

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

Aditamento à Central Termoelétrica do Aterro Sanitário do Vale do Minho

FORNECIMENTO DE 1 GRUPO MOTOGERADOR E AUXILIARES

LOTE 7 – VALORMINHO

Telas Finais

EMPRESA GERAL DO FOMENTO, S.A. (EGF)

Ficha técnica

Cliente	Valorminho - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.
Contacto	Engº Vasco Melo | vasco.melo@resulima.pt
Data	Março de 2025
Revisão	01
Referência	806060001 – EGF (VALORMINHO)

Confidencialidade

A informação contida neste documento só poderá ser utilizada pelo destinatário no âmbito ao qual o objeto do documento se enquadra. O destinatário não poderá, direta ou indiretamente, usar, copiar, divulgar ou publicar qualquer informação contida neste documento sem a prévia autorização por escrito da CapWatt.

Autorização para uso como referência

A CapWatt poderá utilizar o nome do cliente como referência para efeitos de demonstração da sua experiência, nomeadamente ao nível de marketing e vendas. O nome do cliente não será utilizado em qualquer iniciativa que possa colocar em causa o seu bom nome ou prejudicar a sua atividade.

Índice

Índice 3

1 ENQUADRAMENTO 5

2 ÂMBITO 6

3 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO 8

4 DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA 9

4.1 Grupo Motogerador 9

4.1.1 Sistema de gestão do motor – DIA.NE XT4 11

4.2 Equipamentos Auxiliares 13

4.2.1 Unidade de Arrefecimento e Desumidificação (UAD) 13

4.2.2 Unidade de Condicionamento de Biogás (UCG) 14

4.2.3 Analisador de gás 16

4.2.4 Queimador de emergência EM, incorporado na UCG 17

4.2.5 Filtro de carvão ativado 17

4.2.6 Caudalímetro 18

4.3 SCADA e SUPERVISÃO 19

5 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS 19

5.1 Rede de Média Tensão 20

5.1.1 Generalidades 20

5.1.2 Canalização de Média Tensão 20

5.2 Posto de Seccionamento e Transformação 20

5.2.1 Generalidades 20

5.2.2 Quadro de Média Tensão (QMT) 20

5.2.3 Transformadores para interior 23

5.2.4 Acessórios Regulamentares 24

5.3 Rede de Baixa Tensão 24

5.3.1 Generalidades 24

5.4 Quadros Elétricos 24

5.4.1 Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) 24

5.5 Proteções 25
5.5.1 Generalidades 25
5.6 Contagem de energia 26
5.7 Sistemas de Proteção de Pessoas 26
5.7.1 Proteção Contra Contactos Diretos 27
5.7.2 Proteção Contra Contactos Indiretos 28
5.8 Rede de terras e regime de neutro 28
5.8.1 Generalidades 28
5.8.2 Regime de Neutro 29
5.8.3 Terra de Proteção 29
5.8.4 Ligação Equipotencial Principal 29
5.8.5 Ensaio da Instalação Elétrica 30
6 ASSENTAMENTO DE EQUIPAMENTOS 31
6.1 Materiais 31
6.1.1 Tout-venant: 31
6.1.2 Betão 31
6.1.3 Aço 31
6.1.4 Recobrimentos: 31

1 ENQUADRAMENTO

O presente documento descreve o projeto final, os equipamentos instalados e a interligação entre os mesmos da solução de valorização energética que a CapWatt implementou, de acordo com as especificações do Caderno de Encargos e a sua experiência, salvaguardando as condições de segurança, a minimização de impactos ambientais e o controle de qualidade.

Salienta-se que o fator mais importante de uma central de biogás é a sua disponibilidade efetiva de longo prazo. Para se atingir este objetivo, acredita-se que a fórmula de sucesso é a combinação entre uma boa engenharia/tecnologia e a experiência. Para tal, a CapWatt utilizou a parceria dos líderes tecnológicos nesta área – INNIO Jenbacher –, aliada a uma experiência, de mais de duas décadas da sua equipa, a construir e a explorar centrais de biogás, com históricos comprovados de elevado desempenho e disponibilidades.

Deste modo, a considerável experiência efetiva da empresa no tipo de trabalhos incluídos neste projeto, permitiu afetar ao mesmo, à obra e à manutenção do grupo motogerador, os meios técnicos experientes e os equipamentos adequados aos trabalhos a realizar, garantindo o cumprimento do prazo, a qualidade na execução de todos os trabalhos.

2 ÂMBITO

A presente Memória Justificativa e Descritiva refere-se às telas finais da Empreitada relativa ao fornecimento e instalação de unidade de valorização energética – conforme preconizada no lote 7 do concurso de fornecimento de motogerador. O referido projeto teve por objeto o fornecimento e instalação dos seguintes equipamentos:

- Elaboração do projeto/plano de execução global incluindo um cronograma detalhado de trabalhos de compra, fabricação, transporte, montagem, colocação em funcionamento e testes de potência.
- Elaboração de plano de segurança e saúde e identificação dos aspetos ambientais na fase de construção e exploração;
- Processo de comunicação de alteração do grupo gerador junto da DGEG;
- Desmontagem do grupo motogerador e respetivos auxiliares, incluindo serviço de grua, com transporte do grupo existente para local a definir dentro das instalações da VALORMINHO e tendo por base o estipulado no ponto 5 do caderno de encargos;
- Fornecimento e instalação de 1 (um) motogerador, contentorizado, com uma potência elétrica limitada a 537 kW (577 kVA), incluindo os consumíveis para o arranque do grupo (óleo, anticongelante e ácido sulfúrico), grua para descarga dos equipamentos, sistema automático de ajuste de fator de potência, isolamento do sistema de gases de escape com interligação ao equipamento ORC existente, e sistema de aproveitamento do calor do circuito de refrigeração (primário e secundário). Cumprimento D.L. 39/2018, de 11 de junho, em particular as caraterísticas da chaminé;
- Realização das análises de biogás, incluindo a recolha de duas amostras e relatório de análise compreensiva de resultados, para efeitos de garantias do equipamento do Fabricante;
- Realização de análises de emissões gasosas e de ruído;
- Adaptação das tubagens existentes para ligação dos novos equipamentos;
- Substituição de todas as redes elétricas existentes em BT e MT no interior do espaço da CVE, com exceção da linha enterrada em MT desde o atual edifício das celas até ao apoio de entrega na linha aérea da RESP, bem como reforçar as terras de proteção;
- Substituição dos sistemas de medição qualitativa (analisadores, sondas) e quantitativa (caudalímetros) de biogás, medidores de pressão/depressão e outros necessários;
- Instalação e colocação em serviço de 1 (um) transformador de 630 kVA de potência;
- Adaptação do quadro geral de serviços auxiliares e um novo quadro de contagem, com contador bidirecional;
- Substituição do relé de interligação com a RESP
- Fornecimento e instalação de novas celas de Média Tensão (MT),

- Serviços de montagem elétrica, com reforço das proteções e melhoria dos circuitos de terras;
- Substituição das redes de comunicações, automação e supervisão, integrando todos os equipamentos num sistema SCADA, de forma a visualizar, parametrizar e atuar online em toda a CVE, registar e armazenar continuamente os dados de funcionamento, emitir relatórios, permitir a operação, registar e emitir alarmes, tendo acesso local e remoto;
- Instalação de um sistema de pré-tratamento de biogás por carvão ativado, com capacidade para 350 Nm3/h;
- Instalação de 2 (duas) câmaras de vídeo móveis, com cabo de 5 (cinco) metros;
- Fornecimento e instalação de 1 (uma) unidade de aspiração, condicionamento e queima de biogás com capacidade unitária de 350 Nm3/h, incluindo caudalímetro digital com medição instantânea e acumulada (em Nm3/h), um analisador de biogás (CH4, CO2, O2 e H2S) na linha comum à entrada da CVE e sensor de pressão/depressão nesse local;
- Fornecimento e instalação de uma Unidade de Arrefecimento e Desumidificação de biogás (UAD) de 350 Nm3/h;
- Trabalhos de construção civil necessários para adaptação de espaço na zona contígua à atual CVE, no sentido de prever todos os novos equipamentos e redes.
- Gestão Global do Projeto;
- Ensaios, parametrizações e colocação em serviço da instalação;
- Fornecimento do Manual de Operação e de Manutenção dos equipamentos e sistemas fornecidos, assim como demais documentação obrigatória em língua portuguesa;
- Formação da equipa técnica de operação e manutenção;
- Fornecimento de uma coleção de telas finais em película reprodutível e em suporte informático

3 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO

O presente documento constituído por peças desenhadas, memória descritiva e justificativa, refere-se ao aditamento do projeto de execução da instalação elétrica da Central Termoelétrica a Biogás do Aterro Sanitário do Vale do Minho, Lugar de Arraial, freguesia de São Pedro da Torre, concelho de Valença (coordenadas GPS: 41.976049, -8.667162). O aditamento ao projeto foi solicitado pelo proprietário Valorminho - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A., com o número de contribuinte 503796328 e com sede na Rua das Covas do Arraial nº 352, 4930-514 São Pedro da Torre, Valença.

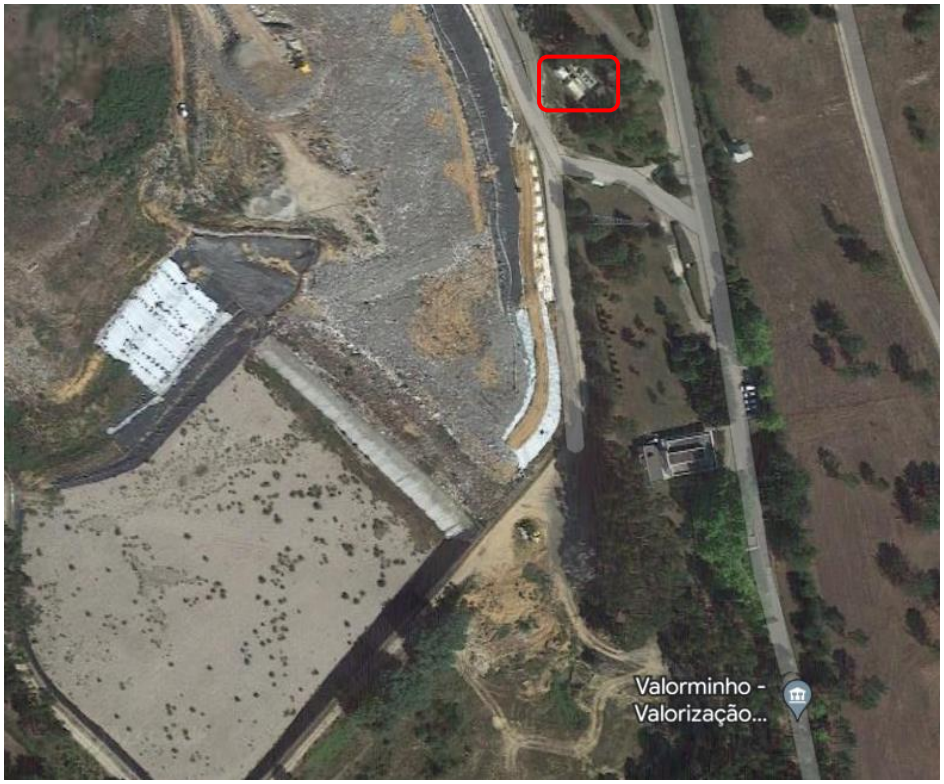

Figura 1 - Planta topográfica da localização

4 DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA

O biogás é formado a partir da degradação da matéria orgânica. A sua produção é possível a partir de uma grande variedade de resíduos orgânicos como o lixo doméstico, resíduos de atividades agropecuárias, lamas de esgoto, entre outros. O biogás de aterro e produzido por decomposição da fração orgânica dos resíduos depositados nos aterros, sendo composto tipicamente por 35%-65% de metano (CH4), 15%-50% de dióxido de carbono (CO2) e de uma mistura de outros gases como nitrogénio, hidrogénio, gás sulfídrico, monóxido de carbono, amónia e oxigénio. A quantidade de metano que compõe o biogás depende da qualidade da deposição dos resíduos orgânicos e da sua impermeabilização.

Existem diversas tecnologias que podem ser utilizadas para a valorização do biogás de aterro, tais como o uso direto em caldeiras, produção de energia elétrica, a injeção na rede de gás natural e a utilização como combustível veicular.

Atualmente o biogás produzido no Aterro Sanitário do Vale do Minho já está a ser valorizado num grupo motogerador pelo que o projeto tem como âmbito a substituição desse grupo motogerador e de todos os seus auxiliares mecânicos e elétricos bem como o fornecimento de um queimador de emergência, filtro de carvão ativado para o biogás e uma da unidade de desumidificação de biogás.

O processo consiste, essencialmente, na aspiração do biogás do aterro, que numa primeira etapa é-lhe removido grande parte da alta humidade que contém na UAD – Unidade de Arrefecimento e Desumidificação, aspiração essa que é feita pelo compressor de biogás presente na UCG – unidade de condicionamento de gás, do qual, para além do compressor, fazem parte pote de condensados e estabilização de gás, filtro de gás, válvula bypass de estabilização de pressão e quadro de controlo. A UCG coloca o biogás à pressão de operação do grupo motogerador. Em complemento, a instalação dispõe de um queimador de emergência e todo o biogás consumido no grupo motogerador será filtrado num filtro de carvão ativado. O biogás comprimido é utilizado como combustível para acionar o grupo motogerador e produzir energia elétrica. A energia elétrica produzida e elevada a 15 kV e injetada na Rede Elétrica de Serviço Público (RESP).

4.1 Grupo Motogerador

A CapWatt considerou a instalação de um grupo moto gerador da *Innio Jenbacher* preparado para funcionar em paralelo com a rede elétrica, tendo como propósito a injeção de toda a energia elétrica na rede. As principais características do grupo moto gerador proposto são apresentadas na tabela seguinte.

Características do grupo moto gerador JGC 312 GS-B L.LC da Innio Jenbacher		
Características técnicas		**Modelo J312**
Poder calorífico inferior do gás (PCI)	kWh/Nm^3	4
Energia do combustível	kW	1 337
Caudal de gás	Nm^3/h	344
Potência mecânica	kW	556
Potência elétrica (cos φ = 1,0)	kW	537
Consumo específico de combustível elétrico	kWh/kWel.h	2,56
Consumo específico de combustível	kWh/kWh	2,48
Rendimento elétrico	%	39,0
Temperatura dos gases de escape	°C	502
Comprimento do contentor	mm	12 200
Largura do contentor	mm	2 500
Altura do contentor	mm	2 600
Peso (em vazio)	kg	19 500
Peso (pronto para funcionar)	kg	20 600
Número de cilindros		12
Cilindrada	L	29,20
Velocidade Nominal	rpm	1 500

GERADOR		
Rendimento (cos φ = 1)	%	96,6
Potência nominal efetiva (cos φ = 1)	kW	537
Potência elétrica (cos φ = 0,8)	kVA	664
Frequência	Hz	50
Tensão (em vazio)	V	400
Velocidade nominal	rpm	1 500
Classe de isolamento		H
Índice de proteção		IP23
Regulador de tensão e fator de potência		0,8 – 0,95

O motor está equipado com um sistema de sensores que garantem que os parâmetros de funcionamento são cumpridos, assegurando uma combustão completa bem como a emissão de gases de escape dentro dos limites previstos.

O gerador apresenta as seguintes características:

- estator de pólos interiores;
- rotor de pólos salientes;
- regulação de tensão e fator de potência através de excitatriz auxiliar de ímanes permanentes.

O gerador pode ser colocado em paralelo com a rede ou com outro gerador. O controlo eletrónico do gerador permite o seu arranque até a velocidade nominal e sincronização com a rede elétrica sem intervenção humana. Existe ainda um quadro de potência com um disjuntor trifásico de 2000A com disparo eletrónico para proteção do gerador.

É possível a monitorização à distância dos parâmetros de funcionamento do motor, através da ligação ao sistema de transmissão de dados do grupo moto gerador.

4.1.1 Sistema de gestão do motor – DIA.NE XT4

O *DIA.NE XT4* é a nova geração do sistema de gestão de todos os modelos de motogeradores da *Innio Jenbacher*. Engloba uma unidade de comando e de regulação, incluindo a visualização de dados num único aparelho.

Com a visualização no computador *DIA.NE WIN* é possível, opcionalmente, ter uma gestão centralizada e confortável dos módulos da *Jenbacher*. Da mesma forma, terá uma ligação específica do cliente a um sistema de comando de nível superior.

O ponto forte da conceção do *DIA.NE XT4* é a combinação harmoniosa de um sistema eletrónico de regulação e comando potente e flexível, com um conceito de operação de fácil utilização. A inovadora conceção do hardware foi elaborada com os mais modernos componentes e estabelece novos padrões no que se refere a eficácia, funcionalidade e segurança de funcionamento. Com a apresentação de informações utilizando várias cores e uma componente gráfica, é disponibilizada uma interface homem-máquina de fácil utilização, o que torna assim mais fácil, tanto para o operador como para as pessoas de assistência e manutenção, lidar com o sistema.

Estrutura:

O *DIA.NE XT4* é composto pelas seguintes unidades:

- regulação do motogerador e visualização com base num controlador de painel;
- módulos E/S descentralizados para controlo de módulos (*ethernet powerlink*);
- módulo E/S descentralizado no motor (*ethernet powerlink*);
- componentes descentralizados de monitorização/controlo do motor (*bus* CAN)

- ligação à visualização *DIA.NE WIN* do cliente – computador;
- ligação ao sistema de comando de nível superior (RS232 / RS485)

A ligação entre os componentes individuais faz-se através de meios de comunicação industriais com proteção contra avarias. Para permitir abranger todos os valores a serem medidos no agregado, é utilizada uma conceção de E/S descentralizada.

Hardware:

No controlo do motor são realizadas todas as funções de regulação e partes essenciais da monitorização do motor e de comando, em técnica digital. O *hardware* utilizado apresenta o denominado *power panel* (comando de memória programável + visualização).

O núcleo deste painel é um potente CPU comum. A vantagem deste sistema de comando reside no facto dos microprocessadores oferecerem, já hoje, uma largura de banda muito ampla e permitirem que, no futuro, se possam integrar no sistema, núcleos de computadores compatíveis cada vez mais potentes.

A cópia dos dados provenientes dos módulos de E/S utilizados para o mapeamento do processo do CPU faz-se através de um módulo de comunicação separado. Este processo de cópia é executado ao mesmo tempo que se realizam os próprios cálculos no CPU e, portanto, não a sobrecarrega adicionalmente.

Para redução dos custos de cablagem, concretizou-se a conceção descentralizada de E/S na ligação ao processo. Para isto, existe no painel de interfaces de módulo uma unidade que concentra todos os sinais de medição e atuações de regulação do motor. A ligação ao controlo do motor no armário de comando de módulos faz-se através de uma ligação *bus* rápida e com proteção contra interferências (*ethernet powerlink*).

No nível de E/S é utilizada uma extensiva gama de módulos. O sistema permite um ajuste flexível dos módulos de E/S digitais e analógicos às necessidades.

Visualização geral e *software:*

A visualização aumenta a segurança de utilização e proporciona o máximo conforto de utilização. O sistema de visualização encarrega-se de todas as funções de indicação e de utilização.

No ecrã surge um resumo claro e funcional das indicações dos valores de medição em simultâneo com a elaboração gráfica dos mesmos. A orientação do utilizador é feita através de teclas de seleção de imagem e teclas de função. Todas as mensagens do sistema e todas as legendas das imagens são apresentadas na respetiva língua nacional. Além das ilustrações normais do processo, o utilizador tem à sua disposição as instalações auxiliares e os valores de medição mais importantes apresentados sob a forma de tabelas.

Elementos de visualização adicionais:

- gestor de parâmetros - para a indicação, regulação e memorização de todos os parâmetros da máquina, foi concebido no *DIA.NE XT4* um gestor de parâmetros. Os parâmetros estão estruturados em vários níveis;
- gestão de alarmes - a gestão de alarmes realizada pelo *DIA.NE XT4* põe à disposição do utilizador um instrumento de diagnóstico eficaz. Todas as mensagens de avaria são apresentadas em texto claro sob a forma de tabelas. A sequência dos acontecimentos é facilmente legível através do carimbo da hora das mensagens de avaria;
- tendências online - uma representação multicor das tendências possibilita a observação exata da evolução temporal dos variáveis de medição (tendência online);
- proteção contra acesso - para aceder ao sistema, cada utilizador deve entrar em sessão com uma identificação de utilizador e código próprios. Desta forma podem identificar-se os utilizadores, disponibilizar as funções de forma direcionada e ajustar o painel de comando do utilizador ao grupo de utilizadores;
- registo de ações - todas as ações efetuadas pelo utilizador, como, por exemplo, entrar em sessão, sair de sessão, iniciar e parar o módulo, etc., são gravadas no histórico;
- funcionalidade de idiomas múltiplos;
- para a indicação de pressões e temperaturas, pode também comutar-se as unidades entre "Bar" e "Psi" ou "Graus centígrados" e "*Fahrenheit*" respetivamente.

4.2 Equipamentos Auxiliares

4.2.1 Unidade de Arrefecimento e Desumidificação (UAD)

A unidade de desumidificação é composta por um permutador de calor de carcaça e tubos integralmente construídos em aço AISI 316, com isolamento térmico e proteção mecânica em chapa de 0,5 mm. A unidade de desumidificação por arrefecimento em chiller está dimensionada para um caudal nominal de 350 Nm3/h.

No permutador, o biogás proveniente do aterro, flui em contra-corrente com a mistura de água glicolada circulante do lado da carcaça deste permutador. A água glicolada circula em circuito fechado, sendo o seu arrefecimento efetuado com recurso a um chiller MTA iHCY 081, que ajusta a sua potência (entre 20 e 100% da carga) em função das necessidades de arrefecimento. A capacidade nominal do chiller nas condições de temperatura exterior de 32ºC, temperatura ida de água glicolada de 5ºC e temperatura de

retorno da água glicolada de 10ºC, é de 15,9 kW (permitindo cumprir a solicitação de 14,5 kW+10%) Este chiller incluí o grupo de bombagem e vaso de expansão.

Os condensados gerados na mudança de fase resultante dos processos de arrefecimento no permutador, são recolhidos no pote de condensados em INOX AISI 304 e encaminhados de forma automática, pelo meio de uma bomba, para um local indicado para a sua descarga.

4.2.2 Unidade de Condicionamento de Biogás (UCG)

A unidade de condicionamento de gás (UCG) é um equipamento de alta performance e fiabilidade que permite a extração de gás de aterro e o seu fornecimento à pressão ótima para os consumidores, motogeradores, caldeiras ou queimadores.

Este equipamento inclui um tanque de condensados na entrada, para reter gotículas de condensado presentes no fluxo de gás. Adicionalmente, neste tanque é efetuada a monitorização da pressão de vácuo que providencia informação preciosa acerca das condições de operação do campo de gás.

O *blower* incluído na UCG é operado com recurso a um inversor que, através de um controlador PID, é ajustado às distintas condições de operação. Após o *blower* existe um tanque de pressão onde são removidas as partículas de pequenas dimensões. Neste tanque existe um sensor de pressão que permite monitorizar as condições do processo. Esta variável é utilizada no *loop* de controlo do processo.

Todo o sistema é controlado por um PLC, que permite a operação e monitorização de todos os parâmetros do equipamento assim como a emissão de aviso e alarmes. A interface é efetuada através de uma consola tátil onde são registados todos os eventos e onde se incluem todas as configurações do sistema. A UAD será também controlada pela UCG, emitindo todas informações/condições de operação e alarmes.

Este equipamento está otimizado para operar na central com motogerador permitindo a comunicação com este via *modbus* e sinais analógicos, proporcionando um funcionamento integrado do sistema.

Constituição da UCG:

1. tanque de condensados com medição de vácuo e temperatura;
2. válvula modulante de *bypass* para condições de estado transiente de baixo caudal;
3. quadro elétrico e de controlo com consola tátil incluindo configuração avançada de parâmetros e alarmes;
4. *blower*/compressor para gás de aterro com certificação ATEX;
5. tanque de pressão com pré-filtro e filtro de partículas, incluindo sensor de pressão do processo;
6. HMI incluindo *webserver* para controlo remoto.





A UCG fornecida é composta por um vaso de condensados cilíndrico fabricado em chapa de aço AISI304 de 5 mm de espessura que inclui um transdutor de pressão relativa, vacuómetro e termómetro. O compressor está preparado para biogás, sendo acionado por um motor de 11 kW através de correias. A UCG inclui também um vaso de compressão paralelepipédico fabricado em chapa de aço AISI304 de 5mm com um transdutor de pressão relativa e manómetro. Neste vaso será instalado um pré-filtro classe G4 (EN779) e um filtro classe F8 (EN779). As tubagens são em aço AISI304 com espessura mínima de 2 mm. As flanges e elementos de conexão entre flanges são em aço AISI304. As estruturas de suporte dos equipamentos são fabricadas em aço galvanizado. As válvulas com diâmetro superior a DN65 são de borboleta tipo *waffer* com corpo em ferro fundido com pintura *epoxy*, disco em CF8M e junta em NBR, as restantes válvulas têm o corpo em AISI304.

Este sistema inclui ainda um quadro de potência e comando no qual está instalado o variador de frequência para controlo do compressor, o PLC e consola para visualização dos parâmetros e operação da unidade.

As principais caraterísticas das UCGs são apresentadas na tabela seguinte.

	UCG350
CARACTERÍSTICAS GERAIS	
Dimensões [m]	2,2x2,8x2,1
Peso aproximado [kg]	2600

BLOWER (compressor)	
Caudal [Nm3/h]	400
Fabricante	Continental Indsutries
Modelo	008.05
Pressão diferencial [mbar]	250
Acoplamento Motor / *blower*	V-Belts
Potência motor	11 kW
INSTRUMENTAÇÃO	
Consola tátil	LCD
Arranque remoto	Relé
Caudalímetro	Digital
Temperatura de gás	Analógico
Temperatura dos rolamentos (*blower*)	Digital
Pressão de gás	Analógico + Digital
Metano (CH_4)	Digital
Oxigénio (O_2)	Digital
Dióxido de carbono (CO_2)	Digital
Sulfureto de hidrogénio (H_2S)	Digital

4.2.3 Analisador de gás



O analisador de gás é um equipamento compacto que permite a monitorização da qualidade do gás, determinando o teor dos seus principais componentes (CH4, CO2, O2 e H2S). O gás é extraído, num ponto de amostragem comum às UCG's e é analisado em células dedicadas a cada componente.

Inclui um ecrã frontal, no painel de controlo, onde é possível configurar os parâmetros de operação. O registo de dados é possível através das saídas analógicas 4-20mA e/ou *modbus*.

Os sinais de CH4 e O2 devem ser utilizados pelo motogerador para a correta operação e por questões de segurança.

Este equipamento tem certificação ATEX.

4.2.4 Queimador de emergência EM, incorporado na UCG

O queimador de emergência caracteriza-se pela queima aberta sem controle de temperatura, projetado para operação descontínua. É um equipamento robusto, desenvolvido para queima de biogás durante os períodos de manutenção e teste.

Todos os seus componentes, incluindo tubos, queimador e saída do queimador, são de aço inoxidável. O suporte do queimador e o painel de controle são de aço galvanizado.

O conjunto inclui o painel de controle, componentes de regulação e segurança (corta-chamas e válvulas). O sistema opera numa faixa hidráulica de 1:5.

O sistema de queimador de emergência inclui o seguinte:

- Linha principal, incluindo válvula de segurança motorizada, válvula manual e corta-chamas;
- Linha piloto, incluindo válvula solenóide, válvula manual e corta-chamas;
- Painel elétrico e de controle;
- Sensor UV para deteção de chama;

CARACTERÍSTICAS GERAIS QUEIMADOR	
Material	ISO AISI 304
Altura [m]	4,9
Largura [m]	1,52
Comprimento [m]	1,45
Linha de gás principal	DN100
Linha de gás piloto	1''
Caudal mínimo [Nm^3/h]	100
Caudal máximo [Nm^3/h]	500
Pressão mínima [mbar]	15
Pressão máxima [mbar]	120

4.2.5 Filtro de carvão ativado

Este equipamento é composto por um tanque em aço inoxidável AISI 304 com uma conexão no topo para permitir o enchimento e uma conexão na base para permitir a remoção do carvão ativado. O suporte para o carvão é uma placa perfurada que funciona como um difusor de modo a evitar curto-circuito do gás.

O sistema inclui um bypass que permite isolar o filtro sem que exista necessidade de paragem da central de energia. Este bypass é ativado por uma combinação de operação de um conjunto de válvulas borboleta

tipo wafer. O sistema inclui também válvulas, no topo e na base, que podem ser utilizadas em caso de necessidade de inertização do filtro. Durante a operação normal, esta válvula de fundo pode ser utilizada para remoção de eventuais condensados.

O carvão ativado utilizado é otimizado para a adsorção de siloxanos, apresentando uma elevada área superficial que permite uma remoção eficiente do contaminante. A adsorção é influenciada pela humidade relativa e pelo teor de COVs do gás.

A periodicidade de substituição do carvão ativado estará dependente da concentração de contaminantes presentes no biogás.

CARACTERÍSTICAS DO FILTRO	
Material	INOX AISI 304
Altura (c/varandim)	4450 mm
Diâmetro	1500 mm
Carga carvão	DN 400
Descarga carvão	DN 400
Entrada biogás	DN 100
Saída Biogás	DN 100
Válvulas p/inertização	3/4”

4.2.6 Caudalímetro

A unidade cogeração está equipada com um caudalímetro, Endress+Hauser Prosonic B200, para medição em tempo real do caudal normalizado (Nm3/h) de biogás consumido. O princípio de medição deste equipamento são os ultrassons, inclui 4 sensores, colocados lateralmente, no corpo do equipamento, que permitem monitorizar a velocidade do escoamento e a partir desta calcular o caudal.

Este equipamento permite a configuração da composição do biogás, temperatura e pressão de modo que possa efetuar a correção do caudal instantâneo para caudal normalizado em função das condições do processo. O equipamento possui um transmissor que inclui um display onde é possível visualizar, localmente, o caudal normalizado e o totalizador de biogás consumido. Neste transmissor são também efetuadas as conexões elétricas para as interfaces de saída/entrada analógica (4-20mA) que permitem a conexão aos sistemas externos (PLCs, SCADA, etc).

O caudalímetro é alimentado eletricamente através do loop de corrente conectado à saída analógica.

4.3 SCADA e SUPERVISÃO

Os equipamentos da central, UAD/UCG e motogerador, têm PLCs que permitem a sua operação independente. No entanto, estão conectados entre si, através de sinais digitais, analógicos e protocolos de comunicação de modo a permitir a troca de informação e o seu funcionamento de forma integrada.

A solução de supervisão e recolha de dados apresenta-se descrita no manual SCADA, anexo a este documento.

5 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

A energia elétrica produzida no gerador, quando em funcionamento, será conduzida a um novo transformador e elevada a 15 kV para vender à rede elétrica pública. A energia elétrica será dirigida para a cela de proteção ao transformador nova a instalar, onde se garantirá a proteção dos equipamentos da central, bem como a contagem da energia elétrica produzida.

No total está previsto a instalação de três celas de média tensão, um transformador de potência de 630 kVA, um quadro de contagem equipado com um contador bidirecional e um relé de interligação, sendo que estes novos equipamentos serão instalados no edifício do posto de transformação e seccionamento existente.

Relativamente ao relé de interligação a fornecer, está prevista uma parametrização deste relé de acordo com o protocolo de inspeções a facultar pela E-Redes durante o processo de licenciamento.

Em termos de edifício, será aproveitado o existente, encontrando-se previsto uma limpeza/pintura após desmontagem do equipamento.

Nos pontos seguintes será feita uma descrição das infraestruturas elétricas a instalar, tendo sempre presente que dadas as características excecionais desta instalação, pelo facto de já estar em operação e existirem equipamentos e materiais instalados no local, estas poderão ser aproveitadas, após verificação técnica e sempre que se adequem ao projeto em causa.

5.1 Rede de Média Tensão

5.1.1 Generalidades

A interligação da CVE com a RESP é atualmente realizada através de um ramal de MT subterrâneo com origem num apoio aéreo MT e que termina na cela de chegada que se encontra no Posto de Transformação da VALORMINHO. O ramal manteve-se inalterável, sendo apenas desligados os cabos na cela de chegada existente e ligados na nova cela de chegada instalada.

5.1.2 Canalização de Média Tensão

Foi realizada uma rede subterrânea MT entre a cela MT de proteção ao transformador de potência elevador e o primário deste. A rede será executada através de 1 terno do cabo LXHIOZ1 (CBE) 1x120mm² 8,7/15 kV, instalado em caleira técnica existente dentro do kiobet, substituindo assim o cabo instalado no mesmo local.

5.2 Posto de Seccionamento e Transformação

5.2.1 Generalidades

Foi mantido o edifício existente que alberga o Posto de Transformação, de acordo com a localização das peças desenhadas. Foi mantida a ideologia original da localização dos principais equipamentos do PT, nomeadamente:

- Instalação do novo quadro QMT (Quadro de Média Tensão), TP de 630 kVA, caixa de contagem e relé de interligação dentro do edifício.

5.2.2 Quadro de Média Tensão (QMT)

Foram fornecidas e instaladas 3 celas de MT, incluindo as respetivas fichas de elastimold e o sistema de encravamentos necessários, nomeadamente:

- 1 (uma) cela de linha que fará a ligação ao poste que faz a interligação com a RESP.
- 1 (uma) cela de medida e contagem equipada com TI's e TT's;
- 1 (uma) cela de disjuntor, que fará a proteção ao transformador e onde irá atuar o relé de interligação da instalação, incluindo relé de interligação e respetivo armário (a instalar em cima da cela);

O equipamento eletromecânico do tipo modular integra:

1 Cela cgmcosmos-l, de Linha, com isolamento e corte em SF6 (MANUAL):

Cela de media tensão modular de entrada de cabos com as seguintes características particulares:

Valores Elétricos:

- Tensão nominal Ur: 24 kV
- Intensidade nominal Ir: 630 A
- Intensidade de curta duração Ik: 20 kA eficaz – 50 kA pico 3 s

Descrição:

- Barramento tripolar isolado em SF6 de 630 A;
- Interruptor-seccionador de corte em SF6 de 630 A;
- Um comando manual;
- Contactos de sinalização de posição:
    - Interruptor-Seccionador: 2 NA + 2 NC
    - Seccionador de terra: 1 NA + 1 NC
- Coletor de terra;
- Seccionador de ligação à terra;
- Indicadores de presença de tensão;
- Um ekorSAS - unidade de alarme sonoro de prevenção de ligação à terra;
- Encravamento por fechadura tipo Ronis (W), impedindo o fecho do seccionador de terra enquanto o seccionador de corte a montante não estiver na posição de "aberto";
- Encravamento por fechadura tipo Ronis (Z), que impede o acesso à cela de medida **cgmcosmos-m** enquanto o interruptor da cela não estiver na posição de “aberto”.
- Três fichas tipo Elastimold K480TB ou equivalente;
- Travessias para ligação de cabos.

1 Cela cgmcosmos-m de medida:

Cela de Media Tensão modular de medida com as seguintes características particulares:

Valores Elétricos:

- Tensão nominal Ur: 24 kV
- Intensidade nominal: 630 A

Descrição:

- Coletor de terra; - Um termóstato
- Uma resistência anti-condensação
- Kit de 3TT's (1 primários / 3 secundários): 15000/100V
- Kit de 3TI's (1 primários / 3 secundários): 50/5ª

1 Cela cgmcosmos-v, disjuntor com mecanismo de manobra rav, com isolamento em SF6 e de corte em vácuo (motorizada):

Cela de Média Tensão modular de disjuntor com as seguintes características particulares:

Valores Elétricos:

- Tensão nominal Ur: 24 kV
- Intensidade nominal Ir: 630 A
- Intensidade de curta duração Ik: 20 kA eficaz – 50 kA pico 3 s

Descrição:

- Barramento tripolar **isolado** em SF6 de **630 A**;
- Interruptor-seccionador em SF6 de 3 posições (Fechado/Aberto/Terra);
- Um disjuntor tripolar de corte no **vácuo**;
- Disjuntor motorizado a 24Vcc;
- Uma bobina de abertura a 24Vcc;
- Uma bobina de mínima tensão a 24Vcc;
- Contactos de sinalização de posição:
    - Interruptor-Seccionador: 2 NA + 2 NC
    - Seccionador de terra: 1 NA + 1 NC
- Um bloco de contactos auxiliares no disjuntor;
- Caixa de BT sobre a cela com 455mm de altura, equipada com um relé de proteção do tipo Ingepac DA PT1;
- Coletor de terra;
- Um contador de manobras;

- Um relé de proteção do tipo **ekor**.rpg-202B;
- Indicadores de presença de tensão;
- Um encravamento por fechadura tipo Ronis, impedindo o acesso ao respetivo transformador enquanto o aparelho de corte geral no quadro de BT do grupo gerador não estiver na posição de "aberto" e o seccionador de terra da cela **cgmcosmos-v** não estiver na posição de "fechado";
- Travessias para ligação de cabos e tulipas laterais para extensão;
- Três fichas tipo Elastimold K480TB;

Nas peças desenhadas apresenta-se o esquema elétrico unifilar, bem como os pormenores relativos à implantação dos vários equipamentos.

Fonte Auxiliar de Alimentação:

Para assegurar a alimentação das bobines e motorização do QMT e relé de proteção, foi fornecida e instalada uma fonte de tensão auxiliar de 24 VDC.

5.2.3 Transformadores para interior

Foi fornecido e instalado um novo transformador trifásico de 630 kVA de potência, para instalação no interior, com isolamento a óleo mineral, razão de transformação de 400V/15000V, perdas reduzidas, Perdas EU Nº548/2014 - TIER 2 | Enrolamentos em Alumínio), grupo de ligação Dyn5, arrefecimento natural (ONAN) e equipado com passabarras na BT. Juntamente com a entrega do transformador serão apresentados os certificados CE e de ausência de PCB's no óleo, assim como o respetivo relatório de ensaio do transformador.

O transformador será equipado com DGPT2 ou Protection Relay for Oil Transformer (DMCR). Este dispositivo permite o controlo completo dos parâmetros internos da cuba, ou seja, pressão, temperatura, nível de óleo e deteção de gás. Deverá ser instalado no TP um conjunto de 3 travessias MT do tipo plug-in e 3 fichas Euromold K200 LR-19-(120/150) - 24 / 250 A (parafuso fusível).

O transformador apresenta as seguintes características:

CARACTERÍSTICAS DO TRANSFORMADOR	
Tensão primário (kV)	15
Número de fases	3
Frequência (Hz)	50
Tensão secundário (V)	400
Potência (kVA)	630
Ligações	Dyn 5

Ucc (%)	4
Óleo (L)	555
Peso total estimado (kg)	2660

5.2.4 Acessórios Regulamentares

De acordo com a regulamentação em vigor, deverá ser colocado no PT os seguintes acessórios regulamentares:

- 1 Tapete isolante em borracha 24kV;
- 1 Par de luvas isoladas para 24KV;
- 1 Quadro emoldurado – mapa de registos de registo de valores de resistência de terra de proteção e serviço;
- 1 Quadro emoldurado – cartaz de instruções 1ºs socorros;
- 1 Lanterna recarregável;
- 3 Placas de aviso de "Perigo de Morte";
- 1 Extintor.

5.3 Rede de Baixa Tensão

5.3.1 Generalidades

A alimentação de energia em BT é efetuada através do Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) instalado, no posto de transformação do tipo kiobet.

5.4 Quadros Elétricos

5.4.1 Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT)

Foi adequado o Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) para os novos circuitos da UCG e chiller (UAD), entre outros, de acordo com o esquema unifilar das peças desenhadas.

5.5 Proteções

5.5.1 Generalidades

A central foi dotada de proteções de interligação coordenadas por um novo relé a instalar na cela de disjuntor. Este relé assegurará a separação rápida e automática da rede, quer em consequência de um defeito, quer em resultado de manobra involuntária.

Com a instalação deste novo grupo motogerador e das novas celas, este relé terá de ser parametrizado por um técnico qualificado para o efeito e segundo as indicações da E-Redes.

As proteções programadas são as seguintes:

PROTEÇÕES DE INTERLIGAÇÃO		
PROTEÇÃO	**REGULAÇÃO**	**TEMPO**
Máx Uo	(*)	instantâneo
Mín U trifásico (1º)	85 % Un	instantâneo
Máx U	115 % Un	instantâneo
Máx./Min. frequência	(*)	instantâneo
3 x Máx. I	1,3 xIn	1 segundo
Mín U trifásico (2º)	(**)	instantâneo
(*) – valor dependente das características da rede. (**) – 5 % acima da tensão para a qual a proteção de frequência deixa de funcionar.		

Encontra-se previsto o fornecimento de um quadro elétrico do tipo capsulado a instalar sobre a cela disjuntor, para instalação da proteção de rede com proteção de interligação:

Será instalado o Relé Proteção da Ingeteam – Ingepac DA-PT1 ou equivalente, com as seguintes características:

- Tensão auxiliar 24V DC;
- Tipo eletrónico;
- Rearme automático;
- Tensão nominal 100V AC;
- Intensidade nominal 1/5 A;

Proteção a realizar por este relé (tabela ANSI):

- Mínima tensão (27);
- Máxima tensão (59);

- Máxima e mínima frequência (81);
- Máxima tensão homopolar (59G);
- Variação de fase (78);
- Sobrecarga (50);
- Sobreintensidade (51);
- Intensidade Homopolar (51N);
- Potência aparente, (32), limitando a potência a injetar na rede;

5.6 Contagem de energia

Foi desinstalado o quadro de contagem existente e instalado uma nova caixa de contagem, equipado com um contador bidirecional e modem para acesso remoto por parte da E-Redes. A cela de medida e contagem fornecida está equipa com TI's e TT's de características adequadas à instalação.

A caixa de contagem contemplará:

- 1 contador de energia Itron SL 7000, para ligação indireta a TI's e TT's;
- 1 Módulo de Comunicação GSM/GPRS RB800D, com cabos de ligação ao contador e antena com cabo de 10m externa com 3dBs;
- 1 Módulo Ethernet Sparklet;
- 1 Conversor EDS-205A-M-SC;
- Resistências de carga para ligação a Tis, caso sejam necessárias;
- Resistências de carga para ligação a TTs caso sejam necessárias;
- Cabos e terminais para efetuar as ligações;
- Esquema das ligações a efetuar no local;
- Ensaios/certificação da LABELEC do tipo 1.

A caixa de contagem deverá cumprir a DMA-C62-805 da E-Redes, devendo ser classe II, ter os índices de proteção mínimos IP44/IK09. Deve ser instalada de modo que, em regra, o visor não fique a menos de 1,0 m nem a mais de 1,7 m acima do pavimento (RTIEBT - 803.5.8).

5.7 Sistemas de Proteção de Pessoas

Destinam-se a garantir a segurança das pessoas, dos animais e dos bens, contra os perigos e os danos que possam resultar da utilização das instalações elétricas nas condições que possam ser razoavelmente previstas.

A proteção de pessoas e animais será feita de acordo com a secção 411, 412, 413 e 471 das RTIEBT e está dividida em:

- Proteção contra contactos diretos;
- Proteção contra contatos indiretos.

5.7.1 Proteção Contra Contactos Diretos

As pessoas e os animais devem ser protegidos contra os perigos que possam resultar de um contacto com as partes ativas da instalação. Esta proteção pode ser garantida por um dos métodos seguintes (secção 131.2.1 das RTIEBT):

- medidas que impeçam a corrente de percorrer o corpo humano ou o corpo de um animal;
- limitação da corrente que possa percorrer o corpo a um valor inferior ao da corrente de choque.

Todas as partes ativas da instalação que estejam fora dos locais técnicos devem ser completamente revestidas por um isolamento que apenas possa ser removido por destruição.

O material do isolamento e a sua aplicação deve assegurar permanentemente, as solicitações e influências a que venha a ser submetido, quer sejam mecânicas, químicas, elétricas ou térmicas.

As partes ativas têm obrigatoriamente de ser envoltas por invólucros ou barreiras, com pelo menos o IP2X, caso contrário, devem tomar-se medidas adicionais, para avisar claramente os utilizadores, ou evitar que estes as alcancem e toquem.

As medidas de proteção por meio de obstáculos (veja-se 412.3 das RTIEBT) ou por colocação fora do alcance (veja-se 412.4 das RTIEBT) só são admitidas nos locais acessíveis apenas a pessoas instruídas (BA4) ou a pessoas qualificadas (BA5) e se forem, simultaneamente, verificadas as condições seguintes (secção 481.2.2 das RTIEBT):

- a tensão nominal nestes locais não for superior ao limite do domínio II das tensões (veja-se 222 e 223 das RTIEBT);
- as regras indicadas nas secções 481.2.4.1 e 481.2.4.3 das RTIEBT forem verificadas;
- os locais forem assinalados claramente e de forma modo visível por meio de sinalização adequada.

Nos locais apenas acessíveis a pessoas instruídas (BA4) ou a pessoas qualificadas (BA5), devidamente instruídas para o efeito, não é exigida a proteção contra os contactos diretos se forem verificadas, simultaneamente, as condições seguintes (secção 481.2.3 das RTIEBT):

- os locais forem sinalizados claramente e de modo visível por meio de sinalização adequada e o acesso a estes locais apenas for possível com o auxílio de meios especiais;

- as portas de entrada nestes locais permitirem uma saída fácil para o exterior e poderem ser abertas sem chave do interior (mesmo quando estiverem fechadas à chave do exterior);
- as zonas de passagem tiverem as cotas mínimas indicadas nas secções 481.2.4.2 e 481.2.4.3 das RTIRBT.

5.7.2 Proteção Contra Contactos Indiretos

As pessoas e os animais devem ser protegidos contra os perigos que possam resultar de um contacto com as massas, em caso de defeito. Esta proteção pode ser garantida por um dos métodos seguintes (secção 131.2.2 das RTIEBT):

- Medidas que impeçam a corrente de defeito de percorrer o corpo humano ou o corpo de um animal;
- Limitação da corrente de defeito que possa percorrer o corpo a um valor inferior ao da corrente de choque;
- Corte automático, num tempo determinado, após o aparecimento de um defeito suscetível de, em caso de contacto com as massas, ocasionar a passagem através do corpo de uma corrente de valor não inferior ao da corrente de choque.

Os contactos indiretos referem-se ao contacto com as massas, destinando-se as medidas de proteção contra os contactos indiretos a proteger as pessoas contra os perigos que possam resultar de um contacto não apenas com as massas propriamente ditas, mas também com as partes condutoras que estejam em contacto com as massas.

5.8 Rede de terras e regime de neutro

5.8.1 Generalidades

Na instalação elétrica projetada encontra-se executada uma rede em anel fechado destinada a:

- Terra de serviço e terra de proteção do PT;
- Terra de serviço e terra de proteção do motogerador;
- Terra de Proteção da instalação.

5.8.2 Regime de Neutro

O regime de neutro a adotar foi o "TN-S" (ligação direta das massas ao neutro, que está ligado à terra) e "TT" (massas ligadas diretamente á terra).

- O **regime de neutro "TN-S"** será utilizado no motogerador. Neste sistema a distribuição do condutor de neutro é separada do condutor de proteção. Para este caso, é obrigatório efetuar o corte do neutro. A proteção contra contactos indiretos, é suportada pelos dispositivos de proteção contra sobreintensidades, tais como, disjuntores ou fusíveis, ou por dispositivos de proteção diferencial, caso a acorrente de defeito não tenha um valor suficiente para atuar os dispositivos de proteção contra sobreintensidades.
- O **regime de neutro "TT"** será utilizado no QGBT e quadros parciais alimentados por este. Neste sistema a distribuição do condutor de neutro é separada do condutor de proteção. Para este caso, é obrigatório efetuar o corte do neutro. A proteção contra contactos indiretos, é suportada pelos dispositivos de proteção diferencial.

5.8.3 Terra de Proteção

Dado que estamos perante uma instalação com várias terras e não ser possível ter terras independentes, foi contemplado um sistema de terra única, em que o valor da resistência de terra global deve ser inferior ao valor de 1 Ohm. Dentro do kiobet do Posto de Transformação, deverá ser realizada a junção da Terra de Proteção e da Terra de Serviço, de forma a se obter uma terra única.

Após a instalação dos novos equipamentos foram realizadas novas ligações e foi feita a medição do circuito de terras, estando dentro dos limites regulamentares.

Foi realizada a melhoria da rede existente com a instalação de mais alguns elétrodos de terra (varetas de aço revestido a cobre com uma camada com a espessura mínima de 0.7mm, apresentando as dimensões Ø15x2000mm) enterrados a uma profundidade de no mínimo 0,8 m vistos da parte superior do elétrodo. Os elétrodos devem ser enterrados em locais tão húmidos quanto possível, de preferência em terra vegetal, fora das zonas de passagem e a uma distância conveniente de depósitos de substâncias corrosivas que possam infiltrar-se no terreno (secções 542.2 a 542.3.2 das RTIEBT).

5.8.4 Ligação Equipotencial Principal

No decorrer da instalação foi ligado à rede equipotencial existente todas as massas metálicas suscetíveis de se encontrarem ocasionalmente em tensão (secção 413.1.2.1 das RTIEBT), nomeadamente:

O condutor principal de proteção;

O terminal principal de terra;

Canalizações metálicas da CVE (água, gás, etc.,);

Os elementos metálicos da construção.

Esta foi efetuada via cabo de terra de seção nunca inferior a 240 mm2, sendo ainda considerado um ligador amovível de terra na cela de transformação onde ligaram todos os condutores equipotenciais, sendo este instalado no exterior e acessível para medição ligação equipotencial principal os elementos condutores seguintes

A ligação equipotencial principal evita que, em consequência de um defeito com origem no exterior do edifício, possa surgir uma diferença de potencial entre os elementos condutores do edifício.

5.8.5 Ensaio da Instalação Elétrica

No final da obra e antes de se solicitar a inspeção à DGEG para obter a certificação da instalação, a empresa instaladora e respetivo técnico responsável pela execução deverão realizar todos os ensaios à instalação, por forma a garantir que toda a instalação está conforme e funcional.

<u>De carácter geral para as instalações elétricas:</u>

- Verificação da continuidade dos condutores de proteção e das ligações equipotenciais;
- Medição da resistência de isolamento da instalação;
- Ensaio funcional de comandos, sinalizações e equipamentos;
- Verificação do arranque dos sistemas e instalações.

<u>Para a Rede de Terras:</u>

- Medição do valor da resistência de terra de proteção da instalação.

<u>Para os Quadros Elétricos:</u>

- Teste da aparelhagem diferencial;
- Verificação das correntes de arranque e regulação dos dispositivos de proteção;
- Medição dos valores de resistência de terras e ligações equipotenciais;
- Ensaio de todos os comandos e sinalizações.

6 ASSENTAMENTO DE EQUIPAMENTOS

Os equipamentos auxiliares, UAD, UCG e filtro de carvão ativado foram assentes numa laje a construir para o efeito enquanto o motogerador será assente na laje existente do atual motogerador.

6.1 Materiais

Foi utilizados os seguintes materiais, de maneira a garantir a qualidade e segurança estruturais:

6.1.1 Tout-venant:

Aplicada uma camada de 0,25 m de tout-venant devidamente compactado e coberto com uma camada de geotêxtil com 120 g/m2, sob a laje de cada equipamento acima considerado.

6.1.2 Betão

- Regularização de fundações (betão de limpeza) – C12/15 Cl 1,0, com 5 cm de espessura
- Betão das lajes de fundação – C25/30 XC2(P) Cl 0,2, S3, D, máx = 25 mm
- Betão do ensoleiramento – C 20/25

Os betões definidos são betões de comportamento especificado de acordo com a NP EN 206-1.

6.1.3 Aço

- Armaduras Ordinárias – A400NR SD (lajes de equipamentos ϕ12//0,15; ensoleiramento ϕ8//0.20); para o ensoleiramento, poderá ser adotada uma solução de malha eletrossoldada equivalente, se se justificar em termos de custo ou facilidade de aplicação.
- Perfis metálicos e chapas – S275 JR EN 10025
- Metal de adição de soldadura Fe430 EURONORM 25-72

6.1.4 Recobrimentos:

- Em contato com o terreno – 5,0 cm
- Lajes em geral em contato com o ar – 3,0 cm