta Panizio, Valter Silva, Paulo Brito</i>	<i>115</i>
<b>Técnicas de caracterização de uma liga de Níquel-Titânio com memória de forma</b>	
<i>Carlos Alberto Rodrigues Andrade, Filipe de Almeida da Silva Soares, Glauco Tapijara Vallicelli Nobrega, Jean César Hilário, Luiz Alberto dos Santos.....</i>	<i>121</i>
<b>A Situação da Formação em Engenharia de Energia: Uma Política Pública para o Setor Energético Brasileiro</b>	
<i>Gisele Maria Vieira, Nival Nunes Almeida, Ronney Arismel Mancebo Boloy, Stella Maris Pires Domingues</i>	<i>126</i>
<b>Análise do Desempenho Energético de um Edifício de Serviços – O Caso do Quartel dos Bombeiros Voluntários de Bragança</b>	
<i>Sónia Cova, Orlando Soares, Carlos Andrade.....</i>	<i>131</i>
<b>Small scale power generation Unit using Biomass gasification: The SUBe Project</b>	
<i>Fernanda Resende, Valter Silva, Miguel Mendonça, António Barbosa, Paulo Brito, João Azevedo, Arlindo Almeida, Helder Gomes.....</i>	<i>137</i>
<b>Performance improvement of a wind generation system using numerical methods in its power extraction algorithms</b>	
<i>O. Carranza, D. Memije, J.J. Rodriguez, R. Ortega .....</i>	<i>143</i>
<b>Project Based Learning in the Classroom: Application in a Computer Science Undergraduate Degree, applied to a Computer Architecture Course</b>	
<i>Sérgio Correia, L. F. Rodrigues, J. P. S. Carrondo.....</i>	<i>149</i>
<b>Impacto de la Metodología de Innovación Holística en las competencias de creatividad de los estudiantes mentores del programa de reciclaje de Impulsa Perú</b>	
<i>Isaac Zúñiga Aguilar.....</i>	<i>154</i>
<b>Simulation of a Billet Heating Furnace</b>	
<i>Sérgio Costa, Isabel Malico, Daniel Santos, Miguel Barão, Teresa Gonçalves, Luís Rato, Paulo Canhoto, Rui Lima, Sofia Oliveira, Paulo Fontes, Susana Cravo.....</i>	<i>160</i>
<b>Application of Near-Infrared Spectroscopy and Chemometrics for real-time monitoring during a chlorophyll extraction process</b>	
<i>Corro-Herrera, Victor; Aguilar-Uscanga Maria; Mancebo Boloy, Ronney Arismel; Lienqueo, Maria Elena</i>	<i>165</i>

# Análise do Desempenho Energético de um Edifício de Serviços – O Caso do Quartel dos Bombeiros Voluntários de Bragança

Sónia Cova, Orlando Soares, Carlos Andrade

Sónia Cova  
Escola Superior de Tecnologia e  
Gestão do Instituto Politécnico de  
Bragança  
Bragança, Portugal  
a26676@alunos.ipb.pt

Orlando Soares  
Escola Superior de Tecnologia e  
Gestão do Instituto Politécnico de  
Bragança  
Bragança, Portugal  
osoares@ipb.pt

Carlos Andrade  
Escola Superior de Tecnologia e  
Gestão do Instituto Politécnico de  
Bragança  
Bragança, Portugal  
andrade@ipb.pt

**Resumo** - Atualmente o consumo energético dos edifícios é um tema de elevada importância, pois estes são os principais responsáveis pelo consumo de energia global e assim também pelo aumento da poluição, emissão de gases e aquecimento global. Consequentemente as fontes de energia fósseis escasseiam rapidamente, e o seu período de renovação é lento, não conseguindo acompanhar a constante demanda de suprir as necessidades energéticas. Tornando-se fundamental tomar medidas para reduzir o impacto do consumo global de energia, incitando a uma utilização racional das fontes de energia, promovendo a eficiência energética e o desenvolvimento sustentável.

O presente trabalho tem como principal objetivo a simulação dinâmica de um edifício de serviços, com recurso ao *software DesignBuilder®* para modelação 3D e, o *EnergyPlus®* como plataforma de cálculo. Com estas ferramentas são analisadas soluções na configuração de medidas de melhoria, de forma a aumentar as condições de conforto e permitir uma diminuição nos gastos de energia do edifício.

Para este trabalho foi necessário realizar um levantamento de todos os elementos de envolvente com o exterior, os equipamentos elétricos, sistemas de climatização e de iluminação presentes no edifício, fazendo uma caracterização exaustiva e muito aproximada da realidade do edifício.

*Palavras-chave*—Eficiência energética, dinâmica de edifícios, *DesignBuilder®*, *EnergyPlus®*

**Abstract** - Today, the energy consumption of buildings is one of the main pillars of the gas emission and global warming policy. As a result, fossil energy sources are rapidly running out and their renewal period is slow, unable to keep up with the constant demand to meet energy needs. Becoming a key role to reducing the global impact of energy and urging a rational source of energy, promoting energy efficiency and sustainable development.

The present work has as main objective analyzing the energy dynamics of a service building, using

*DesignBuilder™* software for 3D modeling and *EnergyPlus™* as a calculation platform. With these tools solutions are analyzed in the configuration of improvement measures, in order to increase the comfort conditions and allow a decrease in the building energy costs.

For this work, it was necessary to make a survey of all the building envelope elements, the electrical equipment, climate and lighting systems present in the building, making a thorough and very close characterization of the reality of the building.

*Keywords* - Energy Efficiency, Building Dynamics, *DesignBuilder™*, *EnergyPlus™*

## Introdução

Desde a sua origem primitiva que o Homem procura abrigo, como forma de proteção das condições climáticas e dos animais.

Inicialmente encontraram nas grutas a sua proteção, mas com a evolução, a necessidade de construção de abrigos mais sofisticados foi uma inevitabilidade.

As primeiras casas eram então construídas em madeira, terra, pedra ou palha, mas com o passar do tempo e com o avanço do conhecimento progrediu-se para outros tipos de construção que trouxeram impactes negativos para o meio ambiente tanto pela construção em si, como pelos recursos utilizados (energia, água, matérias-primas), e pela produção de resíduos. Foi então necessário reinventar a construção, com o objetivo de diminuir o impacto ambiental, baseado no conceito de “maximizar e reutilizar os recursos, utilizar recursos renováveis e recicláveis, proteger o meio ambiente e fomentar a criação de ambientes saudáveis” [1].

Na União Europeia, o setor dos edifícios representa 40% dos consumos globais de energia. Em Portugal, este setor representa 20% dos consumos de energia, integrando uma parte significativa no consumo global. Torna-se então fundamental, avaliar o desempenho energético dos

edifícios de forma a promover a sua eficiência energética. [2]

Em 2018, a dependência energética que Portugal tinha com o exterior foi cerca de 77%, segundo os dados provisórios da Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), tendo descido face ao ano anterior em 2,7%.

## I. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

### A. A Energia

Tudo o que existe no universo é alguma forma de energia. O Sol é uma estrela que fornece energia ao nosso planeta sob a forma de luz e calor. Parte dessa energia é absorvida pelos alimentos e ao ingerir esses alimentos os seres vivos recebem uma parcela dessa energia nos seus corpos e para trocar energia com o meio ambiente. O mesmo acontece com outras fontes de energia como o calor, a eletricidade ou o vento.

É importante o facto de termos consciência de que a energia existe em grande quantidade no universo e que ela não aumenta nem diminui, mas passa por inúmeras transformações, sendo ora uma energia de um tipo ora de outro, e nós seres humanos, conseguimos transformá-la de acordo com as nossas necessidades e interesses. Assim temos a responsabilidade de assegurar que ela não seja desperdiçada e/ou mal utilizada. [3]

### B. Eficiência Energética em Edifícios

A utilização de fontes de energia renováveis e soluções técnicas que promovam o desempenho energético dos edifícios, mantendo ou aumentando as condições de conforto térmico e do ar ambiente interior, são fundamentais para atingir os objetivos de redução propostos nas diretivas europeias de consumo de energia em edifícios.

Isto leva a uma mudança de paradigma, neste contexto, a Diretiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de dezembro de 2002, estabeleceu um conjunto de medidas e objetivos específicos a serem adotados por cada estado-membro da União Europeia.

Mais recentemente, com a publicação da Diretiva n.º 2018/844/UE do Parlamento Europeu e do Conselho Europeu, de 30 de maio de 2018, através da reformulação da publicação da Diretiva 2012/27/UE, reformulando a Diretiva UE 2002/91/UE.

Os líderes da UE adotaram uma meta para 2020 de redução de 20% no consumo médio anual de energia e incluíram metas ambiciosas para 2030 e 2050. Prevendo também a construção de novos edifícios como Edifícios com Necessidades de Energia Quase Nulas (NZEBs), a partir de 2020.

No caso de Portugal, um diploma nacional único incorpora o Sistema de Certificação de Energética de Edifícios (SCE), o Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento do

Desempenho Energético de Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

A publicação destas leis pretende levar a uma melhor certificação energética, destacando a metodologia de cálculo e o estabelecimento de requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios e para os existentes e para grandes intervenções.

Para grandes edifícios de comércio e serviços existentes, as metodologias para determinar o seu desempenho energético são através de seu consumo efetivo de energia e usando uma simulação dinâmica multizona.

A metodologia baseada em simulação dinâmica multizona é obtida através de um programa acreditado pela norma ASHRAE 140 [4].

### C. Simulação dinâmica multizona

Entende-se por simulação dinâmica a previsão de consumos de energia correspondentes ao funcionamento de um edifício e respetivos sistemas energéticos que tome em consideração a evolução de todos os parâmetros relevantes com a precisão adequada, numa base de tempo horária, para diferentes zonas térmicas e condições climáticas de um ano de referência. (Decreto-Lei n.º 118/2013, 20 de agosto de 2013)

A análise energética ao edifício em estudo, é baseada no método de simulação dinâmica multizona e deve ser realizada por um programa acreditado pela norma ASHRAE 140, de acordo com o ponto 3.2 do Anexo I da Portaria n.º 349-D/2013, que deve ser capaz de modelar:

- Mais do que uma zona térmica;
- Com um incremento de tempo horário e por um período de um ano civil, contabilizado em 8760 horas;
- A variação horária das cargas internas, diferenciadas em ocupação, iluminação e equipamentos;
- Os pontos de ajuste dos termostatos das zonas térmicas e a operação dos sistemas de climatização, permitindo a respetiva parametrização, de forma independente para dias da semana e fins-de-semana;
- A recuperação de calor do ar de rejeição;
- O efeito da massa térmica do edifício.

## II. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

### A. Descrição do edifício

O edifício em estudo é o Quartel dos Bombeiros Voluntários de Bragança, localizado no centro da cidade Bragança, a uma altitude de 717 metros, relativamente ao nível médio das águas do mar e, uma distância à costa superior a 5 km.

Trata-se de um edifício com cerca de 40 metros de comprimento, orientados no sentido Oeste-Este e, com 70 metros no sentido Noroeste-Sudeste, sendo que a sua fachada principal está orientada a Noroeste, figura 1.

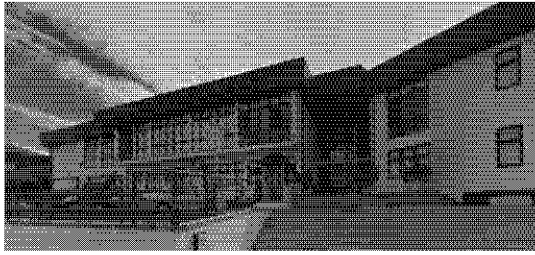


Figura 1. Fachada principal do edifício.

O ano de construção do edifício é entre 1990 e 1991, tendo sido alvo de pequenas remodelações interiores, a nível de camaratas, casas de banho, sala de convívio e bar; sofrendo, nos últimos anos, alterações no sistema de iluminação interior e exterior, colocação de equipamentos de ar condicionado em espaços de grande utilização e colocação de novos vãos envidraçados com melhores características térmicas.

O edifício apresenta a envolvente exterior de cor clara, desenvolvendo-se por dois pisos com a integração vertical a ser realizada com recurso a escadas. Este tem uma área interior de 2716 m<sup>2</sup>, dos quais 340 m<sup>2</sup> com sistemas de aquecimento e arrefecimento.

### B. Zoneamento climático

O zoneamento climático baseia-se na Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III, cuja composição por municípios tem por base o Decreto-Lei n.º 85/2008 de 14 de abril, entretanto alterado pelo Decreto-Lei n.º 85/2009, de 3 de abril e pela Lei n.º 21/2010 de 23 de agosto, estando detalhado no Despacho n.º 15793-F/2003.

Como o edifício em estudo se situa em Bragança, corresponde no NUTS III – Alto Trás-os-Montes.

Aplicando as equações (1) (2), e tabelas 1 e 2 presentes no Despacho n.º 15793-F/2003, obtém-se o zoneamento climático do edifício.

$$GD = GD_{ref} + a(z - z_{ref}) \quad (1)$$

Em que  $GD_{ref}$  corresponde aos Graus-Dia de referência, na base de 18°C, correspondente à estação convencional de aquecimento, para Alto Trás-os-Montes, 2015°C,  $a$  é o declive para ajustes em altitude, 1400 °C/km,  $z$  é a altitude do local onde está sito o edifício, 717 m e,  $z_{ref}$  é a altitude de referência, 680 m.

Resultando num valor de 2533 °C.

Correspondendo à zona I3, de acordo com a tabela 1.

Tabela 1. Critérios para a determinação da zona climática de inverno

Critério	$GD \leq 1300$	$1300 < GD \leq 1800$	$GD > 1800$
Zona	I1	I2	I3

$$\theta_{ext,v} = \theta_{ext,v ref} + a(z - z_{ref}) \quad (2)$$

Em que  $\theta_{ext,v ref}$  corresponde à temperatura exterior média de referência, correspondente à estação convencional de arrefecimento, para Alto Trás-os-Montes, 21,5°C,  $a$  é o declive para ajustes em altitude, -4 °C/km,  $z$  é a altitude do local onde está sito o edifício, 717 m e,  $z_{ref}$  é a altitude de referência, 680 m.

Resultando num valor de 20,02 °C.

Correspondendo à zona V2, de acordo com a tabela 2.

Tabela 2. Critérios para a determinação da zona climática de verão

Critério	$\theta_{ext,v} \leq 20^\circ\text{C}$	$20^\circ\text{C} < \theta_{ext,v} \leq 22^\circ\text{C}$	$\theta_{ext,v} > 22^\circ\text{C}$
Zona	V1	V2	V3

### C. Caracterização dos elementos da envolvente do edifício

A caracterização térmica da envolvente do edifício, nomeadamente dos parâmetros construtivos, coeficiente de transmissão térmica da envolvente, foi realizada de acordo com Despacho n.º 15793-E/2003, regras de simplificação a utilizar nos edifícios sujeitos a grandes intervenções, bem como existentes e, com recurso ao ITE50, para os vãos envidraçados e para a cobertura exterior 2, sendo a única onde foi possível verificar a sua constituição.

Na impossibilidade de ter dados sobre os componentes de paredes, coberturas e pavimentos, utilizaram-se os valores por defeito para este tipo de construção.

Envolvente opaca:

- Parede exterior – com uma espessura de 36 cm e, de acordo com o Quadro II.3, do despacho atrás referido, e, sendo uma parede rebocada, posterior a 1960, paredes simples ou duplas, o coeficiente de transmissão térmica é de 0,96 W/m<sup>2</sup> °C.
- Cobertura exterior 1 – cobertura pesada horizontal, com um coeficiente de transmissão térmica de 2,6 W/m<sup>2</sup> °C.
- Cobertura exterior 2 – constituída por placas de fibrocimento, com um coeficiente de condutibilidade térmica de 0,65 W/m °C, resultando num coeficiente de transmissão térmica de 6,436 W/m<sup>2</sup> °C.
- Pavimento exterior – pavimento pesado, com um coeficiente de transmissão térmica de 3,1 W/m<sup>2</sup> °C.

Relativamente aos vãos envidraçados foram detetados cinco tipos diferentes. Com recurso a um medidor de espessuras do vidro foi possível verificar as espessuras dos vidros e caixas-de-ar, presentes no vão envidraçado.

- Envidraçado 1 – caixilharia metálica com corte térmico, com vidro duplo incolor 4 a 8 mm + incolor 4 mm, com 10 mm de caixa-de-ar, sem proteção solar. Possui um valor do coeficiente de transmissão térmica de  $3,54 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$  e fator solar do vidro de 0,78.
- Envidraçado 2 - caixilharia metálica com corte térmico, com vidro duplo incolor 4 a 8mm + incolor 4mm, com 10mm de caixa-de-ar, com proteção solar exterior composta por persiana de réguas plásticas de cor escura. Possui um valor do coeficiente de transmissão térmica de  $2,62 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$  e fator solar com proteção de 0,09.
- Envidraçado 3 - caixilharia metálica com corte térmico, com vidro duplo incolor 4 a 8 mm + incolor 4 mm, com 10 mm de caixa-de-ar, com proteção solar interior composta por cortinas opacas de cor clara. Possui um valor do coeficiente de transmissão térmica de  $3,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$  e fator solar com proteção de 0,385.
- Envidraçado 4 - caixilharia metálica sem corte térmico, giratória, com vidro simples incolor 4mm, sem proteção solar. Possui um valor do coeficiente de transmissão térmica de  $6,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$  e fator solar do vidro de 0,88.
- Envidraçado 5 - caixilharia metálica sem corte térmico, 35% fixo e 65% giratória, com vidro simples incolor 4mm, sem proteção solar. Possui um valor do coeficiente de transmissão térmica de  $6,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C})$  e fator solar do vidro de 0,88.

#### D. Sistemas de iluminação

Iluminação interior:

- Lâmpada 1: tipologia LED T8 1,2m 20W
- Lâmpada 2: tipologia LED T8 1,5m 24W
- Lâmpada 3: tipologia LED 12W
- Lâmpada 4: tipologia LED 15W
- Lâmpada 5: tipologia LED 20W
- Lâmpada 6: tipologia Fluorescente Tubular T8 58W

Iluminação exterior:

- Lâmpada 7: tipologia LED 50W
- Lâmpada 8: tipologia LED 150W

#### E. Sistemas de AVAC e equipamentos

No edifício existem oito sistemas de ar condicionado, para cada uma das unidades foi necessário retirar os seus dados de eficiência para aquecimento e para arrefecimento.

O restante aquecimento dos espaços com mais utilização é feito com recurso a radiadores elétricos, com potências compreendidas entre os 800 e 1500 W.

Relativamente às águas quentes sanitárias (AQS) são produzidas com recurso a cilindros de 50, 100 e 200 litros.

Realizou-se um levantamento dos equipamentos elétricos no edifício, podendo estes ser de escritório, *catering* e inerentes às atividades do quartel de bombeiros.

Dentro dos equipamentos de escritório encontram-se o servidor, computadores, fax, impressoras, monitores, projetor, televisões e sistema de vídeo vigilância.

No caso dos equipamentos de *catering* estes consistem em frigoríficos, arcas congeladoras, arcas de refrigeração e máquinas de café.

Carregadores de rádios e lanternas, bem como o elevador para veículos e um carregador de garrafas de ar comprimido, pertencem ao grupo dos equipamentos inerentes à atividade de bombeiro.

#### F. Ocupação e horários

Por cada espaço foi verificada a ocupação média do espaço, bem como o horário de funcionamento do mesmo, e dos sistemas de iluminação, dos sistemas de aquecimento e arrefecimento e dos equipamentos presentes no mesmo.

#### G. Simulação dinâmica

Foi necessário, para fazer a simulação do edifício, criar um modelo 3D do mesmo na plataforma *DesignBuilder*<sup>®</sup>. Este modelo pretende-se que represente as condições reais de funcionamento, assim como as suas características de construção de forma que a simulação seja o mais fiável possível.

Após tratar devidamente as plantas do edifício, com recurso ao *software AutoCAD*<sup>®</sup>, estas foram importadas para o *DesignBuilder*<sup>®</sup>, para que fosse possível desenhar os contornos de cada piso, criando blocos, e sobrepô-los de forma a dar forma ao edifício, como se pode ver na figura 2.

Posteriormente foram criados os vãos envidraçados e portas. As palas da cobertura e painéis de fibrocimento foram representadas, sob a forma de *component blocks*, pois causam sombreamento ao edifício.

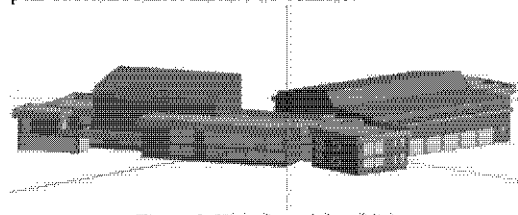


Figura 2. Vista frontal do edifício

Com o edifício construído, cada piso foi dividido em zonas, de acordo com a Portaria n.º 349-D/2013, para simulações multizona.

Foi necessário caracterizar cada zona segundo a sua utilização, ocupação e iluminância.

Para finalizar o modelo, foram definidas as constituições dos diferentes tipos de pavimento, coberturas, paredes, vãos envidraçados, tipos de lâmpadas, sistemas técnicos de aquecimento e arrefecimento, sistema para as águas quentes sanitárias.

No modo *Visualise* é possível ver o edifício já com as cores da envolvente definidas, e com sombreamento e demais detalhes de relevo, figura 3.

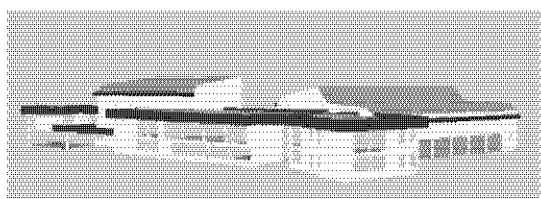


Figura 3. Modelo 3D do edifício em modo *Visualise*

### III. ANÁLISE DE RESULTADOS

A primeira simulação pretendia obter resultados próximos aos dos consumos elétricos durante um ano.

Considerou-se à parte da simulação a utilização das lâmpadas 7 e 8, que pertencem ao exterior do edifício, sendo que a lâmpada 8 é um poste de iluminação, com um relógio como controlador e está ligado durante a maior parte do período noturno e a lâmpada 7, apenas é utilizada pontualmente na área reservada a lavagem de viaturas.

Estimou-se um consumo anual destas de 12066 kWh.

Com a simulação obtém-se os seguintes resultados de acordo com a tabela 3.

Tabela 3. Consumos por tipologia

	REAL
Iluminação interior	11355,49
Equipamentos	60156,22
Arrefecimento	7081,39
Aquecimento	17923,34
AQS	10717,44
Total kWh	107233,88

Somando o valor dado pela simulação mais o consumo estimado da iluminação exterior obtemos um consumo de 119299,88 kWh. O que dá um desvio de 0,12%, face aos consumos reais.

Verificou-se que a temperatura de conforto média do edifício era de cerca de 15°C.

#### A. Medidas de melhoria

a) colocação de *External Thermal Insulation Composite Systems* (ETICS), nas paredes exteriores e pavimento exterior de 10 cm de espessura;

b) colocação de ETICS, nas paredes exteriores e pavimento exterior de 8 cm de espessura;

c) colocação de ETICS, nas paredes exteriores e pavimento exterior de 6 cm de espessura;

d) colocação de painel *sandwich* com 6 cm de isolamento, em substituição de toda a parte com amianto. Mais Poliestireno Expandido Extrudido (XPS) de 8 cm na parte superior da laje;

e) colocação de painel *sandwich* com 6 cm de isolamento, em substituição do amianto, nas zonas dos parques de viaturas e no salão. Na restante, sai o amianto, ficando a laje à vista, levando XPS de 12 cm com camada de regularização e tela de Policloreto de Vinilo (PVC).

Na tabela 4, podemos ver a análise dos resultados das medidas de melhoria (MM a), b) e c), e verifica-se que um melhor isolamento da envolvente leva a uma maior redução dos consumos de energia, os resultados não descem significativamente, pois poucos são os espaços com sistemas de aquecimento e arrefecimento, mas verificou-se um aumento da temperatura de conforto interior em cerca de 2°C.

Tabela 4. Consumos por tipologia das MM a), b) e c).

	MM1A ETICS 10 cm	MM1B ETICS 8 cm	MM1C ETICS 6 cm
Iluminação interior	11355,49	11355,49	11355,49
Equipamentos	60156,22	60156,22	60156,22
Arrefecimento	6781,78	6770,06	6756,82
Aquecimento	15821,12	16030,03	16310,72
AQS	10432,97	10489,41	10546,1
Total kWh	104547,58	104801,21	105125,35
Redução %	2,51%	2,27%	1,97%
Redução kWh	-104547,58	-104801,21	-105125,35

Na tabela 6, analisaram-se os resultados para as soluções relativas às coberturas exteriores. Tendo obtido resultados muito próximos entre ambas. Verificou-se um aumento da temperatura de conforto interior em cerca de 3,5 °C.

Tabela 5. Consumos por tipologia das MM d) e e)

	MM2 cobertura A	MM2 cobertura B
Iluminação interior	11355,49	11355,49
Equipamentos	60156,22	60156,22
Arrefecimento	8276,39	8858,73
Aquecimento	8675,22	8074,63
AQS	10717,44	10717,44
Total kWh	99184,76	99162,51
Redução %	7,51%	7,53%
Redução kWh	-99184,76	-99162,51

Posteriormente procedeu-se á conjugação das medidas de melhoria de modo a analisar qual a melhor opção, de modo a obter uma que englobe a reabilitação de paredes, pavimentos e coberturas exteriores, como se pode verificar de acordo com as tabelas 8 e 9.

A medida de melhoria c) não foi considerada para estes cálculos, por não cumprir os requisitos mínimos do valor de coeficiente de transmissão térmica para paredes exteriores.

Tabela 6. Consumos entre a conjugação da MM a) com a d) e e)

	MM1A + MM2A	MM1A + MM2B
Iluminação interior	11355,49	11355,49
Equipamentos	60156,22	60156,22
Arrefecimento	8176,75	8888,14
Aquecimento	6596,22	5760,4
AQS	10489,41	10432,97
Total kWh	96774,09	96593,22
Redução %	9,75%	9,72%
Redução kWh	10459,79	10640,66

Tabela 7. Consumos entre a conjugação da MM b) com a d) e e)

	MM1B + MM2A	MM1B + MM2B
Iluminação interior	11355,49	11355,49
Equipamentos	60156,22	60156,22
Arrefecimento	8231,96	8888,14
Aquecimento	6367,63	5760,4
AQS	10432,97	10432,97
Total kWh	96544,27	96593,22
Redução %	9,97%	9,92%
Redução kWh	10689,61	10640,66

#### IV. ANÁLISE DE RESULTADOS

De acordo com as faturas de eletricidade o edifício apresenta um consumo atual anual de 119444 kWh. As simulações indicaram que a melhor opção como medidas de reabilitação do edifício seria a conjugação entre a colocação de ETICS com 8 cm de espessura para paredes e pavimentos exteriores e, colocação de painel sandwich com 6 cm de isolamento, em substituição do amianto, mais XPS de 8 cm na parte superior da laje. A simulação estima um consumo anual de 96544 kWh, permitindo uma redução em cerca de 10% dos consumos atuais.

A temperatura média interior no edifício subiu em cerca de 4,3 °C, passando para um valor de 19,3 °C, com esta subida permite uma melhoria das condições de conforto térmico.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Vaz A. J. & Ferreira, D. R. & Luso, E. C. & Fernandes, S. M., Manual para a conservação e reabilitação da diversidade bioconstrutiva, Bragança: Câmara Municipal de Bragança, 2013.
- [2] A. Lopes e S. Cova, *Simulação Dinâmica de um Edifício de Comércio e Serviços - Brigantia Ecopark*, Bragança, Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, 2015.
- [3] EDP, "EDP Brasil," 12 Fevereiro 2019: <http://www.edp.com.br/pesquisadores-estudantes/energia/o-que-e-energia/Paginas/default.aspx>
- [4] ANSI/ASHRAE Standard 140-2017 - Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs, January of 2017. ISSN 1041-2336