

CONVERSÃO DE EDIFÍCIOS EXISTENTES EM NZEB ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS, DE MICRO-REDES E DE SOLUÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

**Estanqueiro A.*, Joyce A.*, Aelenei L.*, Facão J.,
Rodrigues C.*, Loureiro D., Teixeira J., Correia J., Ramalho A.*, Camelo S.*
Santos Silva C.** e Costa Neto R.****

* LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia Estrada do Paço do Lumiar, 1649 - 038 Lisboa,
PORTUGAL, Edifício C, ana.estanqueiro@lneg.pt

** IST – Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Mecânica, Avenida Rovisco Pais 1049 - 001,
Lisboa, Portugal, carlos.santos.silva@tecnico.ulisboa.pt

<https://doi.org/10.34637/cies.2020.2.1117>

RESUMO

O Projeto IMPROVEMENT “Integration of combined cooling, heating and power microgrids in zero-energy public buildings under high power quality and continuity of service requirements” é um projeto financiado pelo Programa INTERREG SUDOE, de cariz marcadamente multidisciplinar e que reúne competências da área de integração e modelação de sistemas energéticos, da gestão de energia em edifícios, de energias renováveis, micro-redes inteligentes e sistemas de monitorização e gestão de consumo. Tem ainda como objetivo geral renovar edifícios públicos existentes, convertendo-os em edifícios com necessidades de energia quase nulas (NZEB), e para tal integra micro-redes com fontes renováveis e geração combinada de calor, frio, eletricidade, equipadas com sistemas de armazenamento.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de Energia em Edifícios, Micro-redes, Integração Energética, trigerção, NZEB

ABSTRACT

IMPROVEMENT Project “Integration of combined cooling, heating and power microgrids in zero-energy public buildings under high power quality and continuity of service requirements” is a project financed by the INTERREG SUDOE Program, with a strong multidisciplinary character combining skills in integration and modeling of energy systems, energy management in buildings, renewable energy, smart micro-grids and energy consumption monitoring and management systems. It also has as a general objective to renovate existing public buildings, converting them into buildings with almost zero energy needs (NZEB), and for this purpose it integrates micro-grids with renewable sources and combined cold, heat and power generation (CCHP) , equipped with storage systems.

KEYWORDS: Energy Management in Buildings, Smart micro-grids, Energy systems integration; trigeneration, NZEB

INTRODUÇÃO

Contribuir decididamente para a promoção da eficiência energética, da integração das energias renováveis e da mitigação dos efeitos das alterações climáticas, são as metas prioritárias estabelecidas pela União Europeia para o programa Horizonte (EU 2018/1999) 2030 e instituídos no Pacto Ecológico Europeu 2050 (EU 2019/640), para se alcançar as metas de 32% para as energias renováveis e de 32,5% para a eficiência energética. Dos Planos Europeus de Energia e Clima fazem parte as medidas de cada Estado-Membro (em Portugal, através do PNEC 2030) especificamente dirigidas para a reabilitação urbana, para a promoção da eficiência energética nos edifícios e para a integração das energias renováveis como estratégia de redução da dependência de combustíveis fósseis o alinhamento da economia nacional com uma trajetória de neutralidade carbónica.

O projeto IMPROVEMENT está perfeitamente alinhado com os objetivos Europeus definidos pelos planos nacionais de Energia e Clima, ao aplicar e validar novas abordagens para a renovação de edifícios públicos na região abrangida pelo programa Interreg SUDOE. As atividades deste projeto estão centradas na investigação e desenvolvimento de soluções tecnológicas que sejam económica, energética e ambientalmente sustentáveis para a conversão de edifícios (de serviços) existentes em edifícios de elevada eficiência energética, tendencialmente nZEB recorrendo a microredes e sistemas activos de gestão energética (consumo, produção local e armazenamento).

O edifício público selecionado pelo LNEG e pelo IST para constituir a unidade piloto e o estudo de caso português situa-se em Lisboa e foi construído na década de 1980 no "Campus do Lumiar", sendo identificado internamente como "Edifício C".

O Projeto IMPROVEMENT tem como principais objetivos;

- Melhorar a eficiência energética nos edifícios públicos, através de um sistema de geração de aquecimento e arrefecimento solar, e integração de técnicas ativas/passivas em edifícios com necessidades de energia quase nulas (NZEB);
- Assegurar um controlo de potência para micro-redes/sistemas isolados resistentes a falhas, segundo critérios de design de alta qualidade;
- Projetar um sistema de gestão de energia para micro-redes a partir de fontes renováveis (micro-eólica e PV) com um sistema híbrido de armazenamento de energia segundo critérios de degradação mínima, máxima eficiência e prioridade no uso de energias renováveis.

O piloto nacional está a ser desenvolvido e operacionalizado pelas equipas dos parceiros portugueses deste projeto, do IST e do LNEG, será alojado em instalações do LNEG no sentido de testar, validar e demonstrar um sistema de gestão para micro-redes de energia renovável com geração combinada de calor, frio, eletricidade e sistemas de armazenamento.

PROJECTO IMPROVEMENT: CARACTERIZAÇÃO DO CASO DE ESTUDO PORTUGUÊS

O edifício público selecionado foi construído na década de 1980 no "Campus do Lumiar" e identificado internamente como "Edifício C", (Figura1).

Assim, numa primeira fase, preconiza-se reduzir as necessidades energéticas, avaliando se a integração de soluções passivas e a implementação de medidas de eficiência energética que conduzam a uma redução no uso de energia, aumento no conforto térmico por suavização flutuações da temperatura externa ao longo do dia e uma redução e /ou alteração no pico de carga.

Entre as medidas analisadas destacam-se ao nível da envolvente opaca, vãos envidraçados, estratégias de ventilação e sombreamento solar e ainda a utilização de Materiais de Mudança de Fase (PCM) aplicados em dois escritórios (Figura 3 a 5), por forma a armazenar ganhos passivos de energia solar e outros ganhos como calor latente, dentro de uma faixa de temperatura específica.

Ao nível dos sistemas ativos pretende-se instalar um sistema de trigeração com fontes renováveis: micro-eólica, solar térmica, e solar fotovoltaica (sistemas PV e PV-T)) assistido por uma bomba de calor, com armazenamento de energia sob a forma de calor e em baterias eletroquímicas. A substituição do sistema de iluminação artificial existente (que data da concepção/construção dos edifícios, i.e. início dos anos oitenta do século passado) por um de elevada eficiência também se encontra prevista.

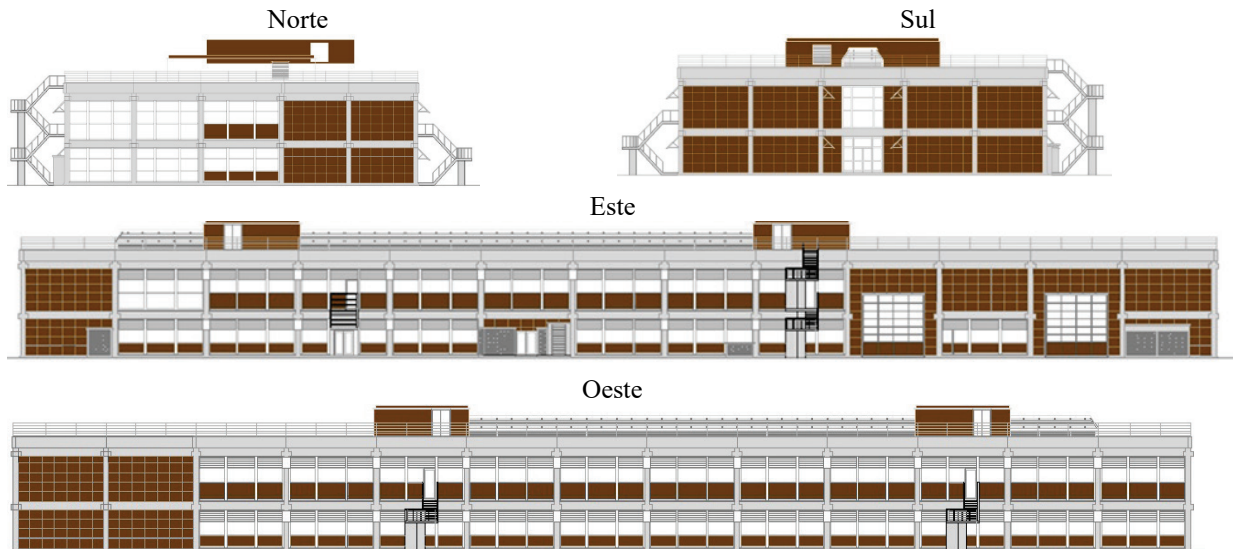


Fig. 1. “Edifício C”- fachadas.

As atividades de investigação passam pelo estudo e adoção de soluções que possam transformar a área piloto do edifício de serviços assinalada na Figura 2, num espaço com necessidades de energia quase nulas (NZEB).

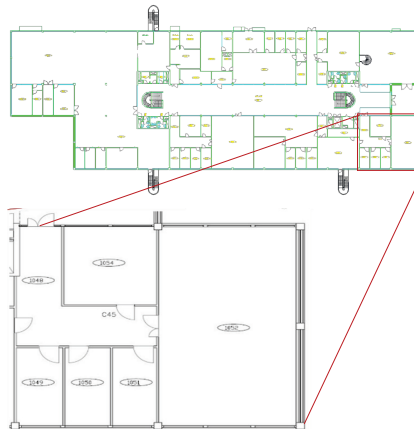


Fig. 2. Planta do piso 0 do “Edifício C”, com identificação da área a converter em NZEB, no âmbito do caso de estudo português.

Caracterização da Envolvente do Edifício

A caracterização térmica da envolvente do edifício, Tabela 1 e Tabela 2, baseou-se na legislação nacional referente aos edifícios e no documento técnico (Pina dos Santos e Matias, 2006).

Tabela 1. Envolvente opaca exterior- coeficientes transmissão térmica (W/m² °C)

Parede leve constituída por painéis exteriores e interiores em contraplacado de 8 mm, isolada com 50mm lâ mineral	0,65
Parede dupla de tijolo, pano exterior de 0,11 m e pano interior de 0,07 m e 50 mm de lâ mineral	0,53
Cobertura com laje de betão maciça (0,15 m), isolada exteriormente com XPS de 40 mm de espessura e revestida externamente com lajetas de betão de 35 mm, teto falso com uma espessura de 100 mm e	0,70

Tabela 2. Vãos envidraçados - propriedades

Vidro duplo incolor 4 mm + 4 mm	3,3 W/m ² K
Fator solar do vidro	0,78
Fator solar com dispositivos de sombreamento	0,073



Fig. 3. Dispositivos de sombreamento existentes



Fig.4. Parede para aplicar Materiais de Mudança de Fase (PCM).

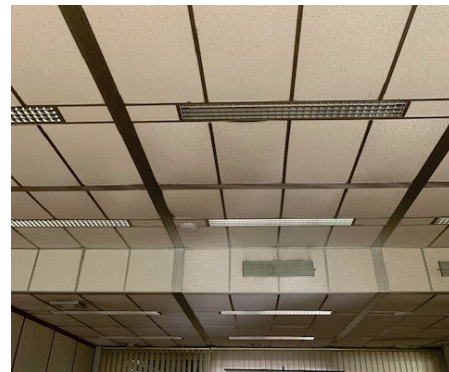


Fig. 5. Iluminação fluorescentes de primeira geração a ser substituída por LEDs.

No estudo do caso piloto, será utilizado o Programa de simulação dinâmica Energy Plus para validar as opções que vierem a ser preconizadas. Para tal, será construído um modelo representativo da situação de base, Edifício de Referência, com base na arquitetura e soluções construtivas do edifício, padrões de utilização e ocupação, potência instalada em sistemas de iluminação bem como características dos equipamentos existentes.

O Edifício de Referência será calibrado em termos do consumo anual de energia, após o que será possível proceder a uma avaliação do impacto e análise de sensibilidade das alterações de cada componente no desempenho energético do caso de estudo.

A INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS ENERGÉTICOS

Principais Componentes do Sistema Energético Integrado

O sistema de trigeriação renovável a implementar é composto em termos de produção de eletricidade por módulos fotovoltaicos (4,6 kW), coletores híbridos PV-T (0,7 kW) e uma pequena turbina eólica urbana (TURBan 2,5 kW). Cada um dos sistemas de energia será instalado na cobertura do edifício e ligado à rede de c.a. através de um inversor comutado pela rede adaptado à fonte de energia respetiva. A gestão do balanço de energia elétrica entre a geração variável (eólica e fotovoltaica), o armazenamento no banco de baterias com a tensão nominal de 48 V e uma capacidade de armazenamento C100 de 660 Ah e as necessidades de consumo, será implementada através de um inversor bidirecional de 4,2 kW. O sistema de produção de energia do piloto PT é mostrado na Figura 6.

O sistema de trigeriação renovável também inclui dois coletores híbridos PV-T (3 m²), armazenamento térmico de água quente sanitária (depósito 200 L), dois coletores solares térmicos planos (4 m²), acoplados a armazenamento térmico de água quente (depósito 300 L) e uma bomba de calor ar / água de 2,4 kW acoplada a um depósito de inércia de água 1000 L que permitem fazer o aquecimento ou arrefecimento do ambiente através de ventiloconvectores, nas zonas do edifício a climatizar. No período de inverno a energia solar captada, permite fazer o pré-aquecimento do fluido do depósito de inercia complementado na zona superior pela bomba de calor. O sistema térmico do piloto da PT é mostrado na Figura 7.

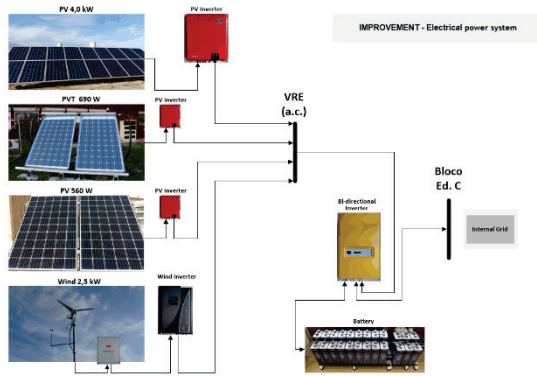


Fig. 6. Piloto PT - Sistema elétrico.

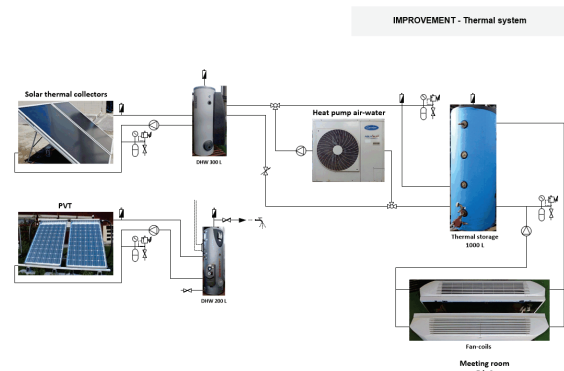


Fig.7. Piloto PT -Sistema térmico.

Funcionamento dos sistemas térmico e eléctrico

O sistema térmico deve estar bem interconectado e harmonizado com o sistema elétrico. Como o sistema térmico consiste numa bomba de calor, coletores solares térmicos e armazenamento térmico, os períodos de operação da bomba de calor são uma função da produção de eletricidade renovável disponível (PV e eólica), da carga térmica do edifício e do volume do armazenamento.

O sistema térmico em estudo é mostrado na Figura 7. Consiste numa bomba de calor, uma unidade de armazenamento térmico, sistema solar térmico de AQS com coletores planos e coletores híbridos de PVT e ventiloconvectores para fornecer aquecimento e arrefecimento ambiente. O sistema fotovoltaico e a turbina eólica geram eletricidade que pode ser consumida pela bomba de calor e por outros equipamentos elétricos do edifício ou armazenada nas baterias.

A implementação de bombas de calor com armazenamento de energia térmica parece ser uma solução promissora para atender ao aumento da procura de aquecimento e arrefecimento ambiente, além de promover uma rede de energia eficiente e de baixo carbono. Além disso, as tecnologias inteligentes oferecem a possibilidade de otimizar a programação das bombas de calor juntamente com o armazenamento de energia térmica.

Sistemas de gestão integrada dos sistemas térmico e eléctrico

Atualmente, existem muitas abordagens diferentes na literatura relacionadas com a gestão otimizada da energia em sistemas residenciais e de pequenos escritórios. Entre elas, as estratégias de controlo heurístico oferecem o método mais simples de gerir sistemas de energia. Os algoritmos baseados em heurística baseiam-se em regras simples que resultam do conhecimento empírico e que permitem resolver problemas discretos ou contínuos detalhados usando baixos recursos computacionais. Eles não podem garantir a otimização, mas podem gerar soluções razoavelmente próximas do ideal global. Sánchez et al. [4] desenvolveram um novo algoritmo de controle heurístico (HCA) para otimizar a gestão da bomba de calor com muito pouco esforço computacional, aprimorando o autoconsumo fotovoltaico e minimizando os custos operacionais de uma casa unifamiliar suíça típica equipada com uma variável de 1 kW AWHP de elevada velocidade, uma unidade de armazenamento DHW de 600 L e um sistema fotovoltaico de 3 kW. Os consumos para esse problema de otimização resultaram de previsões meteorológicas exatas, padrões de consumo das famílias, preços da eletricidade e um limite de alimentação.

No caso do piloto português, a estratégia de controlo da bomba de calor dependerá da geração de energia fotovoltaica e eólica, dentro da perspectiva da Gestão da Resposta à Procura. Diferentes pontos de ajuste no armazenamento térmico podem ser adotados dependendo da hora do dia e da disponibilidade de eletricidade proveniente de fontes renováveis. No inverno, a temperatura do ponto de ajuste de armazenamento térmico pode ser mais alta durante o dia, aumentando a inércia térmica disponível e forçando a bomba de calor a operar quando temos eletricidade renovável e durante a noite a bomba de calor é desligada. A estratégia de controle também deve depender da previsão do tempo, mas sempre garantindo um bom nível de conforto.

Para conceber e projetar o sistema de gestão de energia (térmico e eléctrico) para este estudo de caso, o LNEG e o IST iniciaram a caracterização da situação real do edifício, a identificação dos sensores / transdutores a serem instalados, bem como a especificação das características do sistema de monitorização a ser adquirido para atingir os objetivos do projeto.

MODELAÇÃO E SIMULAÇÃO

De forma a desenvolver os algoritmos de gestão de energia, estão a ser desenvolvidos dois tipos de modelos:

- Modelo térmico da zona correspondente ao caso de estudo em EnergyPlus
- Modelo dos sistemas elétricos e térmicos em Simulink/Matlab.

Modelo térmico do caso piloto em EnergyPlus

O modelo térmico do caso de estudo desenvolvido em EnergyPlus servirá como modelo de referência e calibração para os modelos desenvolvidos em Simulink para gestão e controlo. Este modelo considera 6 zonas térmicas distintas, correspondentes à sala de reuniões, escritório maior, 3 escritórios mais pequenos e corredor, com diferentes requisitos de conforto, horários de funcionamento e equipamentos.

Está a decorrer uma campanha de monitorização dos parâmetros de conforto ambiente (temperatura, humidade relativa e concentração de CO₂) que servirão para calibrar o modelo de EnergyPlus.

Modelo dos sistemas térmico e elétrico do caso piloto em Simulink/Matlab

Em paralelo, está a ser desenvolvido um modelo em Simulink/Matlab, que inclui três-subsistemas: O sistema elétrico descrito na Figura 6, o sistema térmico descrito na Figura 7 e o modelo térmico do caso piloto. Este modelo, que implementa um modelo do tipo 5R1C do caso de estudo, será validado e calibrado utilizando como referência o sistema de EnergyPlus, e servirá para implementar estratégias de controlo baseadas em modelo numa fase inicial, podendo ser substituído pelo próprio modelo de EnergyPlus numa fase posterior.

A Figura 8 representa o modelo do sistema térmico integrado com o sistema térmico da zona piloto. Inclui um modelo de um sistema solar térmico convencional com sistema de armazenamento e sistema de apoio (convencional ou com bomba de calor) baseado no modelo apresentado em [6] e um modelo 5R1C (de acordo com a norma EN ISO 13790) da zona piloto baseado em [7]. O modelo incluiu ainda um modelo referente ao sistema de distribuição de climatização (tubagens de água, permutador e ventilador) e um elemento de controlo.

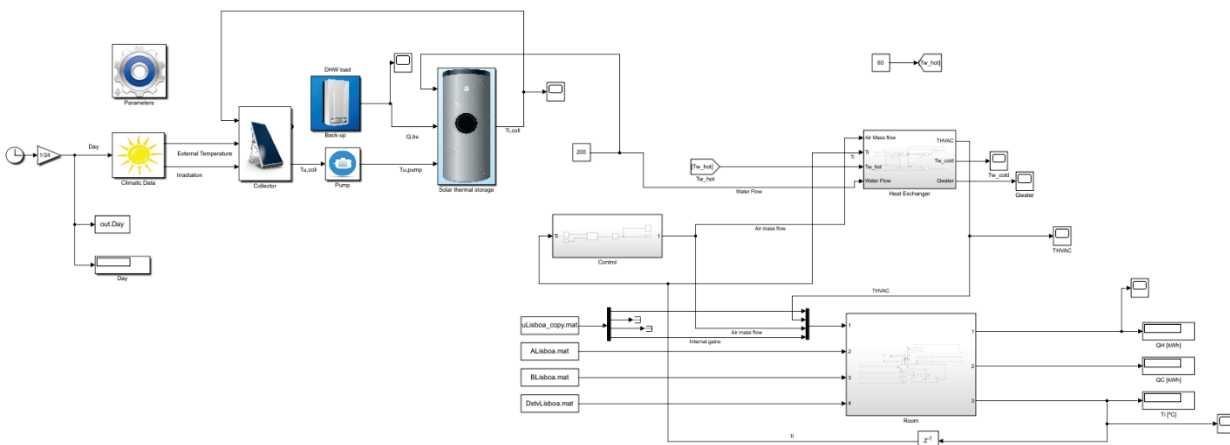


Fig. 8. Modelo de gestão do sistema térmico integrado com a zona piloto.

Este modelo em Simulink/Matlab, permite testar diferentes estratégias de controlo do sistema: controlo PID que representa o nível de controlo actual, algoritmos baseados em heurísticas, algoritmos baseados em modelos preditivos ou ainda estratégias de gestão mais avançadas.

MONITORIZAÇÃO E GESTÃO DO SISTEMA ENERGÉTICO

A equipa identificou as quantidades a serem monitoradas no espaço do edifício C (representado nas Figuras 1 a 5) e os sistemas térmicos e de energia elétrica associados durante a campanha experimental do projeto IMProvement. Uma lista exaustiva de quantidades a serem monitoradas já foi especificada e as descritas da Tabela 3 à Tabela 5.

Tabela 3. Grandezas a monitorizar (Edifício/conforto)

Numero de sensores	Grandeza medida	Unidade	Tipo de sensor	Sinal de saída	Localização
1	Temperatura do ar exterior	°C	PT100	Corrente/Tens	Edifício C
1	Humidade relativa	%	Higrómetro	Tensão	Edifício C
1	Velocidade do vento	m/s	Anemómetro	Tensão	Edifício C
1	Direção do vento	°	Catavento	Tensão	Edifício C
1	Irradiância solar global na horizontal	Wm ⁻²	Piranómetro	Tensão	Edifício C
2	Irradiância solar global no plano vertical da fachada	Wm ⁻²	Piranómetro	Tensão	Edifício C
3	Iluminância no plano vertical no interior	lx	Luxímetro	Tensão	Edifício C
8	Temperatura do ar interior (um em cada sala)	°C	PT100	Corrente/Tens	Edifício C
12	Temperatura de superfície das paredes exteriores	°C	PT100	Corrente/Tens	Edifício C
3	Humidade relativa interior	%	Higrómetro	Tensão	Edifício C
1	Fluxo de calor conductivo envidraçado	Wm ⁻²	Fluxímetro	Tensão	Edifício C
1	Fluxo de calor conductivo parede exterior	Wm ⁻²	Fluxímetro	Tensão	Edifício C

Tabela 4. Grandezas a monitorizar /número de sensores (sistema térmico)

Numero de sensores	Grandeza medida	Unidade	Tipo de sensor	Sinal de saída	Intervalo de amostragem	Intervalo de aquisição	Localização
1	Temperatura entrada PVT	°C	PT100	corrente/tensão	5	10	PVT
1	Temperatura de saída PVT	°C	PT100	corrente/tensão	10	10	PVT
1	Medidor caudal PVT	m ³ /h	caudalímetro	corrente/tensão	10	10	PVT
1	Temperatura entrada colectores	°C	PT100	corrente/tensão	10	10	Colectores solares
1	Temperatura de saída colectores	°C	PT100	corrente/tensão	10	10	Colectores solares
1	Medidor caudal colectores	m ³ /h	caudalímetro	corrente/tensão	10	10	Colectores solares
1	Temperatura entrada DHW 300L	°C	PT100	corrente/tensão	10	10	DHW 300L Entrada rede
1	Temperatura de saída DHW 300L	°C	PT100	corrente/tensão	10	10	DHW 300L topo
1	Temperatura entrada DHW 200L	°C	PT100	corrente/tensão	10	10	Entrada rede
1	Temperatura de saída DHW 200L	°C	PT100	corrente/tensão	10	10	Saída (Consumo)
1	Consumo energia DHW200L c.a	Wh	Contador	digital	10	10	Alimentação c.a.
1	Medidor caudal consumo AGS	m ³ /h	caudalímetro	corrente/tensão	10	10	Saída (Consumo AGS)
1	Temperatura topo TS 1000L	°C	PT100	corrente/tensão	10	10	circuito aquec./arrefec.
1	Temperatura fundo TS 1000L	°C	PT100	corrente/tensão	10	10	circuito aquec./arrefec.
5	Medidor caudal circuito ventiloincovectores	m ³ /h	caudalímetro	corrente/tensão	10	10	Saída (Consumo)
5	Temperatura ventiloincovecotor entrada	°C	PT100	corrente/tensão	10	10	Ventiloincovecotor entrada
5	Temperatura ventiloincovecotor saída	°C	PT100	corrente/tensão	10	10	Ventiloincovecotor saída
1	Temperatura entrada Bomba calor	°C	PT100	corrente/tensão	10	10	Entrada rede
1	Temperatura de saída Bomba calor	°C	PT100	corrente/tensão	10	10	Saída (Consumo)
1	Consumo energia c.a. Bomba calor	Wh	Contador	digital	10	10	Alimentação c.a.
1	Irradiação incidente nos colectores solares	W/m ²	Piranómetro	Tensão	10	10	Colectores solares

Tabela 5. Grandezas a monitorizar /número de sensores (sistema eléctrico)*

Numero de sensores	Grandeza medida	Unidade	Tipo de sensor	Sinal de saída	Intervalo de amostragem	Intervalo de aquisição	Localização
1	PV1 Corrente	A	Shunt	mV	5	10	Circuito do PV
1	PV1 tensão	V	Volímetro	V	10	10	Circuito do PV
1	PV1 Potência	W	Wattímetro	mV	10	10	Circuito do PV
1	PV1 Produção energia c.a.	Wh	Contador	impulsos	10	10	Saída Inversor
1	PVT Corrente	A	Shunt	mV	10	10	Circuito PVT
1	PVT tensão	V	Volímetro	V	10	10	Circuito PVT
1	PVT Potência	W	Wattímetro	mV	10	10	Circuito do PV
1	PVT Produção energia c.a.	Wh	Contador	impulsos	10	10	Saída Inversor
1	WT Corrente	A	Shunt	mV			
1	WT tensão	V	Volímetro	V			
1	WT Potência	W	Wattímetro	mV			
1	WT Produção energia c.a.	Wh	Contador	impulsos	10	10	Saída Inversor
1	Velocidade do vento	m/s	Anemómetro	Tensão	1	10	Edifício C
1	Direção do vento	°	Catavento	Tensão	1	10	Edifício C
1	Irradiância solar plano dos módulos	Wm ⁻²	Piranómetro	Tensão	10	10	Edifício C
1	Temperatura dos módulos PV	°C	PT100	Resistência	10	10	Módulos
1	Bateria Corrente in/out	A	Shunt	mV	10	10	Circuito Bat.
1	Bateria tensão	V	Volímetro	V	10	10	Circuito Bat.
1	Energia armazenamento para rede c.a.	Wh	Contador	impulsos		10	Inverter BD to grid
1	Energia da rede c.a. para armazenamento	Wh	Contador	impulsos		10	grid to Inverter BD

*the power quality of the circuit serving the building sensitive loads (electronic microscope and cluster of computers) will be achieved using different equipment, e.g. a power analyzer.

Como contribuição para o grupo de tarefas 1 a 3 do projeto IMPROVEMENT, houve a necessidade de avaliar e caracterizar os diversos espaços contidos na área piloto, conhecer o seu comportamento térmico, e adaptar as melhores soluções possíveis, quer ao nível estrutural de conforto, quer ao nível da optimização de consumos de energia.

Houve uma especial preocupação em monitorizar distintos locais na sala de maior área, uma vez que esta é frequentemente utilizada em reuniões. Verifica-se que a área em análise é dependente das condições atmosféricas exteriores, devido às soluções construtivas e ao nível de isolamento térmico estrutural. Acresce que a instalação de iluminação é pouco eficiente, com luminárias de elevado consumo energético e, elevada dissipação de calor.

A Figura 9 mostra a localização dos sensores no caso de estudo Português.

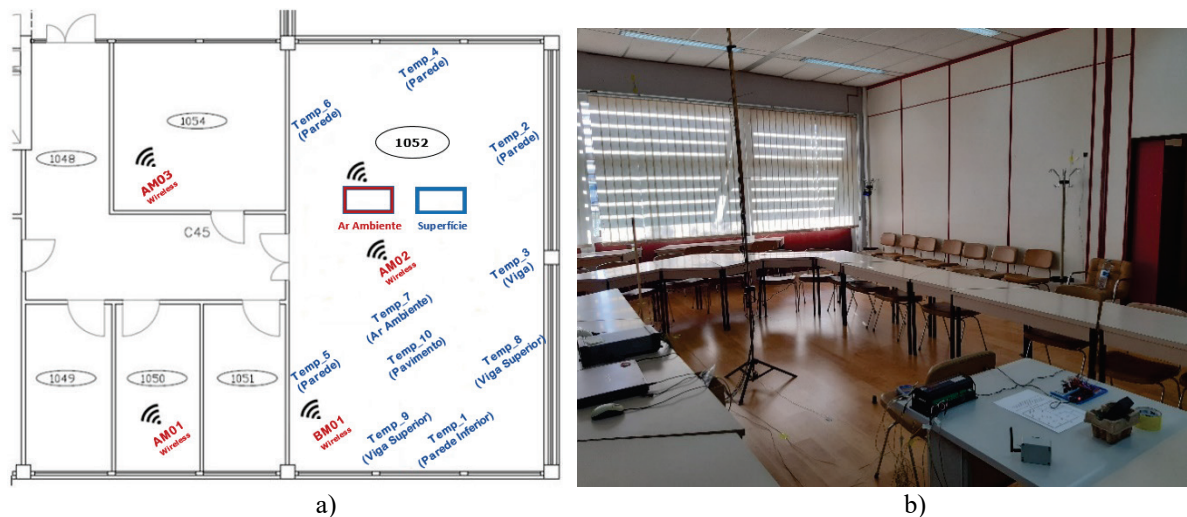


Fig. 9. – a) Localização dos pontos de medida pelas duas soluções descritas. b) Instrumentação na sala de reuniões da área piloto.

Foram desenvolvidas duas soluções de monitorização dedicadas, para medição de superfícies e ar ambiente. Na monitorização das diversas superfícies, a opção foi para um sistema multiponto baseado numa unidade *data logger*, para registo de temperaturas em dez pontos identificados como mais relevantes. Em relação ao ar ambiente, quer em termos de conforto, quer em termos da sua qualidade, a opção recaiu no desenvolvimento de uma rede de módulos *wireless*. Esta rede inclui um conjunto de módulos sensoriais de baixo custo, autoalimentados e de fácil instalação.

Esta topologia apresenta-se como “*Plug and Play*”, isto é, sempre que surge a necessidade de adição de novos módulos, estes são identificados de forma automática por uma unidade central, passando a fazer parte do conjunto, e desta forma teremos novas medidas em novos pontos sempre que necessário. Toda a comunicação é feita a 2,4 GHz, em modulação GFSK. A unidade central será quem recebe, guarda e mostra em display TFT, todos os dados enviados pelos diversos módulos sensores que se encontrem ativos.

Os dois gráficos da Fig. 10 descrevem um exemplo da monitorização na área piloto num dia típico de verão em que no primeiro gráfico é mostrada as temperaturas das paredes da envolvente na sala de reuniões em comparação com o ar exterior. No segundo gráfico apresenta-se a evolução da temperatura e humidade relativa do ar para todas as salas da área piloto.

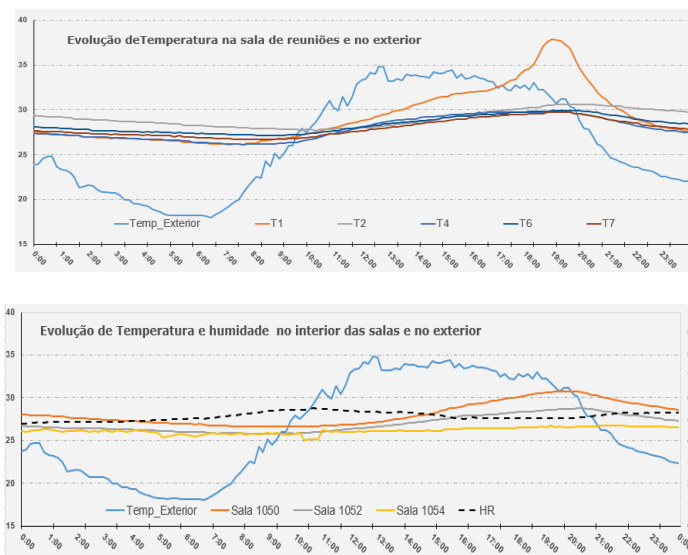


Fig.10. – Exemplo do registo (preliminar) de temperaturas nos espaços em monitorização.

Tal como referido o Edifício C dispõe de meios próprios para a produção de energia elétrica através de fontes renováveis, eólica, fotovoltaica e de armazenamento em banco de baterias, e toda a energia produzida é fornecida à rede elétrica do Campus do Lumiar.

Para a medição da produção de cada uma das fontes, foi desenvolvida uma segunda infraestrutura wireless semelhante á utilizada na área piloto. Existe igualmente um nó central, que recebe as medidas em modo monofásico de tensão, corrente e potência produzidas por cada uma das fontes. Foi adicionada uma unidade Wi-Fi para o envio dos dados para uma “*Cloud*” desenvolvida no LNEG. A figura 11 mostra o layout da solução usada para medida de potência produzida pelas diversas fontes em funcionamento.

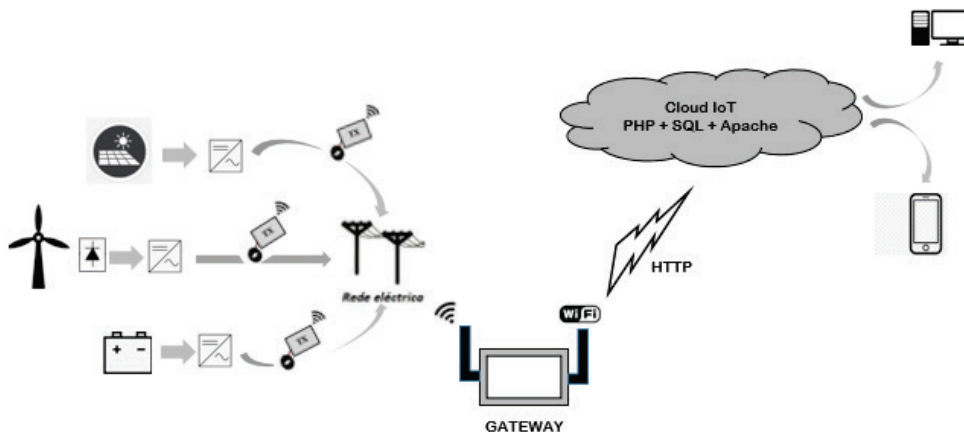


Fig.11. - Arquitetura da rede se sensores

Para monitorização e avaliação das condições atmosféricas exteriores está instalada na cobertura do edifício uma estação meteorológica do LNEG responsável por registar diversas grandezas físicas como temperatura, humidade relativa, velocidade e direcção do vento, pluviosidade e radiação global no plano horizontal.

SÍNTESE

Apresentaram-se neste artigo os objetivos do projeto IMProvement, um projeto financiado pelo programa Interreg SUDOE, numa linha de acção que visa o aumento da eficiência energética de edifícios ao serviço da administração pública e, quando possível, a sua conversão em nZEB recorrendo a metodologias do domínio da otimização do uso e energia em edifícios, do aproveitamento local de recursos renováveis, seu armazenamento e gestão interna. Estes objetivos, serão aplicados experimentalmente ao caso de estudo português - um projeto piloto partilhado pelos participantes nacionais neste projecto, o LNEG e o IST - que se localiza no Edifício C do LNEG no Campos do Lumiar.

Foram elencadas as intervenções a efectuar no edifício, bem como os equipamentos (térmicos, eléctricos e de monitorização) cuja instalação está prevista, bem como as grandezas a caracterizar e respectivos pontos de medida. As actividades futuras do projeto IMProvement - que se encontra na sua fase inicial e tem uma duração prevista de três anos - passam por levar a cabo estudos de modelação e simulação das trocas de energia nos espaços que constituem o “piloto português”, concretizar a instalação dos equipamentos térmicos e eléctricos apresentados, monitorizar os dados de consumo e produção energéticos e o melhoramento da eficiência do uso de energia no caso de estudo, bem como desenvolver recomendações de reconversão de edifícios existentes em edifícios nZEB.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se o financiamento do Programa INTERREG SUDOE através de fundos da política regional europeia: o Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) no âmbito do projeto IMProvement – *Integration of combined cooling, heating and power microgrids in zero-energy public buildings under high power quality and continuity of service requirements*.

REFERÊNCIAS

Aelenei, L., Lollini, R., Gonçalves, H., Aelenei, D., Noguchi, M., Donn, M., Garde, F. (2011), Passive Cooling Approaches in Net Zero Energy Solar Buildings: Lessons Learned from Demonstration. Proceedings of CISBAT 2011, CISBAT 2011 Conference, Lausanne

Bonifácio, P., S. Viana, L. Rodrigues e A. Estanqueiro. Projecto REIVE - Relatório da Tarefa 3. Teste e Optimização de Ferramentas de Análise da Qualidade de Energia e Distorção Harmónica. Quantificação dos Impactos da Integração de Microgeração e Veículos Eléctricos num caso Concreto de Rede de Distribuição de BT. LNEG, Abril de 2012, pp43

Estanqueiro, A.I., J. O. Tande and J. A. P. Lopes, "Assessment of Power Quality Characteristics of Wind Farms," 2007 IEEE Power Engineering Society General Meeting, Tampa, FL, 2007, pp. 1-4. DOI: 10.1109/PES.2007.385990

Pina dos Santos C.A. e Matias L. (2006) Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios, Versão actualizada ITE 50, LNEG Portuguese

Thermal Building Legislation - Decree-Law nº118/2013 and amendments.

Sánchez, C.; Bloch, L.; Holweger, J.; Ballif, C.; Wyrsh, N. Optimised Heat Pump Management for Increasing Photovoltaic Penetration into the Electricity Grid. Energies 2019, 12, 1571.

(European Union) National energy and climate plans (NECPs), available from https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/national-energy-climate-plans_en#final-necps (last assessed 11.09.2020)

Portugal National Energy and Climate Plan 2021-2030 (NECP 2030, *PNEC 2030 in Port.*). Available at https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/pt_final_necp_main_en.pdf (last assessed 11.09.2020)