

“NET ZERO BUILDINGS” – APLICAÇÃO DO CONCEITO A UM EDIFÍCIO EXISTENTE

David Laborda, Licenciado em Engenharia Eletrotécnica e pós graduação em Gestão de Energia e Eficiência Energética, ISPGaya, ¹

Delmar F. Jorge, Delmar. F. Jorge, Docente do ISPGaya²

Ricardo. F. Lopes, Docente do ISPGaya³

Resumo: Os edifícios de balanço energético nulo (NZEB - *Net-Zero Energy Building*) e/ou quase nulo (nZEB), têm vindo a ganhar crescente atenção desde a publicação da diretiva europeia 2010/31/EU [15].

Em Portugal, com a introdução do Decreto-Lei n.º118/2013, dá o primeiro passo para os edifícios com necessidades quase nulas de energia. Os novos edifícios licenciados após 31 dezembro de 2020, ou após 31 de dezembro de 2018 no caso de edifícios públicos, serão edifícios com necessidades quase nulas de energia.

O objetivo do trabalho descrito neste artigo consiste na aplicação do conceito “*Net Zero Energy Building*”, ao edifício existente do Instituto Superior Politécnico Gaya (ISPGaya), em Vila Nova de Gaia, com o intuito de analisar a viabilidade de otimização de energia e a metodologia deste conceito ao edifício, com recurso a ferramentas de simulação.

Neste trabalho efetuámos uma simulação energética do edifício, através do DesignBuilder®, que servirá como termo de comparação para outras simulações. Serão delineadas as especificações a implementar no edifício por forma a ser considerado *Net Zero Energy Building*, com alterações na simulação do mesmo de acordo com as novas especificações. Por último, será feita a comparação técnica, financeira e ambiental da solução NZEB encontrada.

Através das várias simulações energéticas ao edifício, conclui-se que é possível baixar as necessidades energéticas do edifício através de medidas de eficiência energética, em especial na iluminação e que os resultados obtidos, apesar de ser viável a implementação do conceito *Net Zero Energy Building*, traduzem um esforço financeiro e algumas condicionantes para a sua concretização.

Palavras-chave: Abordagem Passiva, Consumo Energético, Energia Produzida, Energia Renovável, Necessidades Energéticas, Sistemas Energia Eficientes.

¹ davidlaborda@gmail.com

² dfjorge@ispgaya.pt

³ rlopes@ispgaya.pt

“NET ZERO BUILDINGS” – APPLYING TO AN EXISTING BUILDING

Abstract: Net zero or nearly zero energy buildings have received increasing attention since the publication of the new Directive on the Energy Performance of Building 2010/31/EU [15].

In Portugal, with the introduction of Decree-Law n.º118 / 2013 takes the first step for buildings with nearly zero-energy. The new building permits after December 31, 2020, or after December 31, 2018 in the case of public buildings, buildings will be nearly zero-energy.

The objective is the application of the concept "Net Zero Energy Building", the existing building ISPGaya, in Vila Nova de Gaia, in order to analyze the energy optimization feasibility and methodology of this concept the building, using simulation tools.

In this work, we made an energy simulation of the building, through the DesignBuilder®, which will serve as a benchmark for other simulations. The specifications outlined to implement the building in order to be considered Net Zero Energy Building, with changes in the simulation of the same according to the new specifications. Finally, the technical comparison, financial and environmental solution will be found NZEB.

Through various energy simulations of the building, it is concluded that it is possible to lower the building's energy needs through energy efficiency measures, particularly in lighting and the results obtained, despite being feasible to implement the concept Net Zero Energy Building, translate a financial effort and some conditions for their implementation.

Keywords: Passive approach, Consumer Energy, Produced Energy, Renewable Energy, Energy Needs, Efficient Energy Systems.

INTRODUÇÃO

Desde 1971 até 2011, o consumo de energia primária a nível mundial tem vindo a aumentar [21]. Portugal, apresenta uma elevada dependência energética. Mais de 75% da energia primária é importada [11].

O setor dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa e cerca de 30% para o caso de Portugal. Porém, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas eficiência energética, o que pode representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO₂ – quase a totalidade do compromisso da UE no âmbito do Protocolo de Quioto [4] [12].

Com a introdução da diretiva 2002/91/CE, posteriormente reformulada pela diretiva 2010/31/EU, os edifícios começaram a ter um melhor desempenho energético, diminuindo as necessidades de consumo energéticas [14] [15].

A EPBD (2010) define nZEB como “as necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis”.

A partir de 31 de dezembro de 2020, todos os edifícios novos deverão ter necessidades quase nulas de energia (nZEB), e, após 31 de dezembro de 2018, os edifícios novos do estado deverão começar a dar o exemplo [15].

Para alcançar as NZEB é necessário dois passos fundamentais. O primeiro passo é reduzir as necessidades energéticas do edifício e segundo a produção de energia ser feita através de fontes renováveis [18]. Existe um conjunto de estratégias relevantes para alcançar as NZEB. As combinações de abordagens passivas, sistemas de energia eficientes e sistemas de energia renovável são os mais propensos a ter sucesso para alcançar as ZEB NET [2].

2 NET ZERO BUILDING – ABORDAGEM

NET ZERO BUILDING (NZEB) – “Edifício residencial ou de serviços, em que, após aplicação de medidas de eficiência energética, a reduzida necessidade de utilização de energia, que ainda resta, é suprida por energias renováveis, produzidas no local e de baixo custo energético, económico e ambiental” [25].

‘NET’ Zero Building refere-se a edifícios com um saldo nulo do consumo de energia. O Conceito NZEB assenta no binómio, necessidades energéticas e energia produzida, resultando uma equação de balanço energético zero, como nos mostra a figura 1.

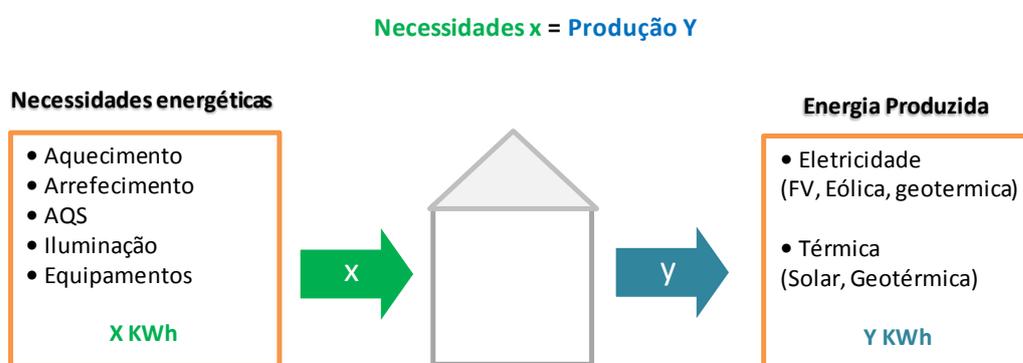


Figura 1 - Necessidades energéticas vs. Produção de energia (Adaptada de [5]).

Existe um conjunto de estratégias relevantes para as NZEB. As combinações de abordagem passiva (PA), sistemas de energia eficiente (EES) e sistemas de energia renovável (RES), são os mais propensos a ter sucesso para alcançar as Zeb Net [2].

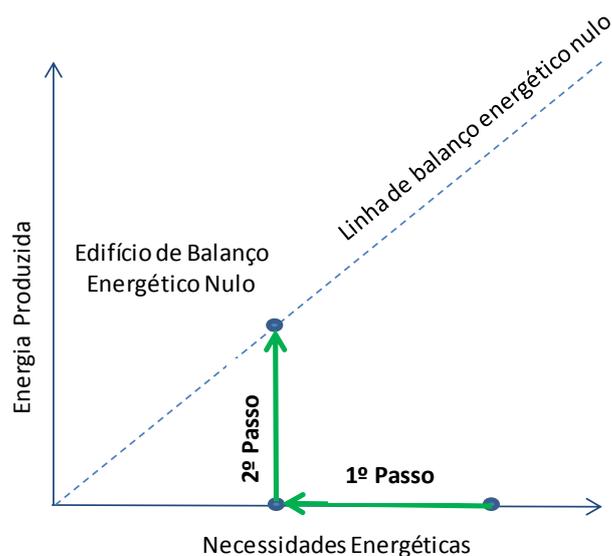


Figura 2- Abordagem NZEB [16].

3 CASO DE ESTUDO

3.1 Descrição geral do edifício

O presente caso de estudo refere-se ao edifício do ISPGaya destinado ao Ensino Superior, situado na Av. dos Descobrimentos, no concelho de Vila Nova de Gaia, Distrito do Porto e dispõe de uma área útil de pavimento (A_p) igual a 3500 m².

O edifício foi construído em 2005 e é constituído por seis pisos, um terraço e tem a fachada principal virada a Sul.

Os pisos são distribuídos da seguinte maneira:

Piso 1: Constituído essencialmente por Laboratórios e um Auditório.

Piso 2: Estão situados Bar/Refeitório, Associação de Estudantes e Sala de Professores. O piso dispõe de Instalações Sanitárias e Vestiários.

Piso 3: Constituído pela Entrada, Secretaria, Sala de Espera e diversas Salas de Apoio à Direção. O piso dispõe de Instalações Sanitárias.

Piso 4: Encontram-se Salas de Aulas e Instalações Sanitárias.

Piso 5: Encontram-se Salas de Aulas

Piso 6: Estão situadas a Biblioteca e Salas de Aula.

Cobertura: Estão situados a Casa das Máquinas e um Terraço.

O edifício do ISPGaya fica situado em Vila Nova de Gaia, com o seguinte zoneamento climático [7].

Zona Climática de Inverno	Nº graus dia para 20°C [Inverno]	Duração estação aquecimento [Meses]	Temperatura média exterior de Inverno [°C]	Zona Climática de Verão	Temperatura média exterior de Verão [°C]	Duração estação arrefecimento [Meses]
II	1248	6,2	9,9	V2	20,9	4

Figura 3 - Dados climáticos.

3.2 Modelo

O modelo geométrico e construtivo do edifício foi elaborado com base em plantas de arquitetura em formato AutoCAD®.

Para efeitos de simulação energética do edifício, foi utilizado o software DesignBuilder® versão 2.9.0.002, acreditado para o efeito, e recolha dum conjunto de informação adstrita à caracterização da utilização energética do edifício.

O DesignBuilder® é uma ferramenta de software utilizada para simulação energética dinâmica avançada, com um programa base para os cálculos, bastante robusto e rigoroso Energy Plus®.

De seguida está representado, uma visualização gráfica, do edifício em estudo.

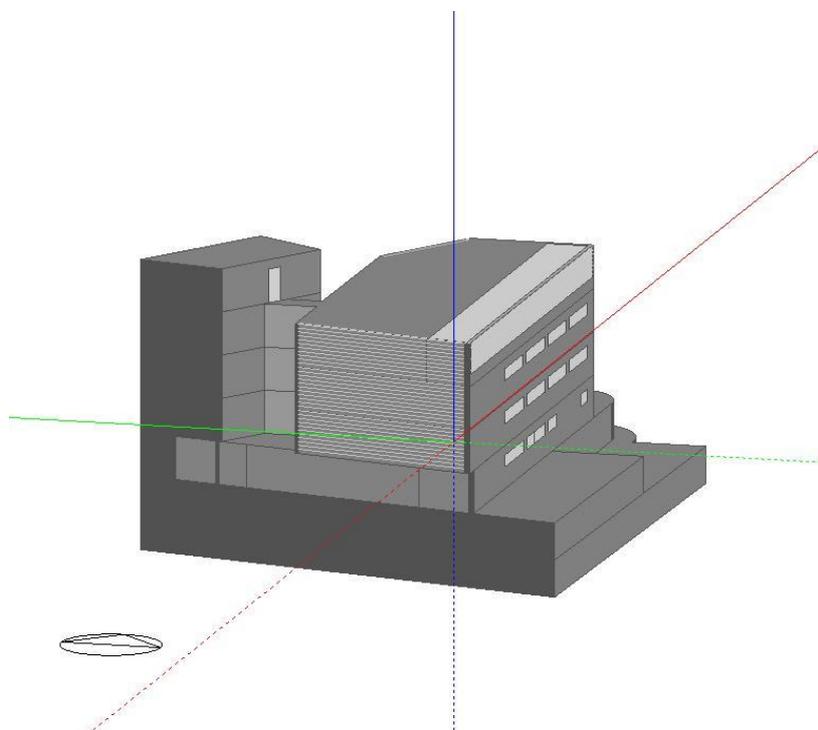


Figura 4- Modelo geométrico ISPGaya (Real), vista sul [6].

Na execução do modelo real, foram efetuadas simplificações na divisão das zonas de simulação, devido ao facto das características e a exposição solar serem iguais em diversos locais.

3.3 Simulação em condições reais no Designbuilder

3.3.1 Padrões reais de utilização

Os perfis temporais foram elaborados com informação cedida pelo ISPGaya e por medições efetuadas com analisadores de rede (aos quadros elétricos do edifício) e assumiu-se os perfis de ocupação, iluminação, AVAC, elevador, equipamentos e ventilação.

3.3.1.1 Ocupação

Foram criados diversos perfis de ocupação, nomeadamente ocupação para dias uteis, exames, sábados, domingos, mês de agosto, Secretaria e logística, Auditório e Biblioteca. Esta desagregação foi obrigatória, devido à diferença significativa entres estes momentos. No entanto existe algumas considerações a partilhar :

A ocupação exames, destina-se ao mês de julho e setembro

Na ocupação Secretaria e Logística, estão consideradas as zonas térmicas sala de professores, associação de estudantes, recepção, secretaria, sala coordenação, sala informática, sala direção e sala Docentes.

A realçar, uma ocupação maior do edifício no período entre as 18:00 e as 21:00, em dias uteis.

Aos sábados, a ocupação é esporádica, mas com maior incidência na parte da manhã.

3.3.2 Resultados da simulação Real

Toda a informação recolhida relativa ao edifício, nomeadamente contida no ponto 3.3, foi utilizada no DesignBuilder no sentido de se efetuar uma simulação do edifício em condições reais, no sentido de se estimar o valor do consumo real de energia do edifício.

Foi obtido através da simulação os seguintes resultados:

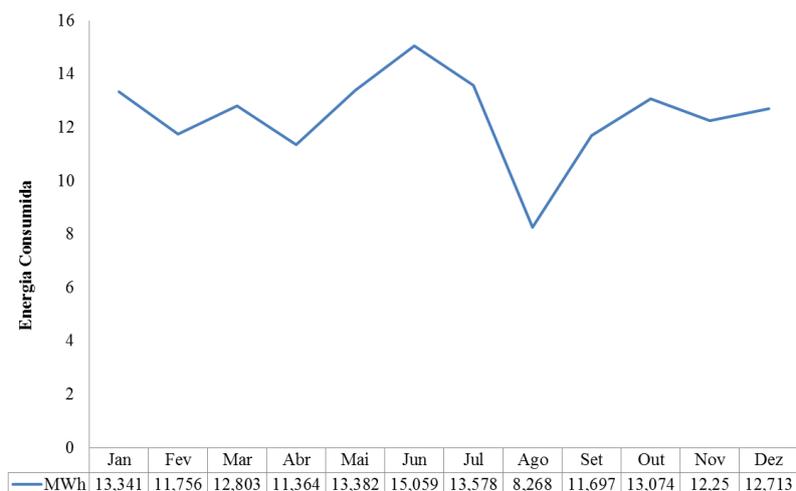


Figura 5 - Consumo mensal ISPGaya [adaptado de 6].

Através da simulação térmica do edifício permite-nos concluir que o mês de maior consumo de energia é o mês de junho, muito devido à ocupação do edifício e aos ganhos solares com os envidraçados.

O mês de agosto apresenta o menor valor de consumo, sem grande surpresa, devido a ser um período de férias letivas.

O consumo de energia do edifício, por utilização, está expresso na figura 6:

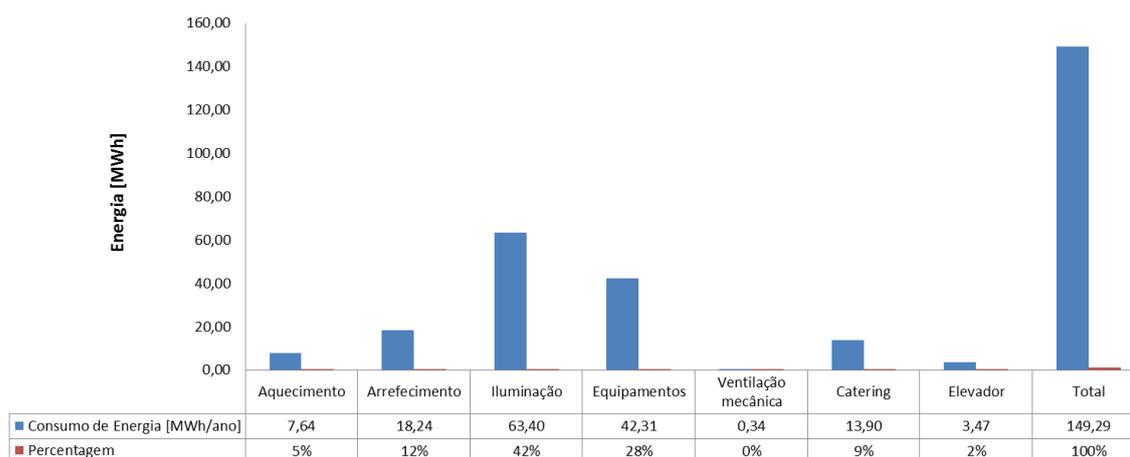


Figura 6 - Consumos de energia, por utilização, obtidos por simulação real do ISPGaya.

3.4 Medidas de eficiência energética

A eficiência energética pode ser definida como a redução de consumos mantendo os mesmos serviços [29].

As reduções dos consumos de energia nos equipamentos existentes e na iluminação, são fundamentais para a redução das necessidades energéticas do edifício.

Neste sentido, foram propostos diversas medidas de eficiência energética, no âmbito da iluminação, com a alteração de todas as lâmpadas para tecnologia LED, colocação de sistemas de controlo da iluminação pela luz natural, substituição de equipamento altamente eficiente, nomeadamente monitores e unidades de climatização e isolamento nas paredes exteriores.

Estas alterações, permite-nos poupar energia consumida na iluminação e equipamentos, que representam cerca de 79% do consumo total do edifício.

3.4.1 Abordagens Passivas

A colocação de isolamento térmico na envolvente do edifício permite poupar energia na componente aquecimento e arrefecimento do ambiente interior.

O isolamento pode ser colocado pelo interior ou pelo exterior.

Pelo exterior da fachada, deverá ser colocado com uma camada de revestimento por forma a proteger o isolante. Esta técnica é muito mais eficaz na redução das pontes térmicas em relação ao isolamento térmico pelo interior e na caixa-de-ar, devido a não existir interrupções no isolante. No entanto, esta técnica produz custos mais elevados que as restantes soluções.

Nas paredes exteriores será colocado, pelo interior, lã de rocha, com uma espessura de 10 cm e pladur de 1,5cm [17].

Na cobertura será colocado, pelo exterior, isolamento térmico, constituído por 10 cm poliestireno extrudido (XPS), com uma proteção de lajetas como as existentes sobre o isolamento .

No pavimento será colocado, pelo exterior, aplicação de isolamento térmico, constituído por 10 cm poliestireno expandido moldado (EPS), numa solução tipo “capotto”.

Com estas alterações, surgiram novos valores de coeficiente de transmissão térmica na envolvente, como nos mostra a tabela 1.

Solução construtiva	U [W/(m².°C)]
Paredes exteriores	0,29
Cobertura	0,32
Pavimento	0,33

Tabela 1 - Novos valores de U, com isolamento térmico de 10 cm.

O cenário descrito utilizado na simulação designar-se-à IT.

3.4.2 Iluminação

A iluminação no edifício ISPGaya representa cerca de 42% dos consumos globais, com uma potência instalada de 35,99 kW.

Com a substituição de todas as lâmpadas para tecnologia LED, a potência instalada baixa drasticamente para 14,48 kW, cerca de 60% menos.

As lâmpadas alvo de substituição estão discriminadas na tabela abaixo:

Lâmpadas a substituir	Qnt
Fuorescentes T8 [36W]	245
F. Compactas [13W]	84
F Compactas [26W]	882
F. Compactas [27W]	12

Tabela 2 - Lâmpadas alvo de substituição.

As Lâmpadas fluorescentes T8, com balastro ferromagnético, serão alvo de substituição por lâmpadas de tecnologia LED, T8 de 20W.

As lâmpadas Fluorescentes compactas de 13W e 26W, de casquilho gx24q, equipadas com balastro eletrónico, serão alvo de substituição por lâmpadas de tecnologia LED, com o mesmo sistema de encaixe (casquilho gx24q), de 6W e 10W respetivamente.

As lâmpadas na zona envidraçada da biblioteca, fluorescentes compactas de 27W, de casquilho E27, vão ser substituídas por lâmpadas LED, de 6W.

Estas soluções apresentam inúmeras vantagens, visto não ser necessário alterar luminárias e exclui qualquer tipo de balastro, adotando única e exclusivamente por substituição de lâmpadas.

3.4.3 Sistema de controlo de iluminação por luz natural

O edifício do ISPGaya apresenta um défice relativo ao controlo de iluminação através de deteção de presença e comutação por luz natural.

No entanto, o edifício dispõe de uma grande área de vãos envidraçados, podendo ser aproveitado grandes quantidades de luz natural, reduzindo o consumo do edifício.

Com a introdução de sensores de dupla funcionalidade, deteção de movimento e fotocélula inibidora que evita que as luzes se acendam quando há suficiente entrada de luz solar, o edifício permite reduzir custos com a fatura energética [22].

O sensor a utilizar será o Detetor OccuSwitch Wireless da Philips [22], nas seguintes zonas térmicas:

Piso 1: Lab1

Piso 2: Snack Bar

Piso 3: Entrada, Recepção, Sala Coordenação, Sala Direção e Sala Informática

Piso 4,5 e 6: Em todas as Zonas Térmicas.

Apesar este detetor ser mais rentável em locais com exposição solar, será utilizado, também, em todas as zonas de Circulação e Sanitários.

O cenário descrito utilizado na simulação designar-se-à **DI**.

3.4.4 Substituição de equipamento

O equipamento instalado no edifício ISPGaya representa aproximadamente 36% do consumo total do edifício. Neste contexto, existe um grande potencial de poupança energética na substituição de alguns equipamentos.

O site da ENERGY Star [13] contém uma base de dados de uma grande variedade de equipamentos altamente eficientes que cumprem as normas de eficiência energética estipuladas pela agência Norte-Americana de Proteção ambiental – EPA (US Environmental

Protection Agency) e pelo Departamento de energia dos Estados Unidos – DOE (Department of Energy).

Outro lugar de informação (Topten International Group) [35], englobada no âmbito do programa europeu Intelligent Energy Europe Programme – IEEP, descreve os produtos mais eficientes disponíveis em vários países da zona euro.

Na pesquisa efetuada a estas duas fontes permitiram identificar várias soluções, nomeadamente para sistemas de ar condicionado e monitores para computadores.

Os equipamentos alvo a substituir são os seguintes:

Equipamento a substituir	Qnt	Equipamento proposto	Consumo(W)
Monitores	110	Monitor Philips 19B4LCS5, de alta eficiência	14

Tabela 3 - monitores a substituir.

Equipamento a substituir	Qnt	Equipamento proposto	COP	EER
Monoslipt até 4KW	30	Sistema Ar Condicionado Mitsubishi Electric (MSZ-FH25VE)	5,1	9,1
Monoslipt entre 4-6KW	13	Sistema Ar Condicionado Mitsubishi Electric (MSZ-SF42VE)	4,4	7,5
Monoslipt 10KW	2	Sistema Ar Condicionado Daikin (FCQHG100F)	4,3	6,7

Tabela 4 – Unidades de climatização a substituir.

O cenário descrito utilizado na simulação designar-se-à **SEQ**.

3.4.5 Produção de Energias Por fonte renovável

No edifício ISPGaya existe um sistema fotovoltaico com ligação à rede, composto por 22 painéis solares, da marca GE Energy GEPVp-200-MAS de 200W, com uma produção anual de 6,003 MWh. Apesar de todas as medidas passivas e de eficiência energética, com uma redução drástica

nas necessidades do edifício, o valor produzido atualmente não chega para o balanço energético ser nulo.

Optando por mais sistemas fotovoltaicos para produção de energia, deparamo-nos com insuficiente espaço, nomeadamente na cobertura.

Será necessário a utilização das fachadas do edifício para a colocação dos sistemas fotovoltaicos, obtendo assim a seguinte área livre:

Fachada sul, 65m² ;

Fachada Oeste, 194m² ;

Fachada Este, 171m² ;

Na cobertura ainda será viável a utilização de 40m², visto ser o local mais rentável de todos.

O cenário descrito utilizado na simulação designar-se-à **PF**.

3.5 Simulação com a utilização de todas as medidas

A utilização de todas as medidas apresentam uma poupança de 55,24% do consumo total do edifício, como nos mostra a figura 7.

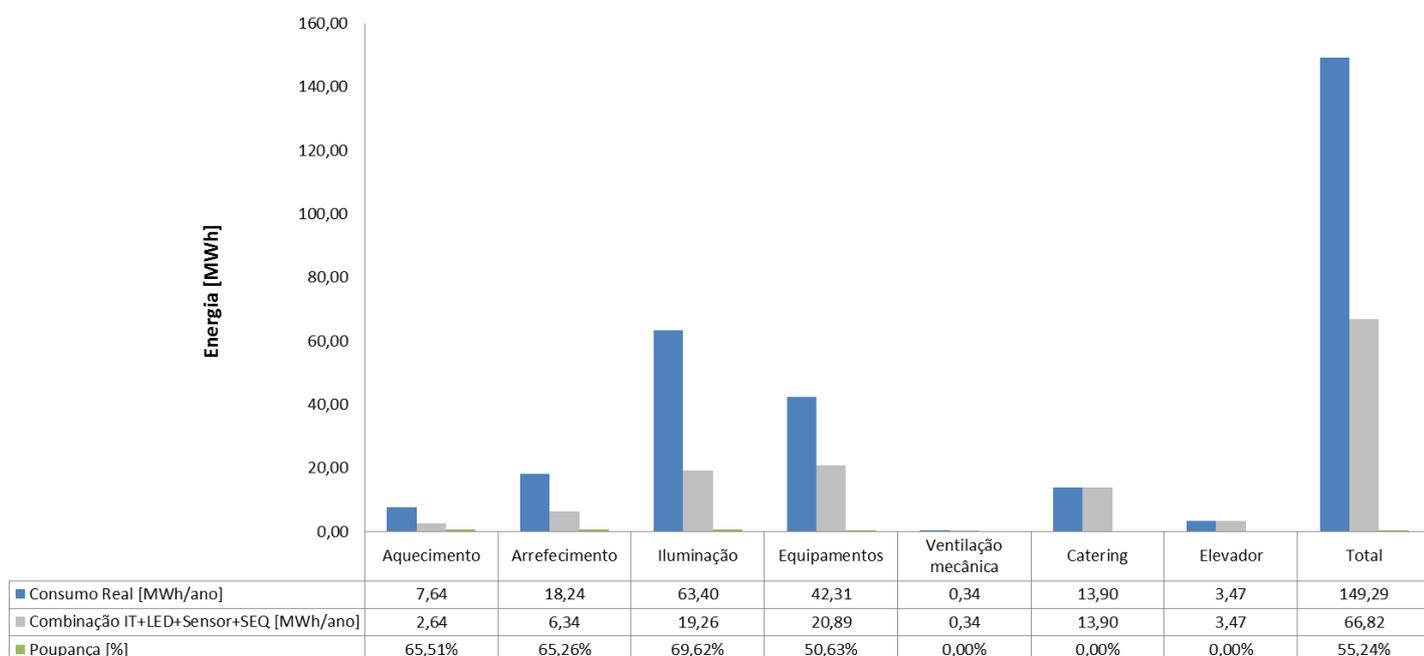


Figura 7 – Simulação com todas as medidas de eficiência energética (adaptado de [6]).

3.6 Utilização de energias renováveis

Conforme figura 7, o edifício apresenta necessidades energéticas de 66,82 MWh /ano.

Com a produção de energia elétrica existente de 6,00 MWh/ano, o edifício ainda apresenta um défice de 60,82 MWh/ano, para o balanço energético do edifício ser nulo.

A energia renovável eleita para o balanço energético zero do edifício, será a energia solar fotovoltaica.

3.6.1 Fachada sul do edifício

O edifício apresenta cerca de 65m² de área disponível para a colocação de 42 painéis fotovoltaicos.

O espaço livre está representado a azul, na figura 8.

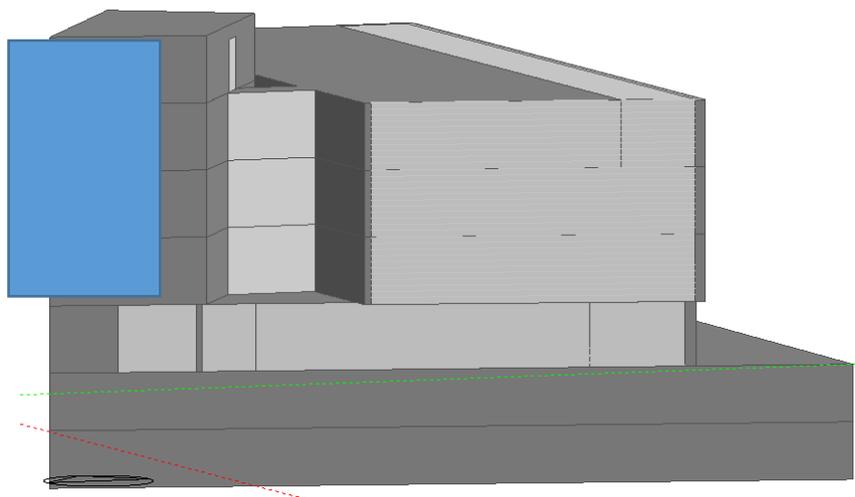


Figura 8 - Localização dos painéis fotovoltaicos na fachada sul.

3.6.2 Fachada oeste do edifício

O edifício apresenta cerca de 194m² de área disponível para a colocação de 122 painéis fotovoltaicos.

O espaço em causa está representado a azul, na figura 9:

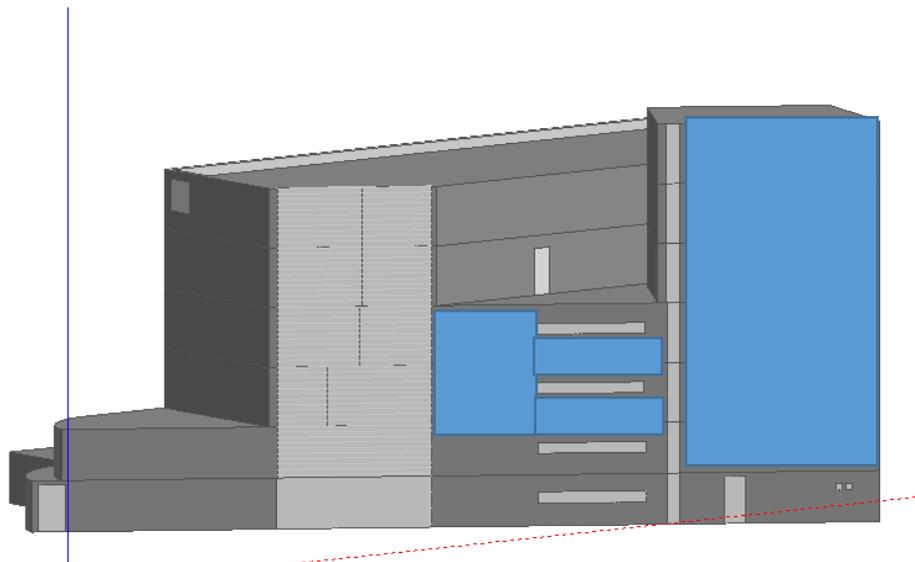


Figura 9 - Localização dos painéis fotovoltaicos na fachada oeste.

3.6.3 Fachada este do edifício

O edifício apresenta cerca de 171m² de área disponível para a colocação de 108 painéis fotovoltaicos.

O espaço em causa está representado a azul, na figura 10.

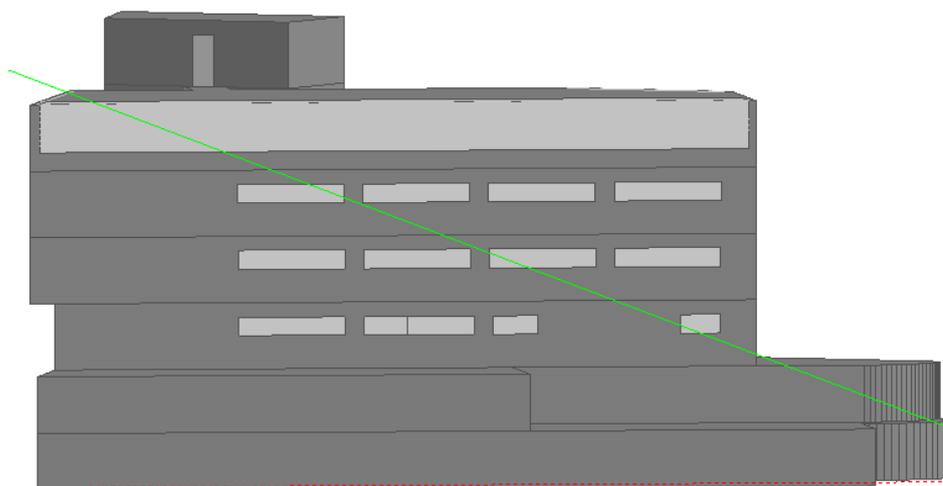


Figura 10 - Localização dos painéis fotovoltaicos na fachada este.

3.6.4

Cobertura do edifício

O edifício ainda apresenta cerca de 40m² de área disponível para a colocação de 28 painéis fotovoltaicos.

O espaço em causa está representado a azul na figura 11.

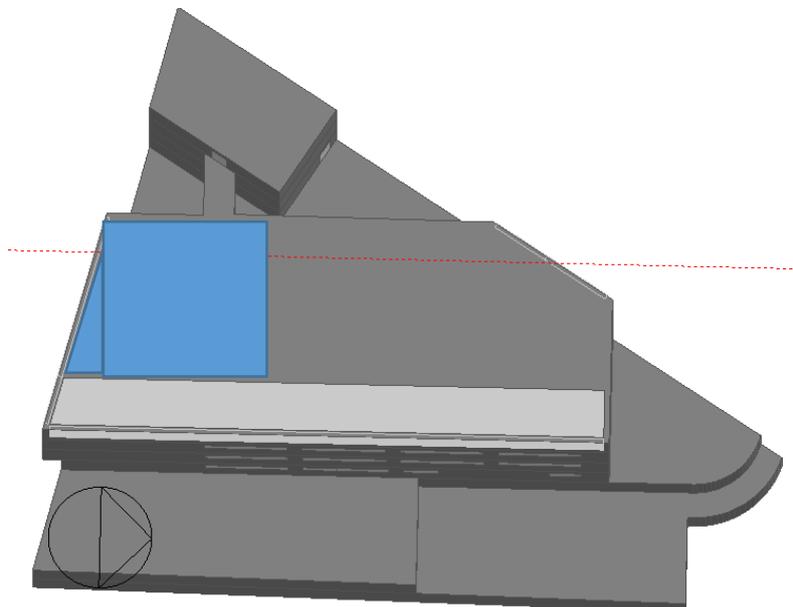


Figura 11 - Localização dos painéis fotovoltaicos na cobertura.

3.7 Balanço Energético do edifício ISPGaya

O balanço energético do edifício será obtido após aplicação de medidas passivas e de eficiência energética, com as reduzida necessidade de utilização de energia, que ainda resta, ser suprida por energias renováveis [25].

Através de medidas passivas e de eficiência energética, o edifício consegue diminuir 55% as suas necessidades de consumo de energia.

No entanto, ainda será necessário **produzir 60,82 MWh/ano**, para o balanço energético do edifício ser nulo.

Com o aproveitamento da cobertura e fachadas do edifício, consegue-se produzir energia suficiente a obter um balanço energético zero.

Designação	Referencia	Quant. Paineis	Produção [MWh/ano]
Colocação de paineis fotovoltaicos na Fachada Sul	PF1	42	11,4
Colocação de paineis fotovoltaicos na Fachada Oeste	PF2	122	24,94
Colocação de paineis fotovoltaicos na Fachada Este	PF3	108	22,36
Colocação de paineis fotovoltaicos na cobertura	PF5	28	11,39
Paineis fotovoltaicos existentes na cobertura	---	22	6
Total			76,09

Tabela 5 - Produção anual fotovoltaica do edifício ISPGaya com alterações.

Com o aproveitamento das fachadas do edifício consegue-se produzir energia suficiente para as necessidades de utilização do edifício.

3.8 Análise técnica e financeira

Através das faturas de eletricidade num período de um ano, determinou-se o preço do megawatt hora, pago pelo ISPGaya, que foi de 145,5€. Este preço é o valor que vai entrar para a análise financeira.

3.8.1 Viabilidade

Com todas as medidas preconizadas, a análise técnica e financeira é a seguinte:

Abordagem	Qnt	Preço Uni [€]	Preço Total [€]	Poupança Anual [MWh]	Poupança Anual [KgCO ₂]	Poupança Anual [€]	Investimento [€]	Período retorno [anos]
Colocação Isolamento Térmico paredes Exteriores	1120	35,00 €	39 200,00 €	0,73	105,12	106,21 €	84 875,00 €	799,1
Colocação Isolamento Térmico cobertura	364	45,00 €	16 380,00 €					
Colocação Isolamento Térmico pavimento	651	45,00 €	29 295,00 €					
Substituição Lâmpada Fluorescente T8 de 36W por Lâmpada LED T8 20W	245	20,00 €	4 900,00 €	39,21	5646,24	5 705,06 €	19 529,20 €	3,4
Substituição Lâmpada Fluorescente compacta (gx24q) de 13W por Lâmpada LED 6W	84	15,00 €	1 260,00 €					
Substituição Lâmpada Fluorescente compacta (E27) de 27W por Lâmpada LED 6W	12	11,60 €	139,20 €					
Substituição Lâmpada Fluorescente compacta (gx24q) de 26W por Lâmpada LED 10W	882	15,00 €	13 230,00 €					
Colocação de sensor OccuSwitch Wireless	72	130,00 €	9 360,00 €	18,24	2626,56	2 653,92 €	9 360,00 €	3,5
Monitores existentes por Monitor Philips 19B4LC55, de alta eficiência 14W	110	194,00 €	21 340,00 €	34,62	4985,28	5 037,21 €	84 440,00 €	16,8
Monosplit até 4KW, por sistema ar condicionado Mitsubishi Electric (MSZ-FH25VE)	30	1 200,00 €	36 000,00 €					
Monosplit entre 4-6KW, por sistema ar condicionado Mitsubishi Electric (MSZ-SF42VE)	13	1 500,00 €	19 500,00 €					
Monosplit 10KW, por sistema ar condicionado Daikin (FCQHG100F)	2	3 800,00 €	7 600,00 €					
O impacto combinado das várias abordagens é inferior à soma das várias abordagens isoladas.								
Combinação de todas as abordagens	----	----	----	82,47	11875,68	11 999,39 €	198 204,20 €	16,5

Tabela 6 - Análise técnica e financeiro.

Este cenário apresenta um período de retorno de 16 anos e seis meses.

3.9 Viabilidade colocação de painéis fotovoltaicos.

Para o cálculo do investimento e por extrapolação dos orçamentos de instalação dos painéis solares fotovoltaicos, calculou-se o preço de cada painel fotovoltaico, contemplando o peso dos restantes elementos do sistema.

Designação	Referencia	Quant. Paineis	Produção [MWh/ano]	Poupança Anual [KgCO ₂]	Preço Uni	Preço Total	Poupança Anual [€]	Investimento [€]	Periodo retorno [anos]
Colocação de paineis fotovoltaicos na Fachada Sul	PF1	42	11,4	1641,6	766,25 €	32 182,50 €	1658,7	32 182,50 €	19,4
Colocação de paineis fotovoltaicos na Fachada Oeste	PF2	122	24,94	3591,36	766,25 €	93 482,50 €	3628,77	93 482,50 €	25,8
Colocação de paineis fotovoltaicos na Fachada Este	PF3	108	22,36	3219,84	766,25 €	82 755,00 €	3253,38	82 755,00 €	25,4
Colocação de paineis fotovoltaicos na Cobertura	PF5	28	11,39	1640,16	658,75 €	18 445,00 €	1657,245	18 445,00 €	11,1
Total	----	300	70,09	10092,96	---	226 865,00 €	10198,095	226 865,00 €	22,2

Tabela 7 - Análise técnica e financeira na colocação dos painéis fotovoltaicos.

4. SOLUÇÃO A IMPLEMENTAR PARA NZEB

Em termos financeiros a implementação de isolamento térmico nas paredes exteriores e cobertura no edifício, não é viável.

No entanto, a não colocação de isolamento térmico na envolvente do edifício, implica que os valores dos coeficientes de transmissão térmica, não tenham os valores mínimos admissíveis, conforme a portaria nº349-D/2013 de 02 de dezembro. Por esse motivo, a proposta contempla essa abordagem.

Abordagem	Poupança Anual [MWh]	Produção Anual [MWh]	Balanço Energético [MWh]	Poupança Anual [KgCO ₂]	Poupança Anual [€]	Investimento [€]	Periodo retorno [anos]
<i>Combinação de todas as abordagens</i>	82,47	---	-66,82	11875,68	11 999,39 €	198 204,20 €	16,5
<i>Produção sistemas fotovoltaicos (PF1+PF2+PF3+PF5)</i>	---	68,46	-66,82	9858,24	9 960,93 €	226 865,00 €	22,8
<i>Produção sistema fotovoltaico existente</i>	---	6,00	1,64	---	---	---	---
Total	82,47	74,46	7,64	21733,92	21960,32 €	425 069,20 €	19,4

Tabela 8 - Solução NZEB edifício ISPGaya.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo a análise da viabilidade técnica e financeira na aplicação do conceito “Net Zero Energy Building” (NZEB) ao edifício ISPGaya, tendo em conta o parque edificado existente em Portugal. O trabalho avalia o impacto de combinações de medidas passivas e de eficiência energética, no consumo energético do edifício. Faz um estudo técnico, financeira e ambiental do um edifício com uma solução NZEB.

As simulações energéticas do edifício, nas diferentes soluções projetadas, foram executadas por um software acreditado para o efeito, DesignBuilder.

Ao avaliar o impacto das várias combinações de medidas passivas e de eficiência energética, no edifício em estudo, constata-se que as medidas de eficiência energética, nomeadamente a substituição de lâmpadas, colocação de sensores e substituição de monitores e unidades de climatização apresentam uma poupança energética de 52,96% em relação ao consumo do edifício atualmente, com um período de retorno de investimento de nove anos e onze meses. Atendendo ao período de vida do edifício, apresenta bons resultados financeiros e ambientais. No entanto, a colocação de isolamento na envolvente, apesar de melhorar a poupança em 2,28% em relação à solução anterior, apresenta maior investimento, cerca de 42,8% mais, e um período de retorno de investimento em dezasseis anos e seis meses.

A produção de energia por sistemas fotovoltaicos, apresentou uma dificuldade acrescida devido ao espaço livre necessário para a colocação dos painéis fotovoltaicos. Para suprir esta dificuldade, teve-se que utilizar as fachadas do edifício, nomeadamente fachada sul, oeste e este. A fachada norte foi descartada devido a apresentar rendimentos de produção de energia medíocres em comparação com as restantes fachadas. No entanto, com a ocupação das fachadas sul, oeste, este e com a cobertura consegue-se produzir energia de 70,09 MWh/ano, mas com um período de retorno de investimento de vinte e cinco anos e onze meses.

Apesar de não existir um consenso generalizado sobre o conceito NZEB, mais concretamente sobre o tipo de consumo a contabilizar e qual o limite estipulado para esses consumos (em kWh/m².ano), todas as definições apontam para a produção de energia renovável cobrir as “baixas” necessidades energéticas do edifício, provenientes de abordagens passivas e sistemas de energia eficientes [2].

Com a solução apresentada, o edifício em estudo poderá vir a ser considerado NET ZERO BUILDING. No entanto existem algumas dificuldades, que vão para além deste trabalho, na quantificação do balanço energético do edifício. O edifício poderá estar ligado à rede elétrica ou isolado da rede elétrica, sendo autónomo. Esta última solução necessita de armazenamento de energia, obrigando o edifício a ter baterias, que para a energia em jogo, torna-se inviável por ocupar muito espaço e ser muito dispendioso. O edifício terá de estar ligado à rede elétrica. Ao longo de um período, um mês ou um ano, o edifício vai oscilar entre ter mais necessidade de consumo, com a produção de energia a não chegar e excesso de produção de energia, podendo libertar para a rede o excedente. O balanço energético terá de ser nulo, num espaço temporal pré definido, depois de ter sido feita essa contabilização [32]. Pless et al. (2010) referem que

alcançar um NZEB sem estar ligado à rede é muito difícil, porque a atual tecnologia de armazenamento de energia é limitado.

Este trabalho é um estudo inicial que pode vir a ser aprofundado, garantindo melhores resultados na aplicação do conceito NZEB. Tendo o ponto anterior em conta, sugerem-se algumas alterações possíveis:

Manter as características do estudo, acrescentando as pontes térmicas;

Maior exploração nas medidas passivas, nomeadamente nos envidraçados e dispositivos de sombreamento exteriores reguláveis;

Impacto no consumo de energia do edifício, com um sistema de gestão centralizado;

Produção de energia através de outra fonte renovável.

Referências Bibliográficas

- [1] Aelenei, L. et al. (2012). *Design issues for net-zero energy buildings*. In: ZEMCH, Glasgow, 20 - 22nd August, 2012.
- [2] Aelenei, D. et al. (2013). *Design strategies for non-residential zero - energy buildings. Lessons learned from Task 40/Annex 52 "Towards Net Zero - Energy Solar Buildings"*. In proceedings of CLIMA2013 Prague.
- [3] Aelenei, D.; Aelenei, L.; Gonçalves, H.(2013). *Edifícios de balanço energético nulo: uma síntese das características principais*. In: Revista Edifícios e Energia, p. 70-74
- [4] BPIE. (2011). *Principles for Nearly Zero Energy Buildings*. Buildings Performance Institute Europe (BPIE).
- [5] Directiva 2006/33/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 5 de Abril. Jornal Oficial da União Europeia. União Europeia.
- [6] DesignBuilder.(2011). *DesignBuilder EnergyPlus Simulation Documentation DesignBuilder v2*. Consultado em 01/2014, disponível em : <http://www.designbuilder.co.uk> .
- [7] Decreto-Lei nº 118/2013 de 20 de Agosto. *Diário da República*, 1ª Série, nº 159.
- [8] Despacho nº 15793-E de 3 de Dezembro de 2013. *Diário da República*, 2ª série, nº234.
- [9] Despacho nº 15793-K/2013 de 3 Dezembro de 2013. *Diário da República*, 2ª série, nº234.
- [10] Despacho nº nº15793-J/2013 de 3 de dezembro de 2013. *Diário da República*, 2ª série, nº234.

- [11] DGEG. (2014). *Energias em Portugal – Principais números*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do território e Energia.
- [12] DGEG. (2014). *Edifícios*. [on-line]. Consultado em 04/2014, disponível em : <http://www.dgeg.pt>
- [13] Energy Star. (2012). *Rotulagem em matéria de eficiência energética para equipamento de escritório*. Directorate-General for Energy, European Commission. Consultado em 05/2014. Disponível em : <http://www.eu-energystar.org/pt/index.html>.
- [14] EPBD. 2002. *Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2002*. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, 1/65-1/71.
- [15] EPBD. (2010). *Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação)*. Estrasburgo, Jornal Oficial das Comunidades Europeias.
- [16] FERREIRA, A. (2012). *Estudo de soluções de otimização para Edifícios de Balanço Energético Nulo*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil – Perfil de Construção, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- [17] Fibrosom. (2014). *Isolamentos térmicos / Acusticos*. Consultado em 05/2014. disponível em : <http://www.fibrosom.com/ficheiros/pdfs/laderocha.pdf>
- [18] Gonçalves, H. (2011). *Em direcção aos edifícios de Balanço energético Zero*. Jornadas de Climatização, Ordem dos Engenheiros.
- [19] Garde, F. et al. (2013). *How to design a Net Zero Energy Building ? Solution sets and case studies : Experience and feedback of the task 40/Annex52*. IEA SHC Task 40/ECB Annex 52.
- [20] Gonçalves, H. (2011). *Edifícios de Balanço Zero*. Laboratório Nacional de Energia e Geologia. Lisboa. Consultado em 25/01/2014.
- [21] IEA. (2013). *Key World Energy Statistics*. França:Soregraph.
- [22] Philips. (2014). OccuSwitch Wireless System. Consultado em 05/2014, disponível em : http://www.lighting.philips.com/pwc/li/main/products/controls/assets/datasheet_osw_sysm.pdf
- [23] Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS).(2014). *Monthly radiation*. Consultado em 05/2014. Disponível em <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>.
- [24] Pless, S., Torcellini P. (2010). *Net-Zero Energy Buildings: A Classification System Based on Renewable Energy Supply Options*. Reporte Técnico. NREL/TP-550-44586. National Renewable Energy Laboratory. EUA. Consultado em 03/2014.
- [25] Ramos, E. (2012, Setembro). Net zero energy buildigs (NZEB) . *Climatização*, 83.
- [26] RCCTE. (2006). *Decreto-Lei nº. 80/2006 de 4 de Abril, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*. Diário da República, 1ª Série-A, nº67.
- [27] RECS. (2013). *Portaria nº. 349-D/2013 de 2 de Dezembro*. Diário da República, 1ª Série, nº233.
- [28] RSECE. (2006). *Decreto-Lei nº. 79/2006 de 4 de Abril, Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios*. Diário da República, 1ª Série-A, nº67.
- [29] Sá, A.(2010). *Guia de aplicação de gestão de energia e eficiência energética*. Porto : Publindústria.

- [30] Santos, P., Carlos, A. e Matias, L. (2006). *ITE 50 - Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios*. LNEC.
- [31] Santos, P. e Rodrigues, R. (2009). *ITE 54 - Coeficientes de transmissão térmica de elementos opacos da envolvente dos edifícios - Soluções construtivas de edifícios antigos. Soluções construtivas das Regiões Autónomas*. LNEC.
- [32] Sartori, I., Napolitano, A. Voss and, K. (2012). *Net Zero Energy Buildings: A consistente definition framework*. Energy and Buildings.
- [33] SCE. (2006). *Decreto-Lei nº 78/2006 de 4 de Abril, Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios*. Diário da República, 1ª Série-A, 2411.
- [34] Soares, F. (2011). *Energias Renováveis, Ambiente e Sustentabilidade Aula T3 e T4 – Energia solar fotovoltaica (Parte II)*. ISPGAYA
- [35] Topten International Group. (2014). Topten.eu Best Products of Europe. Consultado em 05/2014. Disponível em <http://www.topten.eu>.
- [36] Torcellini, P., Pless, S. and Deru, M. (2006). *Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition*. National Renewable Energy Laboratory (NREL).