

Cogeração num Bloco Habitacional

Trabalho de Projeto para a obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Eletromecânica

Autor

Carlos Eduardo Antunes Branco Moita

Orientador

Prof. Adjunto António Manuel de Morais Grade

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Coimbra, abril, 2016

Agradecimentos

Quero agradecer em primeiro lugar aos meus Pais e à minha Irmã, pelo exemplo que se têm tornado, pelo apoio dado e pelo incentivo nas escolhas que tenho tomado;

Ao Duarte e à Maria, pelas horas de aprendizagem mútua, e por terem despertado novos horizontes na minha vida;

Um agradecimento especial ao Professor António Grade, pelo apoio prestado na elaboração deste estudo;

Agradeço ainda aos vários professores com quem tive a oportunidade de ter aulas ao longo da minha vida académica, assim como aos colegas com quem me fui cruzando no meu percurso profissional e académico, pois também eles fizeram de mim uma parte do que sou hoje.

RESUMO

A produção de energia tem sido, desde sempre, um dos principais desafios da engenharia e, fruto da abrangência das várias disciplinas, possibilidades produtivas e meios envolvidos, uma tarefa que assume bem o princípio da melhoria contínua, traduzida em eficiência energética. Sendo a questão da eficiência contudo algo volátil, de acordo com as necessidades contemporâneas, políticas adotadas e eventualmente algumas “modas”, a estratégia delineada para a forma de obter essa eficiência tem sido alterada ao longo dos tempos, tornando sistemas que foram considerados desadequados no passado, como a produção descentralizada de energia eléctrica sugerida por Thomas Edison há mais de um século, hipóteses válidas hoje, e possíveis alternativas para o futuro.

Assumindo uma visão de pensamento local para o edifício como um todo, mas global para os condóminos desse edifício, e tendo em conta que eficiência é obter os mesmos resultados com a minimização de meios envolvidos, com o menor custo e no menor tempo, foi colocada a hipótese de aplicação de uma unidade de Cogeração num Bloco Habitacional. No que concerne aos apartamentos de um edifício desta tipologia, existem necessidades térmicas regulamentadas, sendo que existindo também necessidades térmicas específicas, o conceito e a forma de obtenção de Energia Térmica tidas como convencional até então podem sofrer alterações. Tendo em conta ainda que, transversalmente aos condóminos existe uma zona de uso comum com necessidades eléctricas e que se afigura como um despesa repartida por todos, cujo objectivo será certamente minimizar, a utilização do equipamento previsto para obtenção de energia térmica assumiria a produção de Energia Eléctrica para injeção na RESP, permitindo a obtenção de uma remuneração adicional.

ABSTRACT

Energy production has been always been one of the main engineering challenges. The multiple disciplines, productive possibilities and means involved in this process show clearly the continuous improvement principle, which lead into energy efficiency. Although efficiency could be a volatile concept, according to the needs, adopted policies and possibly some "fashions" of a certain era, the strategy taken towards efficiency has been changed over time, making systems that were considered inappropriate in past as decentralized electrical production, suggested by Thomas Edison more than a century ago, concepts valid today, and possible alternatives for the future.

Considering a building as an independent system, but being a cluster for the co-owners of this building, and assuming that efficiency is to get the same results with the less inputs, with the lowest cost and in the shortest time, it was planned to install a Micro Combined Heat and Power unit in a Residential Building. As the apartments of this building have regulated heating requirements, and also have specific thermal needs, the concept and way of obtaining Thermal Energy regarded as conventional may change. Otherwise the apartment owners have a common use area with specific electrical needs and as this is an expense shared by all, a MCHP unit will certainly minimize this expense by selling the produced electricity to a commercial supplier.

ÍNDICE

1. Introdução	1
2. Enquadramento Legal e Legislação Aplicável	3
3. Tecnologia de Sistemas de Micro Cogeração Habitacional	5
3.1. Motor de Combustão Interna	5
3.2. Micro-Turbinas	6
3.3. Sistemas com Ciclo/Motor <i>Stirling</i>	7
3.3. Sistemas com Células de Combustível	9
4. Sistema de Micro Cogeração	11
5. <i>Software CYPE</i>	13
6. Caso em Estudo	14
6.1. Considerações Iniciais	14
6.2. Redes Hidráulicas	16
6.3. Zona Técnica	19
6.4. Ligações Elétricas	20
6.5. Contagem de Energia	21
7. Necessidades Térmicas	23
8. Análise Económica	26
8.1. Custos Operacionais utilizando Equipamento Convencional	26
8.2. Custos Operacionais Relativos a MCHP	26
8.3. Produção de Energia Elétrica através de MCHP	27
8.4. Quadros Comparativos	29
9. Conclusão	34
10. Referências Bibliográficas	35
11. Anexos	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Eficiência Energética promovida com o uso de Micro Cogeração.....	1
Figura 2. Vista de “raio-X” de um equipamento de Cogeração Dachs G5.5.....	6
Figura 3. Equipamento de Micro Cogeração a Gás do tipo Micro-Turbina	7
Figura 4. Equipamento de Micro Cogeração a Gás com motor <i>Stirling</i>	8
Figura 5. Equipamento de Micro Cogeração a <i>pellets</i> com motor <i>Stirling</i>	9
Figura 6. Equipamento de Micro Cogeração do tipo Pilha de Combustível.....	10
Figura 7. Constituição do Equipamento de Micro Cogeração Dachs G5.5	12
Figura 8. Constituição do Equipamento de Micro Cogeração Dachs G5.5 (cont.).....	12
Figura 9. Aspecto do Menu do <i>Software CYPE</i>	13
Figura 10. Vista 3D do edifício em estudo modelado através do <i>software Cypecad MEP</i>	14
Figura 11. Planta de um dos pisos do bloco habitacional	15
Figura 12. Parametrização utilizada no cálculo de necessidades térmicas do Edifício.....	16
Figura 13. Rede de AQS de uma das frações do bloco habitacional	17
Figura 14. Rede de Aquecimento de uma das frações do bloco habitacional.....	18
Figura 15. Disposição de Equipamentos na Zona Técnica do bloco habitacional.....	19
Figura 16. Instalação típica de um Contador de Energia Entálpico	21

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Necessidades Térmicas de AQS obtidas através do <i>software CYPE</i>	25
Quadro 2. Necessidades Térmicas de Aquecimento obtidas através do <i>software CYPE</i>	25
Quadro 3. Custo Anual de Gás Natural para Suprir as Necessidades Térmicas Totais Utilizando um Sistema Convencional.....	29
Quadro 4. Custo Anual de Gás Natural por Apartamento para Suprir as Necessidades Térmicas dos Apartamentos Utilizando um Sistema Convencional	29
Quadro 5. Custo Anual de Gás Natural para Suprir as Necessidades Térmicas Totais Utilizando um Sistema MCHP	30
Quadro 6. Custo Anual de Gás Natural por Apartamento para Suprir as Necessidades Térmicas dos Apartamentos utilizando um Sistema MCHP	30
Quadro 7. Resumo dos Custos Eléctricos do Condomínio utilizando um Sistema Convencional	31
Quadro 8. Receita Anual da Venda de Electricidade Produzida pelo Condomínio Utilizando um Sistema MCHP	31
Quadro 9. Custo de Aquisição e Manutenção para um Sistema Convencional	32
Quadro 10. Custo de Aquisição e Manutenção para um Sistema MCHP.....	32
Quadro 11. Comparação dos Custos Totais de Energia Térmica e Electricidade por Apartamento	32
Quadro 12. Valor de <i>Target</i> /Ano para amortização do Sistema MCHP.....	33
Quadro 13. Comparação Anual da Receita Térmica e Eléctrica vs Despesa com o Sistema MCHP	33

SIMBOLOGIA

d – dias

E_{AQS} – Necessidades Térmicas de AQS

kVA– quilovoltampere

kW – quilowatt

kWh – quilowatt-hora

lt – litro

m^3 – metro cúbico

MW – megawatt

NO_x – óxido de nitrogénio

Ø – diâmetro

ΔT – variação de temperatura da água para AQS

ABREVIATURAS

AQS – Águas Quentes Sanitárias

BT – Baixa Tensão

CDTR – Consumo Diário Total de Referência

DN – Diâmetro Nominal

GN – Gás Natural

GPL – Gás de Petróleo Liquefeito

IVA – Imposto sobre o Valor Acrescentado

ISP – Taxa de Uso de Gás Natural

MCI – Motor de Combustão Interna

MCHP – Micro Cogeração

PC – Pilha de Combustível

QG – Quadro Geral

QSC – Quadro de Serviços Comuns

RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RESP – Rede Elétrica de Serviço Público

RTIEBT – Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão

UPAC – Unidades de Produção para Autoconsumo

UPP – Unidades de Pequena Produção

1. INTRODUÇÃO

A utilização de sistemas autónomos e descentralizados de produção de energia surge cada vez mais como uma necessidade face às características físicas do meio onde se inserem, assim como das necessidades energéticas existentes, que variam consoante os casos.

O termo cogeração refere-se geralmente a um processo onde há obtenção de energia, sob várias formas em simultâneo, através de um mesmo sistema e utilizando apenas um combustível. O caso mais comum consiste na produção de energia elétrica e térmica através da queima de um combustível. Por este motivo, é um processo familiar em unidades industriais ou grandes edifícios de serviços, onde há uma necessidade constante de energia térmica e onde pode ser aproveitada parte da energia mecânica para a produção de electricidade, para consumo ou fornecimento a uma rede eléctrica existente.

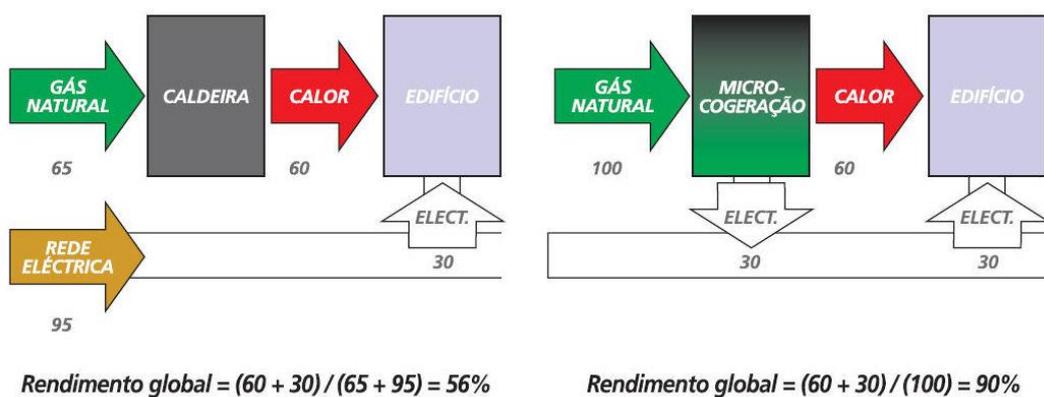


Figura 1. Eficiência Energética promovida com o uso de Micro Cogeração (Baxi-Roca)

Contudo, e estando num estado de adormecimento durante várias décadas, fruto das políticas de centralização de produção de energia, os sistemas de cogeração obtiveram um novo fôlego após a crise petrolífera de meados de 1970, tendo evoluído bastante nos últimos tempos, fruto de uma mudança de mentalidades, cada vez mais formatadas para pensar em sustentabilidade, otimização de recursos, eficiência e poupança económica. No entanto, e nunca será demais de referir, a cogeração não será o “Ovo de Colombo” da produção de energia nem terá como objectivo tornar cada um dos eventuais proprietários de sistemas desta natureza num empresário do ramo energético, tão-somente será uma forma de obter os mesmos resultados utilizando menos recursos.

O presente Trabalho de Projeto assume a utilização de um sistema de Micro Cogeração num bloco residencial para produção de energia térmica e eléctrica, e surge como uma

alternativa em relação às demais existentes no mercado. Uma vez que os sistemas comuns são descentralizados e exclusivos de cada fração, surge a possibilidade de instalar um sistema centralizado para fazer face às necessidades de cada uma das frações nele inseridas, assim como de otimização de recursos. Por outro lado, é considerada a possibilidade de uma entidade autónoma assumir o processo de fornecimento de energia térmica. Deste modo considera-se também a obtenção de uma receita proveniente da produção de energia elétrica que será utilizada para fazer face a despesas comuns às várias frações de um bloco habitacional. Admitindo que estas despesas irão ser pagas pelos moradores desse bloco habitacional, e que haverá uma parte dessa despesa que não se traduz em energia térmica real, considera-se que haverá interesse tanto dos condóminos, como da entidade que assume a gestão do condomínio, em verificar a eventual viabilidade da utilização de um sistema desta natureza num bloco habitacional de pequena dimensão.

2. ENQUADRAMENTO LEGAL E LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

Durante largos anos a regulamentação relativa à produção de energia eléctrica esteve predominantemente orientada para sistemas centralizados na posse e na produção, com fontes de energia renováveis e não renováveis. No caso das fontes renováveis, o aproveitamento hidroeléctrico foi a principal estratégia seguida, o que se traduziu na construção de centrais hidroeléctricas desde meados da década de 50 do século passado, sob a égide estatal ou, pelo menos, de empresas estatais. No caso dos sistemas alimentados por combustíveis fósseis, as grandes centrais termoeléctricas estavam localizadas na proximidade dos grandes centros e consistiam na principal fonte de energia eléctrica.

Contudo, o desenvolvimento industrial de algumas zonas e as necessidades específicas de algumas unidades fabris, assim como o enquadramento legal definido pelo Decreto-Lei nº 189/88, de 27 de Maio, criaram as condições para utilizar sistemas de cogeração conferindo uma nova dinâmica a este sector. Durante largos anos a legislação não teve grandes desenvolvimentos, até à implementação do Decreto-Lei nº 313/2001, de 10 de Dezembro, que originou uma reformulação das condições em vigor para as instalações de cogeração, nomeadamente no que concerne à diferenciação do tarifário aplicável ao fornecimento da energia eléctrica produzida em instalações de cogeração, fruto da utilização dos vários tipos de combustíveis.

Alguns anos mais tarde houve uma nova alteração nas regras de produção de eletricidade, através do Decreto-Lei nº363/2007, de 2 de Novembro, que estabeleceu o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade por intermédio de instalações de pequena potência, designadas por unidades de microprodução. Ainda em 2007, através da Lei nº 67-A/2007 de 31 de Dezembro, seria efectuada uma nova redacção do Decreto-Lei nº363/2007 de 2 de Novembro. Este Decreto-Lei manteve-se em vigor cerca de 3 anos e foi revogado em 2010 através do Decreto-Lei nº 118-A/2010 de 25 de Outubro, onde foi proporcionado um novo impulso para a microprodução de eletricidade a partir de recursos renováveis. Este foi conseguido através da inclusão de microprodução de eletricidade e calor através de sistemas de cogeração, ainda que utilizando fontes de energia não renováveis. Foi também estabelecido que a unidade ou instalação poderia ser monofásica ou trifásica, em baixa tensão, com potências de ligação até 5,75kW para particulares, ou até 11,04 kW para condomínios com 6 ou mais frações que possuíssem instalações trifásicas. Para o regime dito geral, estava prevista uma limitação da produção a 50% da potência contratada, o que não se verificava no caso dos condomínios, sendo o contrato de compra de eletricidade em Baixa Tensão (BT). A instalação de um equipamento desta natureza requer o cumprimento de algumas formalidades no que concerne a pedidos de licenciamento, autorizações de funcionamento, vistorias e pagamento de taxas que estão fora deste estudo.

O Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de outubro, estabelece o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade, destinada ao autoconsumo na instalação de utilização associada

à respetiva unidade produtora, com ou sem ligação à rede elétrica pública, baseada em tecnologias de produção renováveis ou não renováveis, designadas por Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC). Este decreto -lei estabelece ainda o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade, vendida na sua totalidade à rede elétrica de serviço público (RESP), por intermédio de instalações de pequena potência, a partir de recursos renováveis, designadas por Unidades de Pequena Produção (UPP).

No decurso deste projeto vamos utilizar o Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de Agosto, que estabelece o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH). O REH define os requisitos para os edifícios de habitação, novos ou sujeitos a intervenções, bem como os parâmetros e metodologias de caracterização do desempenho energético, em condições nominais, de todos os edifícios de habitação e dos seus sistemas técnicos, no sentido de promover a melhoria do respetivo comportamento térmico, a eficiência dos seus sistemas técnicos e a minimização do risco de ocorrência de condensações superficiais nos elementos da envolvente. O dito Regulamento é tido como referência no que concerne à caracterização e parametrização das necessidades térmicas do edifício.

3. TECNOLOGIAS DE SISTEMAS DE MICRO COGERAÇÃO HABITACIONAL

Os sistemas actualmente no mercado, compactos, para uso doméstico e residencial apresentam características de acordo com as potências eléctricas instaladas e de acordo com o enquadramento legal já descritos. Assim, e no que concerne ao princípio de funcionamento, dividem-se em Motores de Combustão Interna (MCI), Pilhas de Combustível (PC) e Motores *Stirling*.

3.1. Motor de Combustão Interna

Os motores de combustão interna podem ser definidos como máquinas que obtêm energia mecânica através queima de um combustível. Quando utilizados em micro cogeração, essa energia é depois utilizada para accionar um gerador eléctrico. Neste processo, o calor obtido com a exaustão de gases e com o circuito de arrefecimento é cedido ao sistema de aquecimento através de permutadores de calor.

O combustível utilizado pelos motores de combustão interna depende do tipo de ciclo que estes motores utilizam. No caso do ciclo Otto, ou de ignição por faísca, são utilizados gasolina ou combustíveis gasosos como por exemplo gás natural, enquanto no caso do ciclo Diesel, é utilizado gasóleo ou biodiesel.

Os motores de combustão interna do ciclo Otto, são utilizados por exemplo em meios de transporte (terrestres, marítimos ou aéreos), e em eletrodomésticos como por exemplo sistemas de micro cogeração que poderão operar numa gama alargada, desde 3 kW até 6 MW. O desenvolvimento tecnológico e a produção em grande escala destes motores permitiu torná-los mais compactos, eficientes e acessíveis, características fundamentais para aplicações domésticas.

Nos motores de ciclo Diesel, a ignição é efectuada por compressão e aumento de temperatura até cerca de 450°C, sendo nessa altura injetado o combustível vaporizado que efectuará uma combustão espontânea. A gama de utilização destes motores vai desde 5 kW até 10 MW. Existindo preocupações de ordem ambiental, ou um excedente resultante de processos produtivos, é possível utilizar como combustível biodiesel, garantindo um bom rendimento, biodegradabilidade e baixa toxicidade.



Figura 2. Vista de “raio-X” de um equipamento de Cogeração Dachs G5.5 (Senertec)

Os sistemas de micro cogeração requerem uma manutenção contínua, com operações de mudança de óleo, filtros e revisão do sistema de ignição em intervalos de cerca de 5000h de funcionamento. Uma vez que estes sistemas não funcionam durante as 24h do dia, é comum ser efectuada uma intervenção de manutenção com periodicidade anual, tal como se verifica para a maioria de equipamentos de combustão, como por exemplo caldeiras.

As vantagens de utilizar MCI, são a fiabilidade, uma vez que é uma tecnologia bem conhecida, a utilização de vários tipos de combustível, como gasolina, gás natural, diesel, etc., um tempo de vida de cerca de 15 anos, e um pequeno tempo de arranque. Os aspectos tidos como desvantagens são o ruído e os gases emitidos, assim como as suas frequentes manutenções.

3.2. Micro-Turbinas

Este equipamento refere-se em geral a um sistema monobloco composto por um compressor, câmara de combustão, turbina e gerador eléctrico, e o seu funcionamento é semelhante ao das suas equivalentes maiores, onde o ar é comprimido e misturado ao combustível, sendo depois queimado na câmara de combustão. Os gases produzidos na combustão ao passar na turbina sofrem uma expansão, transmitindo energia mecânica ao veio, acionando o compressor e o gerador. Estes sistemas possuem apenas cerca de 15% de eficiência.

Podem ser utilizados vários tipos de combustível na maioria das micro-turbinas. Os mais comuns, além do gás natural, são hidrogénio, o gasóleo, e o propano. No entanto, o gás

natural é mais indicado, uma vez que é aquele que emite menos poluentes gasosos. Este aspeto, assim como a disponibilidade, torna-o adequado para instalações localizadas em centros urbanos, como é o caso de grande parte dos potenciais utilizadores de micro cogeração.

Apesar de existirem no mercado sistemas cada vez mais compactos, o uso de micro turbinas em sistemas de micro cogeração para uso residencial ainda não é muito atrativo, uma vez que actualmente existem poucos fabricantes de micro-turbinas com potências inferiores a 20kW. Um desses fabricantes é a companhia holandesa *Enertwin* que possui um equipamento de MCHP com 3,3kW elétrico e 15kW térmico.

As principais vantagens da utilização de micro turbinas em comparação com os motores de combustão interna são a menor emissão de poluentes. Uma vez que a combustão é efectuada a uma temperatura mais baixa, existe uma baixa emissão de NOx. Além disso, são mais leves do que motores de combustão interna da mesma potência, e apresentam intervalos entre manutenções maiores, de cerca de 6000h entre intervenções.



Figura 3. Equipamento de Micro Cogeração a Gás do tipo Micro-Turbina (*Enertwin*)

Estes sistemas também podem funcionar com vários combustíveis, são compactas mas têm um tempo de resposta alto, sendo por isso equipamentos ideais para utilizar em sistemas de reserva.

Como principais desvantagens apresentam um custo inicial elevado, um tempo de vida mais baixo do que os MCI's (cerca de 10 anos), e operações de manutenção dispendiosas.

3.3. Sistemas com Ciclo/Motor *Stirling*

A principal diferença entre este tipo de motor e os anteriores é que este é um motor de combustão externa, sendo na teoria a máquina térmica mais eficiente possível. O sistema é composto por dois êmbolos, sendo um designado de “êmbolo de trabalho”, e o outro

“êmbolo de deslocamento”. Este aspeto torna a instalação bastante diferente das anteriores, uma vez que o calor é fornecido ao motor *Stirling* por uma fonte externa. O fornecimento de calor faz com que um fluido de trabalho, por exemplo hélio, se expanda e provoque o movimento do “êmbolo de trabalho”. Na fase seguinte, o denominado “êmbolo de deslocamento”, transfere o gás para uma zona arrefecida onde o fluido é novamente comprimido pelo “êmbolo de trabalho”. O “êmbolo de deslocamento” transfere o gás comprimido ou ar para uma secção quente da máquina e o ciclo recomeça. Outra das características deste tipo de motor é que é uma máquina de ciclo fechado, pois o fluido de trabalho nunca deixa o interior do motor.

Esta tecnologia é conhecida desde inícios do século XIX, sendo uma alternativa aos motores a vapor. O aparecimento de motores elétricos, menos dispendiosos, levou-a quase ao esquecimento e desuso, sendo uma novidade a sua utilização em sistemas de micro cogeração. Apresentam potências elétricas menores do que os sistemas anteriores (entre 0,2 e 4 kW), sendo aconselhável o seu uso em instalações de pequeno porte. As micro-turbinas a gás e até mesmo motores a gás não são adequados para este tipo de dimensão. O MCI de ciclo Otto mais pequeno é de cerca de 3 kW, pelo que o motor *Stirling* constitui neste caso uma boa alternativa.



Figura 4. Equipamento de Micro Cogeração a Gás com motor *Stirling* (*Sunmachine*)

As principais vantagens do motor *Stirling* são o elevado rendimento teórico, a existência de menos partes móveis e o facto de não necessitar de uma fonte de calor exclusiva. Pode ser considerado multi-combustível, pois qualquer fonte energética que possa gerar uma diferença de temperatura significativa entre a câmara quente e a câmara fria poderá produzir trabalho pelo deslocar do êmbolo. Os motores *Stirling* são bastante silenciosos,

não necessitam de grandes tarefas de manutenção e terão um tempo de vida bastante alargado, mesmo trabalhando de forma contínua.

As desvantagens são o seu custo elevado, a disponibilidade no mercado de sistemas prontos utilizar e o facto de o motor necessitar de algum tempo de aquecimento antes de começar a produzir energia. Outra das desvantagens é o tempo de resposta elevado quando há alterações nas necessidades pontuais de energia térmica. Um dos problemas mais comuns neste tipo de motores é a perda de estanquicidade nos elementos de vedação dos êmbolos, especialmente quando se utilizam gases inertes.

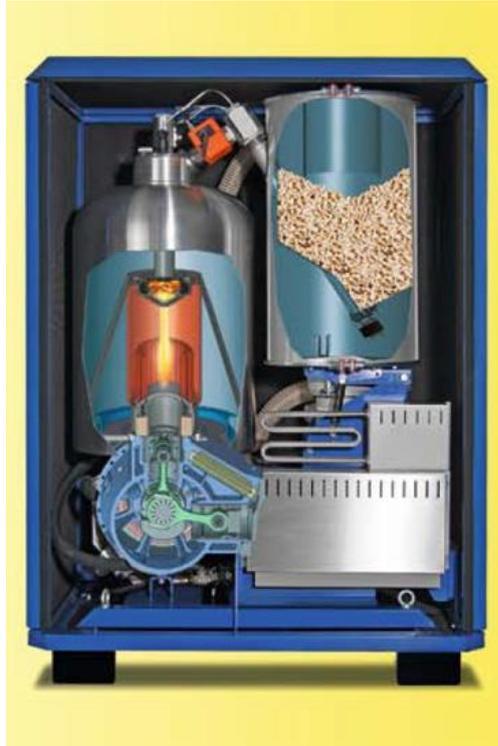


Figura 5. Equipamento de Micro Cogeração a *pellets* com motor *Stirling* (Sunmachine)

3.4. Sistemas com Células de Combustível

As pilhas de combustível (PC) representam um método de produção de electricidade completamente diferente dos referidos atrás, uma vez que neste caso não existe combustão. São compostas por um conjunto de células com dois eléctrodos e um eletrólito, que atua como um meio que permite aos iões (H^+ , OH^- , O_2^- , CO_2 , ...) passarem, no sentido de um eléctrodo para o outro eléctrodo ao atravessarem o eletrólito.

Este tipo de equipamento converte directamente a energia química contida na fonte de energia em electricidade, através de um processo eletroquímico (reacções de oxidação-redução). O rendimento eléctrico das PC's é superior ao dos MCI's e das microturbinas a gás, podendo situar-se na gama dos 35-45% (sendo o rendimento térmico da ordem de 20-50%). As temperaturas de funcionamento das PC's são regra geral bastante altas,

necessitando de uma saída contínua de calor, mesmo quando não existem necessidades térmicas, o que se traduz em perdas térmicas involuntárias. As emissões de gases nocivos são praticamente nulas, pelo que as PC's são a melhor escolha sob aspectos ambientais. As necessidades de manutenção são praticamente nulas, concentrando-se sobretudo na necessidade de substituição de membranas.

Como principal desvantagem, as PC's apresentam um custo inicial elevado, quer seja pela utilização de materiais dispendiosos, e o facto não existir uma produção em grande escala destinada a consumidores residenciais.

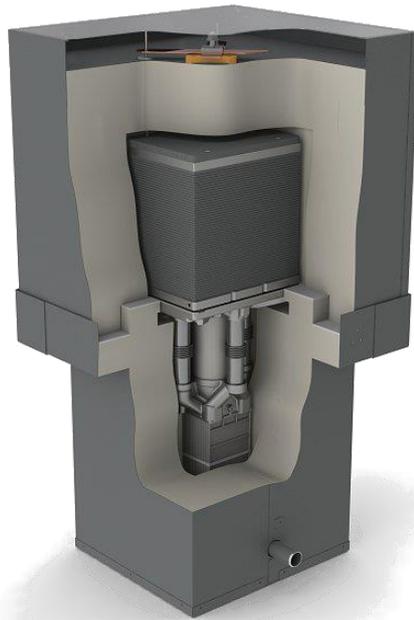


Figura 6. Equipamento de Micro Cogeração do tipo Pilha de Combustível (*BluGen*)

4. SISTEMA DE MICRO COGERAÇÃO

Os sistemas de micro cogeração para uso doméstico disponíveis no mercado são poucos. O sistema escolhido para ser instalado no bloco habitacional será um dos poucos comercializados em Portugal, através do fabricante BaxiROCA. É um dos sistemas mais populares em toda a Europa, com milhares de unidades instaladas. Tal como os restantes, são apresentados sob a forma de um sistema monobloco, pronto a instalar.

Este equipamento utiliza um MCI a 4 tempos, monocilíndrico, que pode funcionar utilizando como combustível GPL (Gás de Petróleo Liquefeito) ou GN (Gás Natural). A energia mecânica produzida é transformada em eletricidade através de um gerador elétrico assíncrono de 230V (50Hz), refrigerado a água. Esta transformação primária de energia possui, de acordo com o fabricante, uma eficiência de cerca de 20 - 25%. Os restantes 70 - 75% são convertidos em calor, através do circuito de refrigeração, sendo utilizados para aquecer água destinada a AQS ou a um circuito de aquecimento através de um permutador de calor. A combinação destas duas formas de energia produzidas em simultâneo, com cerca de 5.5kW elétricos e 14.7 kW térmicos, é mais eficiente do que se fosse efectuada em 2 equipamentos distintos,

O sistema é constituído pelo controlador, MCI, gerador e depósitos com permutador de calor incorporado. O controlador assegura as várias opções de monitorização durante o funcionamento da unidade, assim como do fornecimento de energia térmica e elétrica.

É possível combinar vários equipamentos como este num modo de cascata, sendo que o controlador permite até 10 unidades, sendo uma delas a principal e as restantes de apoio. Neste caso o controlador do equipamento principal permite a gestão do tempo de operação dos restantes equipamentos e sincronização destes, para que possuam tempos de funcionamento similares.

A temperatura de funcionamento máximo do sistema é de 80°C e a temperatura do circuito de retorno pode variar entre os 20°C e os 70°C.

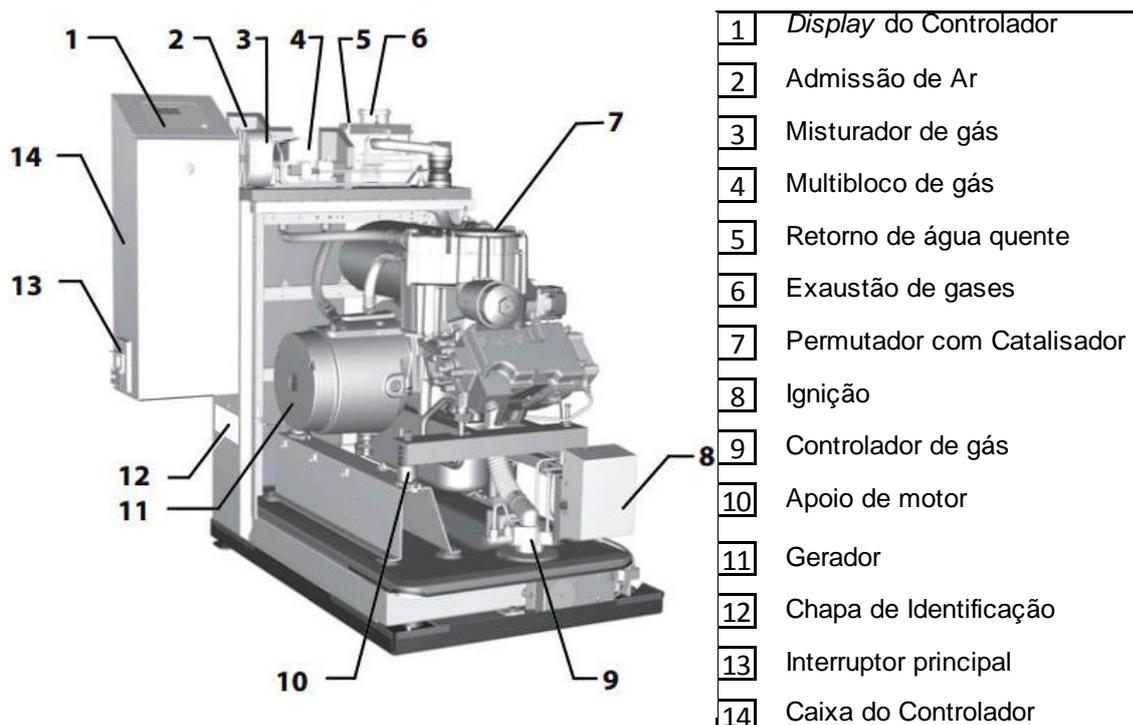


Figura 7. Constituição do Equipamento de Micro Cogeração Dach's G5.5 (Senertec)

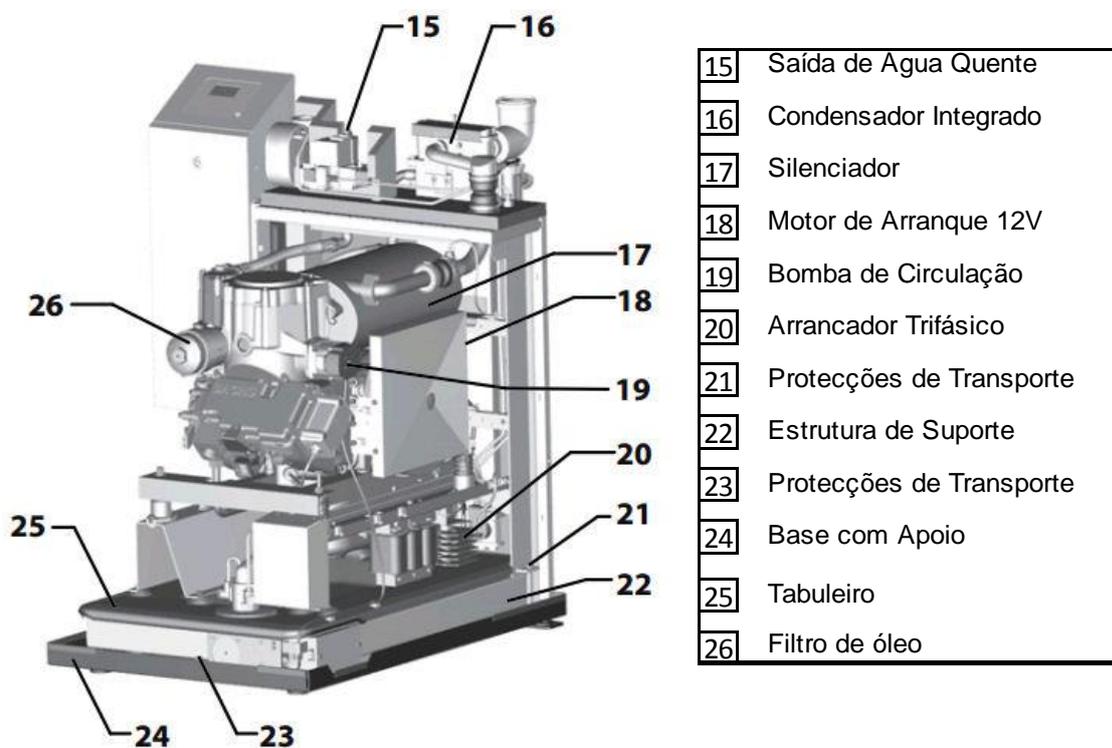


Figura 8. Constituição do Equipamento de Micro Cogeração Dach's G5.5 (cont.)

5. SOFTWARE CYPE

O *software Cype* é uma aplicação informática desenvolvida pela *Cype Ingenieros*, que conta com mais de duas décadas de utilização e procura fornecer ferramentas para aplicações de engenharia, ao nível de modelação, dimensionamento, planeamento e orçamentação. Utiliza vários módulos, de acordo com a especificidade do trabalho a desenvolver, sendo que neste caso foi utilizado o módulo *Cypecad MEP*.

O objectivo da utilização do *Cypecad MEP* foi a determinação das necessidades térmicas do edifício e das suas fracções, partindo da modelação paramétrica da envolvente e apoio ao projeto, da instalação dos equipamentos e redes de fluidos, de acordo com a legislação em vigor e regras de boas práticas. O *software* permite a importação dos desenhos das plantas em formato “*dwg*” por forma a agilizar a modelação, assim como possui várias bibliotecas com materiais, equipamentos e componentes de referência por forma a agilizar o processo de dimensionamento, definir avançamentos e possibilitar uma ideia do custo das várias opções tomadas.

No entanto, e uma vez que se trata de um *software*, é de todo conveniente entender as limitações das ferramentas de cálculo automático, e ter sentido crítico na análise dos resultados obtidos. A experiência e o *know-how* são parte fundamental de uma boa análise, sendo neste caso os resultados obtidos, uma aproximação fiel da realidade.



Figura 9. Aspecto do Menu do *Software CYPE (CYPE)*

6. CASO EM ESTUDO

6.1. Considerações Iniciais

O sistema de Micro Cogeração que está na base deste estudo seria aplicado num bloco habitacional, composto por 6 apartamentos de tipologia T3, com uma distribuição de 2 apartamentos por piso e 2 lojas no Rés-do-Chão. A localização do edifício seria no concelho de Montemor-o-Velho, numa urbanização existente na freguesia de Pereira.

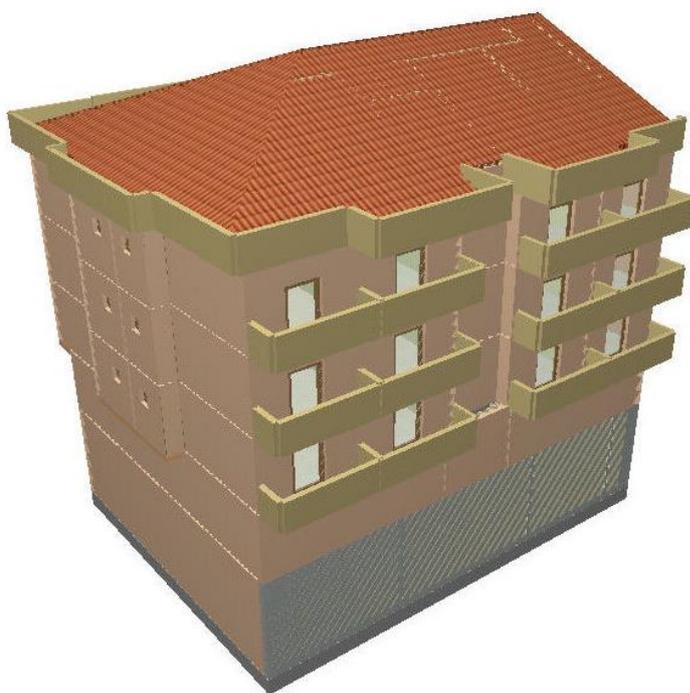


Figura 10. Vista 3D do edifício em estudo modelado através do *software* MEP (*CYPE*)

As necessidades térmicas de cada uma das frações serão objecto de estudo de acordo com a legislação em vigor, no que concerne a Águas Quentes Sanitárias (AQS), e de acordo com a simulação efectuada através de modelação computacional para o sistema de aquecimento por radiadores.

A instalação do equipamento de MCHP estaria prevista num compartimento existente na cave do bloco residencial, com ramal de Gás Natural (GN) dedicado e com ligação em anel aos depósitos de inércia existentes, equipados com permutadores de calor do tipo tubular.

Uma vez que existem algumas regras a cumprir no que concerne à exploração de um sistema deste tipo, nomeadamente a titularidade da exploração eléctrica e do contrato de fornecimento de gás natural, estes estariam agregados ao condomínio, que na realidade

seria o fornecedor de água quente produzida pelo sistema MCHP. As temperaturas de *setpoint* consideradas serão 80°C para o aquecimento, e 65°C para AQS.

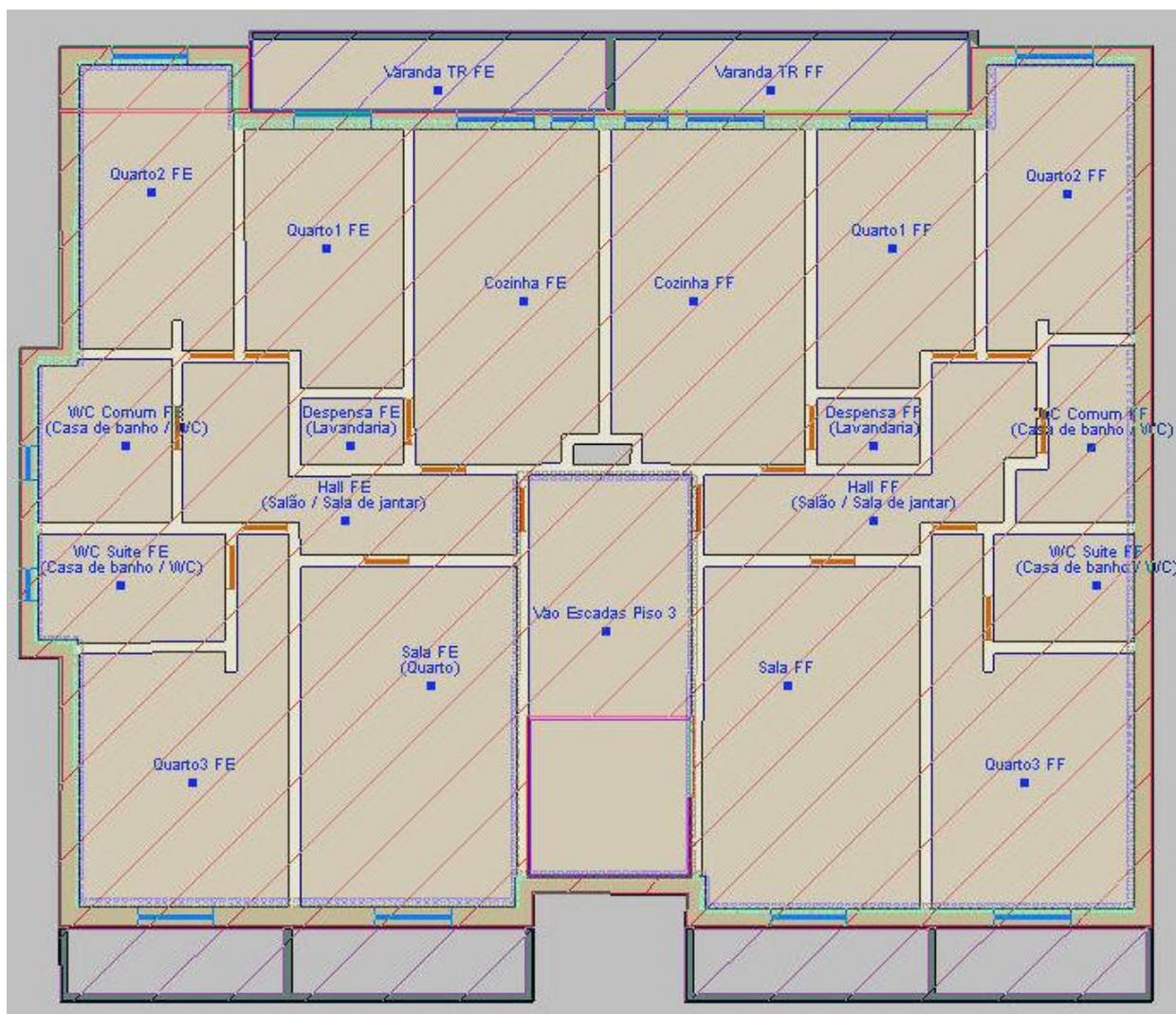


Figura 11. Planta de um dos pisos do bloco habitacional (CYPE)

1.- PARÂMETROS GERAIS

Localização: Localização
Latitude (graus): 40.11 graus
Altitude sobre o nível do mar: 43 m
Temperatura seca Verão: 29.38 °C
Temperatura húmida Verão: 21.60 °C
Oscilação média diária: 9.8 °C
Oscilação média anual: 25 °C
Temperatura seca de Inverno: 4.60 °C
Humidade relativa de Inverno: 90 %
Velocidade do vento: 4 m/s
Temperatura do terreno: 7.80 °C
Percentagem de majoração devida à orientação N: 20 %
Percentagem de majoração devida à orientação S: 0 %
Percentagem de majoração devida à orientação E: 10 %
Percentagem de majoração devida à orientação W: 10 %
Suplemento de intermitência para aquecimento: 5 %
Percentagem de cargas devido à própria instalação: 4 %
Percentagem de majoração de cargas (Inverno): 5 %
Percentagem de majoração de cargas (Verão): 0 %

Figura 12. Parametrização utilizada no cálculo de necessidades térmicas do edifício

6.2. Redes Hidráulicas

REDE DE ÁGUAS QUENTES SANITÁRIAS (AQS)

O sistema de águas quentes sanitárias previsto para este bloco habitacional, que se considera implementado desde a fase de construção, pressupõe uma ligação em anel nas zonas comuns e uma derivação de ramal com seccionamento à entrada de cada fração, não excluindo a existência de um sistema individualizado de tubagem de *by-pass* para AQS, assim como da tubagem de pré-instalação destinada ao fornecimento de gás natural exclusiva por fração, para a eventualidade de necessidade de fornecimento independente para as AQS. Uma vez que poderá ser colocada em questão a fiabilidade da implementação de um sistema integrado, será importante precaver situações anómalas no fornecimento de AQS e ter alternativas possíveis com pré-instalação. Contudo, e numa lógica de funcionamento normal, as ligações de gás individualizadas estariam desativadas e sem a existência de contador individual.

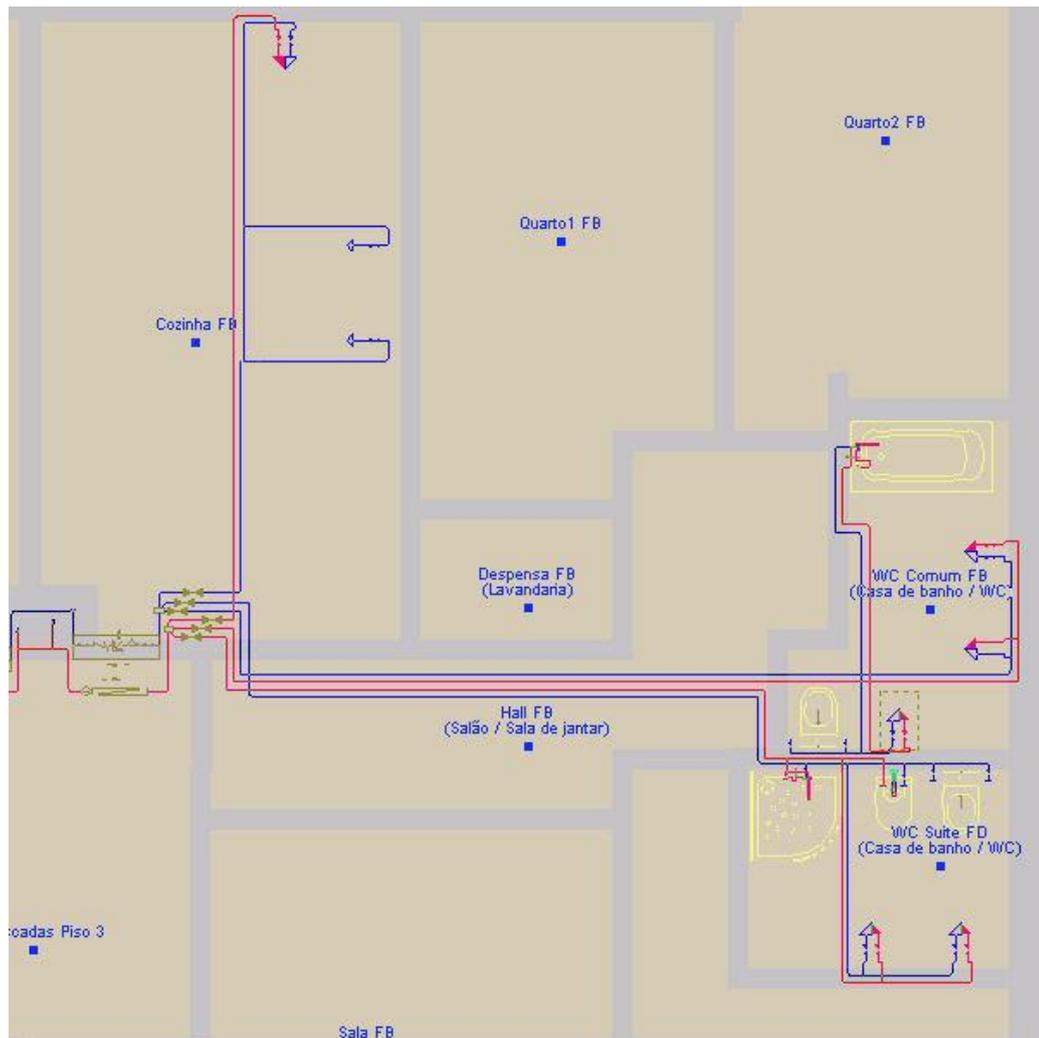


Figura 13. Rede de AQS de uma das frações do bloco habitacional (CYPE)

REDE DE AQUECIMENTO

A rede de aquecimento existente no edifício será composta, tal como no caso da AQS, por uma rede em anel nas zonas comuns e uma derivação de ramal à entrada de cada fração. O dimensionamento no que concerne aos caudais exigidos de projeto, dimensão de tubagem, cargas térmicas e demais considerações foram efectuadas através de simulação com o *software* CYPE, sendo o valor das necessidades utilizado para o dimensionamento da instalação de MCHP. Tal como na rede de AQS, existirá um contador de energia entálpico associado à instalação em cada uma das frações e ligado de acordo com a Figura 16.

Os emissores térmicos serão compostos por unidades do tipo radiador, colocadas nos vários compartimentos e sujeitas a dimensionamento através do *software*. Tal como na situação da rede de AQS, existirá uma ligação de *by-pass*, que estará normalmente

desativada, e que permitirá, no caso de necessidade, o deslastrar da instalação coletiva e a ligação de uma fonte térmica independente, ou alternativa.

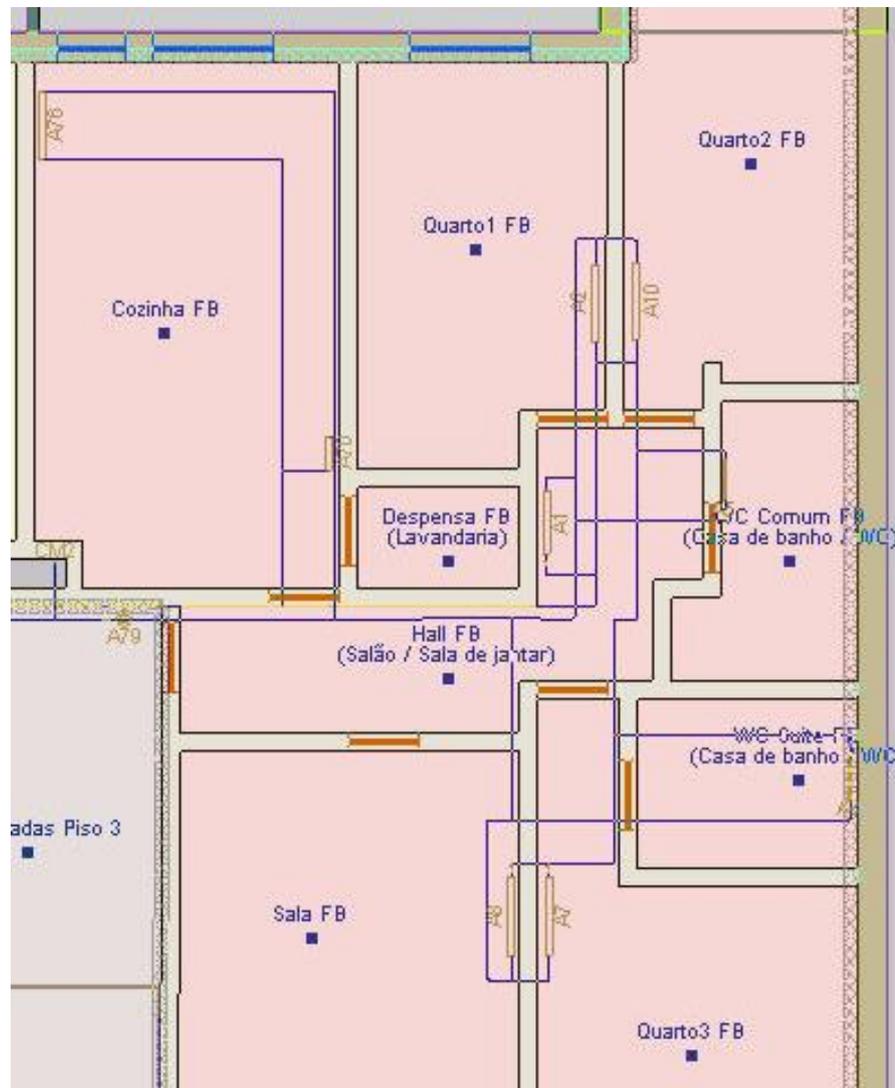


Figura 14. Rede de Aquecimento de uma das frações do bloco habitacional (CYPE)

6.3. Zona Técnica

A Zona Técnica prevista para este Bloco Habitacional estaria localizada na Cave com ligação de gás natural e água dedicadas. Para este local, além destas ligações, estariam previstas ainda a colocação de chaminés de extração de fumos, e ventilação da Zona Técnica, além dos restantes equipamentos auxiliares necessários ao bom funcionamento da instalação.

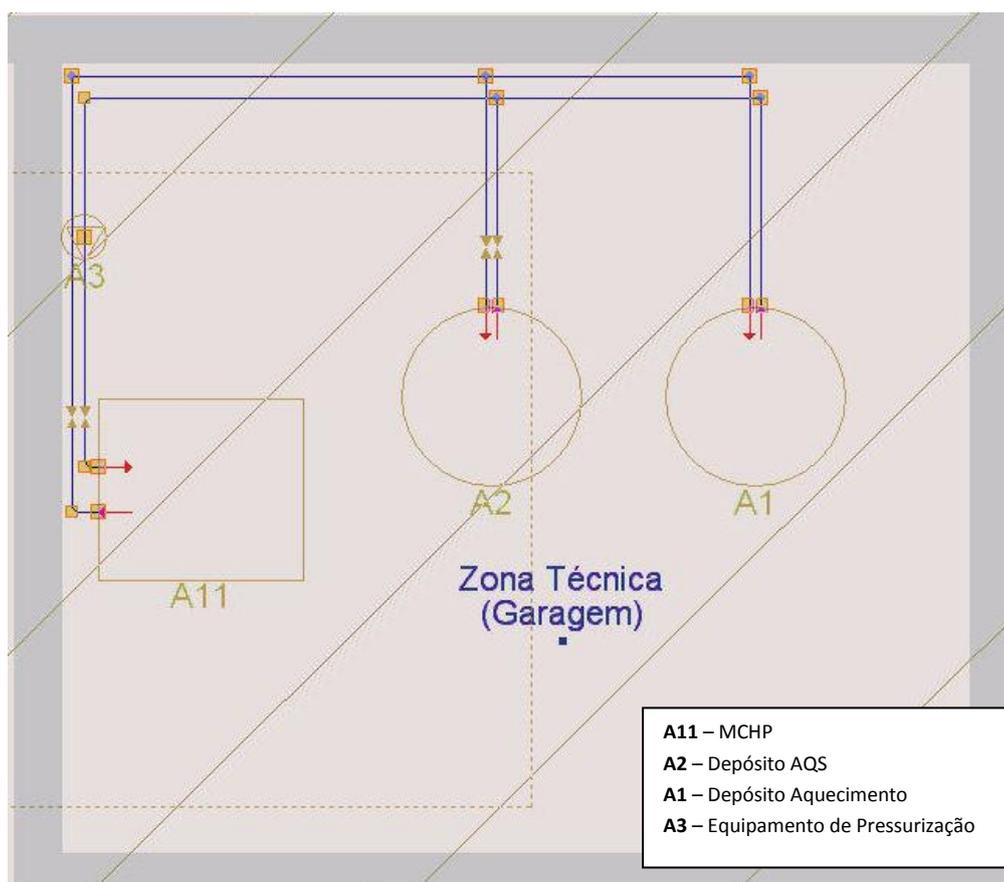


Figura 15. Disposição de equipamentos na Zona Técnica do bloco habitacional (CYPE)

6.4. Ligações Eléctricas

Sendo uma das particularidades deste estudo a existência de um complemento de receita para fazer face às despesas de electricidade associadas às zonas comuns, com natural benefício para os condóminos, o quadro eléctrico teria de ser preparado para que a injeção na Rede Eléctrica de Serviço Público (RESP) seja efectuada através do Quadro de Serviços Comuns (QSC). Os equipamentos auxiliares seriam instalados no espaço destinado aos Serviços Comuns, e sob a titularidade deste.

A potência eléctrica instalada para os serviços comuns de um bloco habitacional com tipologia semelhante será de 10,35 kVA, calculada de acordo com os métodos descritos no RTIEBT (Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão). Do equipamento auxiliar a instalar farão parte o inversor e o retificador de corrente, assim como o contador para a electricidade injetada na RESP. Os contadores de energia eléctrica serão individuais e independentes para cada uma das frações, conforme prática comum, estando o contador dos Serviços Comuns agregado ao Sistema MCHP. O ponto de injeção na RESP será efectuada através do QSC.

No entanto, e uma vez que os Serviços Comuns serão o principal utilizador da componente eléctrica do sistema de MCHP, existirão 2 circuitos distintos na rede eléctrica, um destinado ao consumo e outro à produção de energia eléctrica. No que concerne ao consumo existiria um sistema de *by-pass* ou comutação efectuada entre a portinhola e o contador dos Serviços Comuns. O objectivo destes circuitos será tornar distintas as operações que são referentes ao consumo e as que são fruto de produção eléctrica.

Na eventualidade de ser necessário deslastrar o circuito eléctrico de produção, será possível efectuar a alimentação através do Quadro Geral (QG) ao QSC de forma independente. Um diagrama de princípio da ligação eléctrica está disponível no anexo 4.

6.5. Contagem de Energia

As contagens de energia serão efectuadas pelo Condomínio, através de 2 tipos de contadores, dependendo do tipo de instalação:

Contadores Gerais – Instalados na Zona Técnica, e destinados a contabilizar a energia térmica consumida no edifício.

Contadores Parciais – Instalados na área de cada uma das frações, com transmissão à distância por intermédio de sistema de comunicações ou com sistema de leitura manual / terminal portátil, na impossibilidade do sistema de telecomunicações estar disponível.

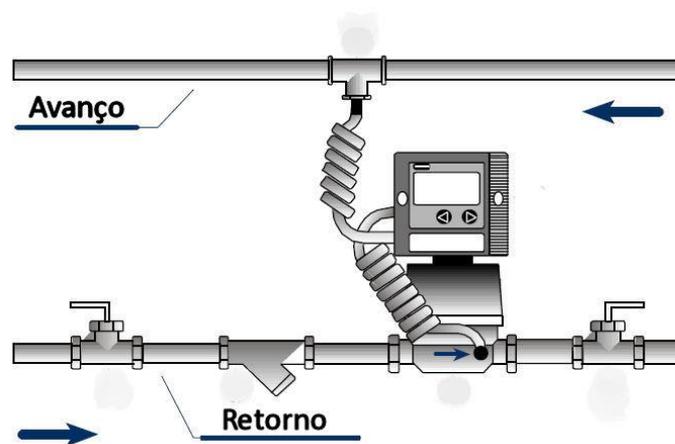


Figura 16. Instalação típica de um Contador de Energia Entálpico (*Climaespço*)

Dada a configuração específica deste sistema de fornecimento de energia térmica, existirá uma componente de perdas associada que se traduzirá por uma diferença de contagem entre os contadores gerais colocados na Zona Técnica e os colocados em cada fração. O custo associado a essas perdas será assumido pelo condomínio, e poderá ser traduzido pela equação (1)

$$\text{Contagem Geral} = \text{Perdas} + \text{Somatório das Contagens Parciais} \quad (1)$$

A instalação dos vários contadores na Zona Técnica e nas frações deverá obedecer a algumas regras genéricas, entre outras:

- Devem ser instalados na posição horizontal;

- No circuito de aquecimento deverão ser montados na tubagem de retorno, sendo uma das sondas montada na tubagem de alimentação (avanço);
- A montagem da tubagem e contadores deverá ter em conta eventuais necessidades de intervenção, com a montagem de uma válvula de seccionamento a montante e outra a jusante do contador e da sonda de temperatura na linha de alimentação;
- Na montagem do contador e da sonda de temperatura no avanço, a distância entre estes equipamentos e qualquer outro acessório a instalar deverá ter um troço livre com um comprimento não inferior a 3 vezes o diâmetro nominal (DN) do tubo a utilizar.
- Para efeitos de uma eventual instalação de telecontagem, deverá ser ainda considerada a colocação de cabo emalhado, correndo em tubo de polietileno de Ø25mm e instalado entre os contadores gerais e os armários dos contadores parciais, por caixa de escada, com caixas de derivação e de fácil acesso, em cada piso.

7. NECESSIDADES TÉRMICAS

O perfil de utilização e as necessidades térmicas de cada um dos condóminos são variados, mas de acordo com a simulação o sistema de aquecimento ter uma energia térmica consumida maior que o classifica, como seria esperado, o principal utilizador deste sistema. Contudo, terá uma utilização sazonal, pelo que a utilização, numa base de referência diária, caberá ao sistema de AQS, que terá que cumprir necessidades térmicas regulamentadas.

Os valores utilizados como referência para a temperatura da água serão de 80°C para o sistema de aquecimento e de 65°C para a rede de AQS. A instalação será em anel, com 2 circuitos independentes, de acordo com as duas temperaturas necessárias. Ambos os sistemas terão um depósito de inércia individual, com a capacidade de 970 litros, com permutador tubular incluído, e seriam instalados na divisão da cave designada de Zona Técnica. A dimensão dos depósitos é justificada com o valor de Consumo Diário Total de Referência (CDTR) considerando uma disponibilidade de 24 horas para operações de manutenção ou reparações, no equipamento ou em cada um dos depósitos isoladamente.

Cada um dos apartamentos, assim como as lojas terão contadores entálpicos nos ramais de AQS e aquecimento, para contagem da energia térmica consumida, sendo o valor a pagar por kWh térmico previamente acordado, e sujeito a variações, caso seja necessário efectuar ajustes de custo. Existirá um contador de gás natural na cave, junto à unidade de MCHP, cujo titular será o Condomínio.

De acordo com uma factura de um fornecedor local de gás natural residencial, utilizada a título de exemplo, e efectuando a decomposição nos vários elementos, constatou-se que a unidade de referência para a contagem é o m³ de GN. Uma vez que existem várias contagens, em períodos iguais pré-definidos, o valor de consumo em cada período surge como a diferença entre duas contagens sucessivas. A conversão do valor de consumo de GN para unidades de energia, kilowatt-hora (kWh), é efectuada através do factor 13,10, sendo este valor obtido de acordo com o publicado no Anexo III do Decreto-lei n° 68-A/2015 de 30 de abril.

Quanto aos restantes detalhes de faturação, e para o caso em questão, estes são compostos por quatro elementos;

- Termo Fixo – Taxa tendo como base o n° de dias da contagem e o escalão de consumo;
- Gás Natural (medido) – Consumo em kWh, com o custo de acordo com o escalão de consumo

- ISP (Energia Gás Natural) – Taxa de uso de gás natural;
- Taxa de Ocupação de Subsolo – Taxa autárquica (Não aplicável neste estudo)

O valor das necessidades térmicas, para AQS, de cada apartamento, quando calculado de acordo com as referências do REH, pode ser obtido pela equação (2);

• Consumo diário de referência, a 60°C;	40 lt/pessoa
• Número de pessoas por apartamento	4
• Número de apartamentos	6
• Consumo Diário Total de Referência (CDTR)	960 lt
• Variação de temperatura da água para AQS (ΔT)	45°
• Número de dias considerados para consumo (d)	365

$$E_{AQS} = \frac{CDTR * 4187 * \Delta T * d}{3600000} \simeq \mathbf{18340} \text{ kWh /ano} \quad (2)$$

No entanto, e uma vez que a simulação de necessidades térmicas foi também contemplada na modelação paramétrica através do *software* *CYPE*, constatou-se que os resultados obtidos foram algo diferentes. A principal diferença foram as necessidades de AQS das duas lojas localizadas no rés-do-chão, além das perdas térmicas na tubagem que o *software* inclui. Considera-se o valor de necessidades térmicas obtido na simulação do *CYPE*, uma vez que reflete melhor a realidade do edifício em questão.

A tipologia das lojas a instalar no rés-do-chão, e nomeadamente a área de negócio a desenvolver nestas irá influenciar as necessidades térmicas em termos de climatização e de AQS. Considera-se que as necessidades energéticas de climatização serão providenciadas por um sistema de climatização próprio, provavelmente de expansão direta. As necessidades de energia para AQS poderão ser corretamente calculadas, conhecida a tipologia e os equipamentos das lojas através do n°15 c) do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) – Requisitos de Conceção para Edifícios Novos e Intervenções, publicado no Anexo I da Portaria n°349-D/2013 de 2 de dezembro. A simulação obtida através do *software* *CYPE* apenas considera os valores referentes a AQS e aquecimento para lojas sem requisitos especiais.

Quadro 1. Necessidades térmicas de AQS obtidas através do *software CYPE*

Dimensionamento CYPE - MEP	
Necessidades Térmicas - (kWh/ano)	
AQS - Água Quente Sanitária	
Fracção A	4245.15
Fracção B	3396.12
Fracção C	4245.15
Fracção D	3396.12
Fracção E	4245.15
Fracção F	3396.12
Loja 1	1698.06
Loja 2	1698.06
Total do Edifício	26319.93

No que concerne às necessidades de aquecimento, supridas pelo circuito de radiadores, os cálculos foram efetuados tendo como referência o módulo MEP do *software CYPE*, sendo os resultados obtidos os seguintes:

Quadro 2. Necessidades térmicas de aquecimento obtidas através do *software CYPE*

Dimensionamento CYPE - MEP	
Necessidades Térmicas - (kWh/ano)	
Aquecimento	
Fração A	6599.34
Fração B	6530.86
Fração C	4465.52
Fração D	4486.12
Fração E	6631.49
Fração F	6653.09
Loja 1	400.64
Loja 2	401.41
Total do Edifício	36168.47

8. ANÁLISE ECONÓMICA

8.1. Custos Operacionais Utilizando Equipamento Convencional

Os custos por fração previstos para os vários sistemas de AQS, compreendem não só a aquisição e a instalação dos equipamentos de queima, por exemplo uma caldeira mural por fração (eficiência de referência de 85%), mas também os custos decorrentes da instalação e fornecimento de GN. Nos custos de fornecimento de GN apenas foi considerado o valor do termo fixo anual a pagar por cada uma das frações e o valor referente ao consumo efetivo de GN, acrescido de IVA.

O valor relativo ao termo fixo, de acordo com os dados já referidos, para o fornecedor local e de acordo com o respectivo escalão individual, que se considera o escalão 1, até 220m³ por mês, seria de **€0.0693/dia**, traduzindo-se numa parcela que será contabilizada 8 vezes, de acordo com cada um dos contadores de GN existentes no bloco habitacional. Em termos anuais traduz-se num custo total de **€202.36** para a totalidade dos condóminos. Note-se que com a existência de apenas um contador de GN, o custo anual do termo fixo, de acordo com o escalão adotado que, neste caso era o escalão 4, seria de **€62.16**, e assumido por parte do Condomínio.

No que concerne à parcela relativa ao consumo de GN, de acordo com as necessidades térmicas apresentadas acima, são utilizados como referência os dados da factura de fornecimento de GN por um fornecedor específico. Assim, assumindo que o gás natural possui um custo unitário de **€0.10/kWh**, traduz-se num valor total de cerca de **€9291.34/ano**. A despesa por apartamento com energia térmica seria de **€1438.23/ano**. Os valores acima já incluem o acréscimo relativo ao IVA, uma vez que faz parte do custo para os apartamentos.

8.2. Custos Operacionais Relativos ao Sistema MCHP

A utilização do sistema de MCHP centralizado, com uma capacidade térmica de 14.5kW e eléctrica de 5.5kW apresenta, de acordo com os dados do fabricante uma eficiência térmica de 70%, o que, de acordo com as necessidades térmicas da totalidade dos consumidores já referidas, de cerca de **62488kWh/ano**, se traduziria numa produção térmica real de **89270kWh/ano**. O valor tido como referência para o escalão de consumo mais baixo praticado por um fornecedor local, como exemplo a Lusitânia Gás, ser de **€0.0759/kWh**, foi considerado um valor de referência de **€0,08/kWh**. Utilizando esse valor para os cerca de 90MWh/ano, significará um custo total espectável para a energia térmica de cerca de **€8856,45/ano**, relativamente mais baixa do que utilizando um sistema convencional.

8.3. Produção de Energia Eléctrica através de MCHP

A produção de energia eléctrica através dum sistema desta natureza de acordo com o perfil de necessidades dos condóminos, poderá ocorrer durante parte das 24 horas do dia. As necessidades dos apartamentos ocorrerão ao início e fim do dia, com banhos, e eventualmente preparação de refeições. O Sistema de aquecimento terá uma utilização sazonal e ocorrerá sobretudo durante o fim de tarde e noite assim como de madrugada.

A ficha técnica do sistema de MCHP refere um rendimento eléctrico de cerca de 25%, o que tendo em conta a produção anual de cerca de 90MWh/ano se traduziria numa produção estimada de cerca de **22317kWh/ano**. Esta produção seria destinada a injeção na RESP.

Uma vez que o objectivo principal é a produção de energia térmica, esta energia eléctrica resultante do sistema MCHP surge como um excedente, que será injetada na RESP. O valor da retribuição de referência para Produção em Regime Especial, de acordo com o publicado na Portaria nº15/2015 de 23 de janeiro será de **€0.095/kWh**, ao que poderia eventualmente acrescer **€0.01/kWh** caso fosse instalada uma tomada de carregamento para veículos eléctricos ou **€0.005/kWh** para o caso de existir um colector solar térmico com uma área mínima de 2m² ou uma caldeira a biomassa. Utilizando como valor de referência a remuneração simples, o condomínio obterá uma remuneração esperada de **€2120.14/ano**.

De um modo geral, e conforme demonstrado através da Quadro 10, para que o custo utilizando qualquer dos dois sistemas se torne similar no final de um ano para os condóminos, assumiu-se que a energia térmica fornecida pelo Condomínio para os vários apartamentos poderia ter um custo que se situaria entre os **€0,11** e **€0,12** por cada kWh. Este valor traduz sobretudo o peso associado ao consumo energético de cada um dos apartamentos nas condições de simulação e cálculo, uma vez que na realidade cada uma dos casos se poderia comportar de forma bastante distinta, o que se traduziria também em custos reais diferentes utilizando um sistema convencional ou MCHP.

O sistema MCHP Dachs G5.5, de acordo com o fabricante, terá um tempo de vida de cerca de 80000 horas. O pressuposto de amortização seria um pagamento de forma simples, sem recorrer a simulações que envolvam taxas de juro elaboradas ou eventualmente crédito bancário, de acordo com os dados apresentados na Quadro 11. Os valores de *target*/ano traduzem somente a amortização de acréscimo de custo do sistema baseado em períodos de tempo fixos, sejam eles 6 anos, 12 anos ou 15 anos, sendo os custos operacionais decorrentes do funcionamento do sistema MCHP incluídos na Quadro 12, onde está efectuado o balanço, por forma de comparação com o referido valor de *target*. Ainda na Quadro 12, é efectuada uma comparação dos valores de despesa e receita

obtidos em condições especiais de funcionamento, com necessidades térmicas majoradas em 25% face ao obtido na simulação e também minoradas em 25% e 50% face aos mesmos valores de referência. A análise proposta para os valores obtidos no balanço sugerem uma apreciação positiva face aos valores de *target*, uma vez que com uma carga de 100%, a exploração deste sistema obteria receitas suficientes para amortização em 12 anos. O tempo anual de funcionamento do sistema seria de cerca de 6500 horas, o que significaria um período médio de funcionamento de 18 horas por dia. Ainda neste caso, o tempo de vida espectável para o equipamento será de cerca de 12 anos, o que torna a utilização do sistema uma decisão com elevado risco. No caso de existir uma produção de 75% face ao obtido na simulação, o valor obtido no balanço ainda tornaria a utilização dum sistema desta natureza apetecível para um período de 15 anos, pois o valor de *target*/ano obtido, de cerca de 3500€/ano, estaria cumprido. O tempo de funcionamento anual do sistema, para uma carga de 75%, seria de cerca de 4900 horas/ano, o que aumentaria o tempo expectável de vida do equipamento para cerca de 16 anos. Ainda neste caso, existirá um certo risco na utilização de um sistema desta natureza face ao tempo de vida do equipamento. Outra das hipóteses consideradas, sendo a produção de 50% do valor obtido em simulação, os valores obtidos no balanço estão fora de *target* para a amortização pretendida, pelo que a utilização de um sistema desta natureza não será vantajosa.

8.4. Quadros Comparativos

Os quadros apresentados abaixo resumem de certa forma, os valores assumidos no presente estudo, assim como os vários pressupostos considerados para o cálculo.

Quadro 3. Custo Anual de Gás Natural para Suprir as Necessidades Térmicas Totais Utilizando um Sistema Convencional

Sistema Convencional	
Necessidades Térmicas Totais Anuais	
Consumo Total (kWh/ano)	62488,40
Rendimento Térmico	0,85
Consumo Total Real (kWh/ano)	73515,76
Custo por kWh de referência	0,10 €
Custo Térmico Anual	7351,58
Termo Fixo Anual GN	202,36 €
Valor de IVA	1.690,89 €
Valores a Pagar (com IVA)	9.291,34 €

Quadro 4. Custo Anual de Gás Natural por Apartamento para Suprir as Necessidades Térmicas dos Apartamentos Utilizando um Sistema Convencional

Sistema Convencional	
Necessidades Térmicas Apartamentos	
Consumo Total (kWh/ano)	58290,23
Rendimento Térmico	0,85
Consumo Total Real (kWh/ano)	68576,74
Custo por kWh de referência	0,10 €
Custo Térmico Anual	6857,67
Termo Fixo GN	158,10 €
Valor Total de IVA	1613,63
Valores com IVA	8629,40
Custo Anual p/ Apartamento	1438,23

Quadro 5. Custo Anual de Gás Natural para Suprir as Necessidades Térmicas Totais Utilizando um Sistema MCHP

MCHP	
Necessidades Térmicas Totais Anuais	
Produção Total Util (kWh/ano)	62488.40
Rendimento Térmico MCHP	0.7
Consumo Total de G.N. (kWh/ano)	89269.14
Custo por kWh de referência	0.08 €
Termo Fixo GN	58.84 €
Valor de IVA	1,656.08 €
Custo Térmico Anual	8,856.45 €

Quadro 6. Custo Anual de Gás Natural por Apartamento para Suprir as Necessidades Térmicas dos Apartamentos utilizando um Sistema MCHP

MCHP	
Necessidades Térmicas Apartamentos	
Consumo Total (kWh/ano)	58290.23
Rendimento Térmico MCHP	0.7
Consumo Total G.N. (kWh/ano)	83271.76
Custo por kWh de referência	0.08 €
Termo Fixo GN	58.84 €
Valor de IVA	1,086.07 €
Custo Térmico Anual	6,661.74 €
Custo Térmico Anual Apt.	1,110.29 €

Quadro 7. Custo Anual de Eletricidade do Condomínio por Fração Utilizando um Sistema Convencional

Sistema Convencional	
Consumo Eléctrico Condomínio Anual	
Consumo total (kWh/ano)	4000.00
Custo kWh de referência	0.1543 €
Custo Total de Energia	617.20 €
Potência Contratada	10.35 kVA
Termo Fixo Diário	0.56 €
Termo Fixo Anual	205.46 €
Valor Total de IVA	189.21 €
Custo Anual Electr. Condomínio	1,011.87 €
Custo Anual Electr. Cond. Fração	126.48 €

Quadro 8. Receita Anual da Venda de Eletricidade Produzida pelo Condomínio Utilizando um Sistema MCHP

MCHP	
Produção Eléctrica Anual	
Produção Total Nominal (kWh/ano)	89269.14
Rendimento Eléctrico MCHP	0.25
Produção Eléctrica Real (kWh/ano)	22317.29
Valor Venda por kWh de referência	0.095 €
Valor Venda Eletricidade Anual	2,120.14 €

Quadro 9. Custo de Aquisição e Manutenção para um Sistema Convencional

Sistema Convencional	
Valor de Investimento	
Custo do Equipamento	600.00 €
Custo Instalação	100.00 €
Custo Manutenção Anual	150.00 €

Quadro 10. Custo de Aquisição e Manutenção para um Sistema MCHP

MCHP	
Valor de Investimento	
Custo Sistema MCHP	35,000.00 €
Custo Instalação MCHP	10,000.00 €
Custo Manutenção Anual	700.00 €

Quadro 11. Comparação dos Custos Totais de Energia Térmica e Electricidade por Apartamento

Custo Anual Total p/ Apartamento (Energia Térmica)			
Convencional	MCHP		Saldo
1,438.23 €	€0,05/kWh	693.93 €	744.30 €
	€0,08/kWh	1,110.29 €	327.94 €
	€0,10/kWh	1,387.86 €	50.37 €
	€0,11/kWh	1,526.65 €	-88.42 €
	€0,12/kWh	1,665.44 €	-227.21 €
	€0,14/kWh	1,943.01 €	-504.78 €
	€0,15/kWh	2,081.79 €	-643.56 €

Quadro 12. Valor de *Target*/Ano para Amortização do Sistema MCHP

Valor de <i>target</i> / Ano			
Período de Amortização			
6 Anos	12 Anos	15 Anos	Fora de Target
8,667 €	4,333 €	3,467 €	-

Quadro 13. Comparação Anual da Receita Térmica e Elétrica vs Despesa com o Sistema MCHP

Quadro Comparativo de Receita Térmica + Elétrica vs Despesa							
Necessidades Térmicas	Custo T	Venda T	Receita T	Venda E	Receita E	Balanço	
Apartamentos	125%	11.070,57 €	€ 0,11	12.274,51 €	€ 0,095	2.650,18 €	3.854,12 €
	100%	8.856,45 €		9.819,61 €		2.120,14 €	3.083,30 €
	75%	6.642,34 €		7.364,70 €		1.590,11 €	2.312,47 €
	50%	4.428,23 €		4.909,80 €		1.060,07 €	1.541,65 €

9. CONCLUSÃO

O resultado deste estudo sobre a utilização de uma unidade de cogeração num bloco habitacional é de que, assumindo que os custos com o combustível não sofrem grandes variações, e que a remuneração da produção elétrica não aumenta para valores de cerca do dobro, o sistema não deverá ser uma alternativa a considerar. Este facto será minimizado se for equacionada a utilização de um equipamento de cogeração com uma potência térmica superior e instalado de forma centralizada em edifícios pertencentes a uma urbanização ou em edifícios com mais de 6 apartamentos.

Numa situação de apenas uma unidade com a potência instantânea necessária de acordo com o REH, a instalação de um sistema desta natureza se tornar-se-ia inadequada face à potência térmica necessária pelo dito regulamento. Este aspeto poderá ser facilmente compensado através da instalação de uma fonte de energia térmica convencional exclusiva para cada fração, conforme previsto de raiz na instalação. A existência de depósitos de inércia na instalação compensa a menor potência necessária no dia-a-dia, minimizando este aspeto e possibilitando uma disponibilidade térmica comparável à instantânea para cada uma das frações.

Quanto à tipologia do edifício, sendo preparado de raiz para a instalação de um equipamento desta índole minimizará os custos envolvidos, possibilitando sempre a existência de uma alternativa dita convencional, sendo que, conforme foi referido no início deste estudo, a cogeração deverá ser entendida como a obtenção de resultados similares, utilizando menos recursos.

No que concerne a desenvolvimentos futuros, assumindo ainda o âmbito de instalação uma Micro Geração, será também de considerar a utilização destes sistemas combinados com outros baseados em energias alternativas como coletores solares térmicos.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Top-Informática, Lda (2014). *Novo Cypeterm*. CYPE Ingenieros, SA. Top-Informática,Lda. Braga

cogenportugal. (2015). *MicroCogeração*. Associação Portuguesa para a Eficiência Energética e Promoção da Cogeração

cogenportugal. (2009). *Manual de Apoio ao Cogrador*. Associação Portuguesa para a Eficiência Energética e Promoção da Cogeração

Balestieri, J. A. P. (2002). *cogeração: geração combinada de electricidade e calor*. Editora USFC, Florianópolis. ISBN 9788532802286

SEAI, Sustainable Energy Authority of Ireland (2011). *Commercial micro-CHP Field Trial Report*,

LEGISLAÇÃO

Decreto-Lei nº363/2007, de 2 de novembro. “Estabelece o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade por intermédio de unidades de micro-produção.”

Decreto-Lei nº118A/2010, de 25 de outubro. “Simplifica o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade por intermédio de instalações de pequena potência, designadas por unidades de microprodução, e procede à segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 363/2007, de 2 de Novembro, e à segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 312/2001, de 10 de Dezembro.”

Decreto-Lei nº118/2013, de 20 de agosto. “Aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios.”

Decreto-Lei nº25/2013, de 19 de fevereiro. “Procede à terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 363/2007, de 2 de novembro, que estabelece o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade por intermédio de

unidades de microprodução, e à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 34/2011, de 8 de março, que estabelece o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade por unidades de miniprodução.”

Decreto-Lei nº153/2014, de 20 de outubro. “Cria os regimes jurídicos aplicáveis à produção de eletricidade destinada ao autoconsumo e ao da venda à rede elétrica de serviço público a partir de recursos renováveis, por intermédio de Unidades de Pequena Produção.”

Portaria nº15/2015, de 23 de janeiro. “Procede à fixação da tarifa de referência aplicável à energia elétrica produzida através de unidades de pequena produção, nos termos do Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de outubro, e determina as percentagens a aplicar à tarifa de referência, consoante a energia primária utilizada por aquelas unidades.”

Portaria nº60-E/2015, de 23 de janeiro. “Altera a Portaria n.º 14/2015, de 23 de janeiro, que define o procedimento para apresentação de mera comunicação prévia de exploração das unidades de produção para autoconsumo, bem como para obtenção de um título de controlo prévio no âmbito da produção para autoconsumo ou da pequena produção para injeção total na rede elétrica de serviço público da energia elétrica produzida, e determina o montante das taxas previstas no Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de outubro.”

SÍTIOS DE INTERNET

- [1] <http://www.cogenportugal.com>
- [2] <http://www.climaespaco.com>
- [3] <http://www.bhkw-prinz.de/senertec-dachs-mini-bhkw>
- [4] <http://www.seai.ie>
- [5] <http://www.galpenenergia.com>
- [6] <http://www.edpdistribuicao.pt>
- [7] <http://www.senertec.de>
- [8] <https://www.renewableenergyhub.co.uk>

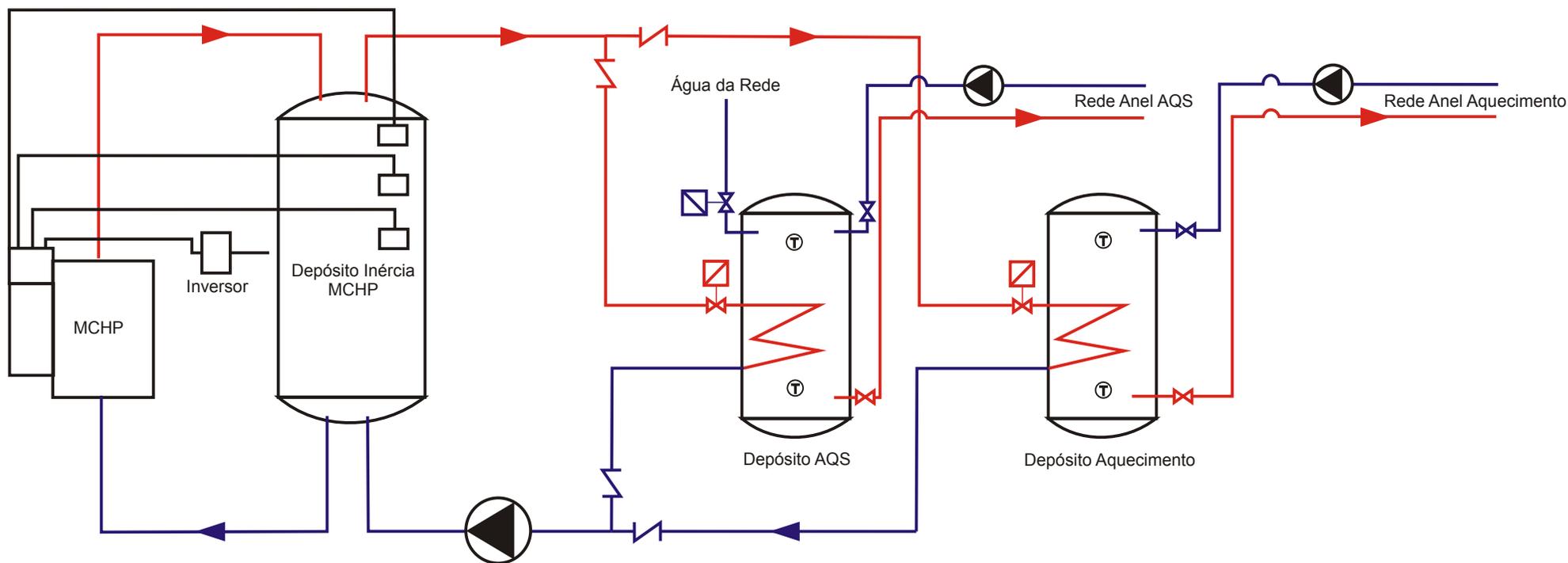
11. ANEXOS

Anexo 1 – Diagrama de Princípio – Central Térmica

Anexo 2 – Diagrama de Princípio – Rede de Aquecimento

Anexo 3 – Diagrama de Princípio – Rede de AQS

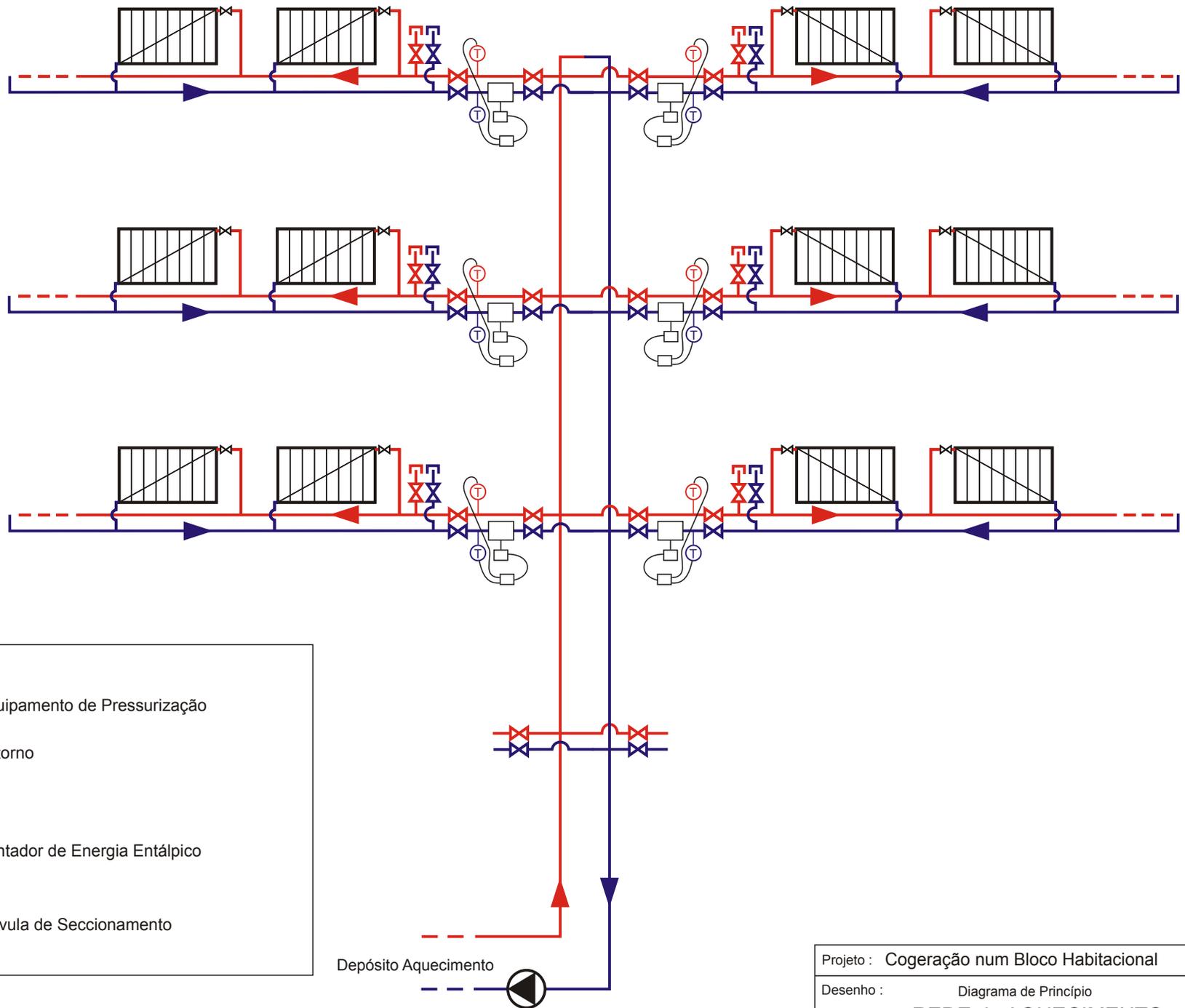
Anexo 4 – Diagrama de Princípio – Ligação à Rede Elétrica



LEGENDA

-  - Equipamento de Pressurização
-  - Retorno
-  - Ida
-  - Contador de Energia Entálpico
-  - Válvula de Seccionamento
-  - Eletroválvula

Projeto : Cogeração num Bloco Habitacional	Escala :
Desenho : Diagrama de Princípio	Data : Setembro 2015
CENTRAL TÉRMICA	



LEGENDA

-  - Equipamento de Pressurização
-  - Retorno
-  - Ida
-  - Contador de Energia Entálpico
-  - Válvula de Seccionamento

Depósito Aquecimento

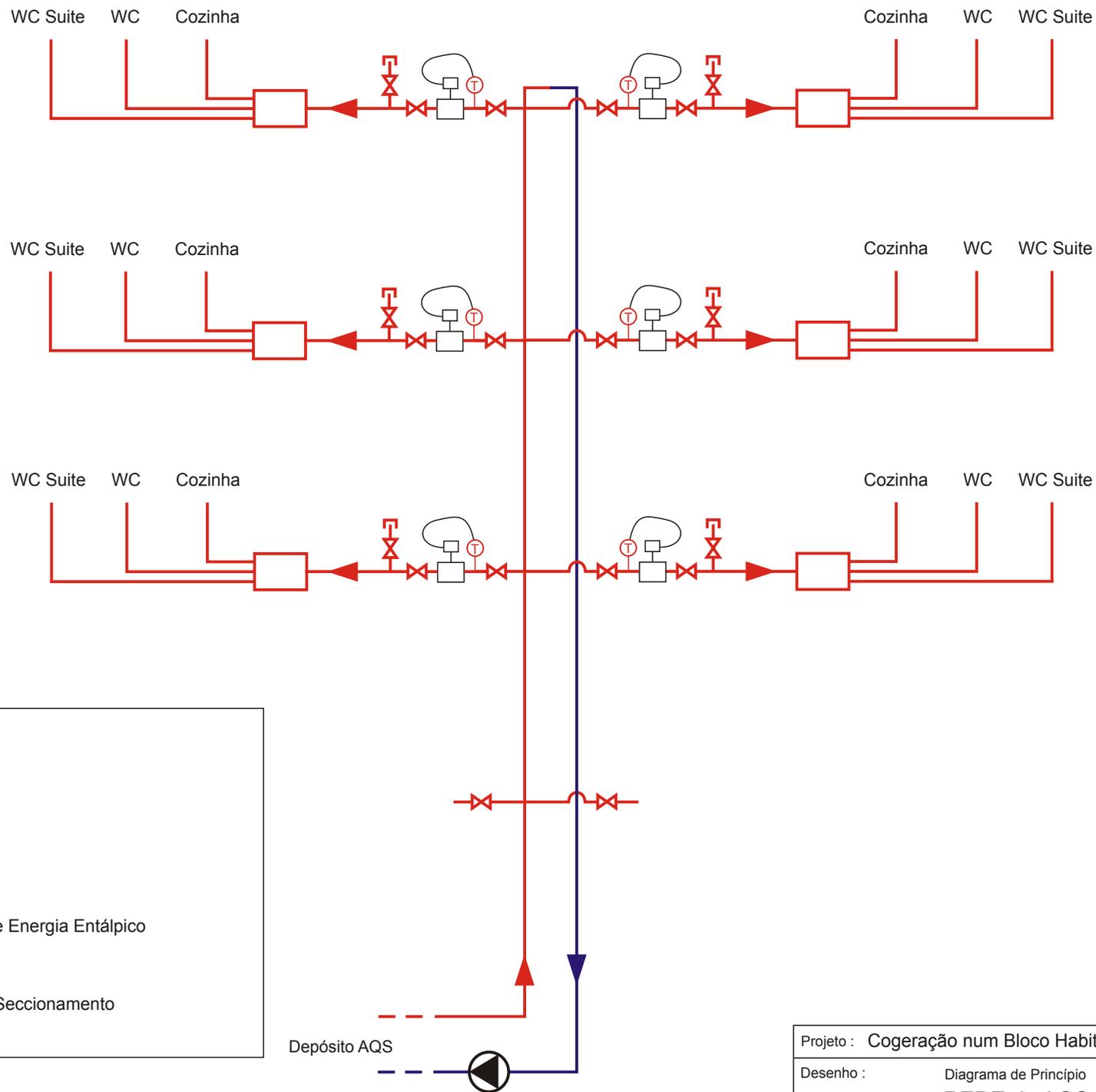
Projeto : Cogeração num Bloco Habitacional

Escala :

Desenho : Diagrama de Princípio

Data : Setembro 2015

REDE de AQUECIMENTO



LEGENDA

-  - Retorno
-  - Ida
-  - Contador de Energia Entálpico
-  - Válvula de Seccionamento

Depósito AQS

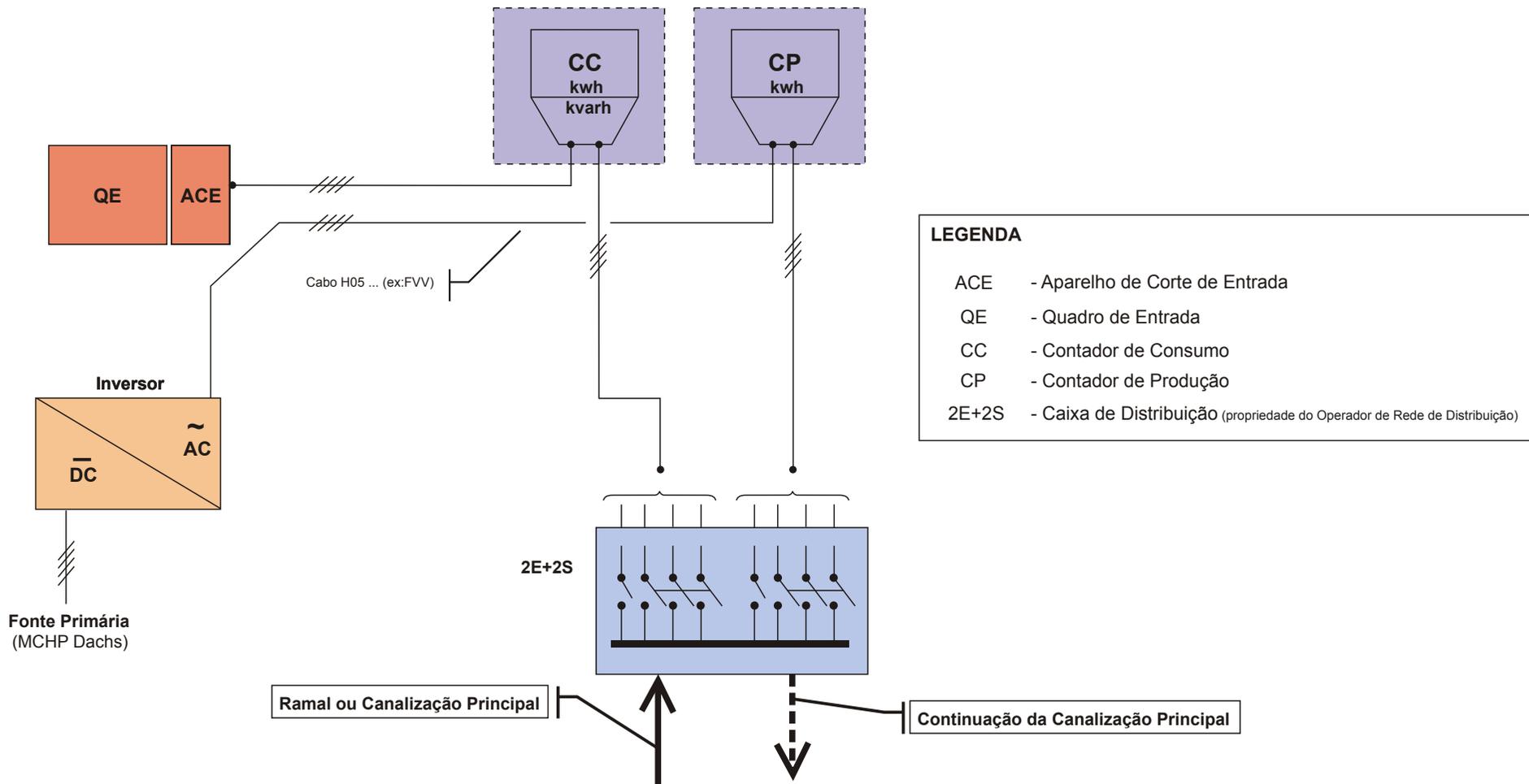
Projeto : Cogeração num Bloco Habitacional

Escala :

Desenho : Diagrama de Princípio

Data : Setembro 2015

REDE de AQS



LEGENDA

ACE	- Aparelho de Corte de Entrada
QE	- Quadro de Entrada
CC	- Contador de Consumo
CP	- Contador de Produção
2E+2S	- Caixa de Distribuição (propriedade do Operador de Rede de Distribuição)