



# ALIMENTAÇÃO DE SOCORRO COMO FONTE DE ENERGIA COMPLEMENTAR PARA A ALIMENTAÇÃO NORMAL DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

MARCOS EDUARDO NEVES DE ALMEIDA

agosto de 2022

# ALIMENTAÇÃO DE SOCORRO COMO FONTE DE ENERGIA COMPLEMENTAR PARA A ALIMENTAÇÃO NORMAL DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Marcos Eduardo Neves de Almeida



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2022



Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de  
TEDSEE

– Dissertação/Estágio do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de  
Energia

Candidato: Marcos Eduardo Neves de Almeida, Nº 1200313, 1200313@isep.ipp.pt

Orientação científica: Sérgio Filipe Carvalho Ramos, scr@isep.ipp.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

**2022**



A todos os que contribuíram e tornaram possível... Especialmente a Ti meu Pai...



## *Agradecimentos*

Começo por um enorme agradecimento ao Engenheiro Sérgio Ramos, pela disponibilidade durante o desenvolvimento do trabalho, e por ter aceitado este desafio, de ser o meu orientador científico.

À minha família pelo apoio e paciência nos momentos mais complicados nesta caminhada da minha vida.

Ao corpo docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto que apesar de curta a minha passagem é com enorme apreço que fico pelos conhecimentos transmitidos e todo o apoio prestado ao longo destes dois anos.

Aos meus colegas de estudo pelo tempo passado juntos a batalhar para concluir com sucesso os desafios propostos e pela força passada para nunca desistir.

Aos meus amigos de longa data que estão sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis da minha vida.



## *Resumo*

O custo da energia elétrica, tem um elevado impacto nas diversas áreas, desde os consumidores domésticos aos industriais. Para maior resiliência, contra interrupções de abastecimento da rede, implementam-se as fontes de energia de socorro (*backup*), que normalmente são compostas por grupos de geradores a diesel ou a gás natural. Esta solução aplica-se, nos edifícios de recolha de dados (*data center*), hospitais, aeroportos, hotéis, centros comerciais e a todas as instalações críticas.

Estes sistemas de *backup* representam um elevado investimento no projeto, dada a fiabilidade da rede elétrica pública Portuguesa, raramente a sua entrada em serviço é necessária. Esta dissertação analisa os custos e benefícios de algumas configurações possíveis de sistemas de *backup*. Quando conectados à rede elétrica, permitem complementar a alimentação elétrica das instalações, de forma a reduzir a potência contratada e o consumo de energia em horas de ponta/cheias. É proposto um aproveitamento do investimento já efetuado e a utilização dos grupos geradores existentes, em partilha de carga com a rede no período de maior consumo.

Os geradores a diesel, têm a desvantagem do elevado custo do combustível, contudo, existem módulos de conversão para alimentação a gás. Outra solução será utilizar o sistema híbrido, diesel com painéis solares fotovoltaicos, em que obtemos a redução das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e do consumo de combustível. Para os administradores realizarem as escolhas corretas, é importante entenderem o custo e a confiabilidade, associados à solução técnica.

### *Palavras-Chave*

Grupo Geradores, Alimentação Socorro, *Backup*, Energia Elétrica.

## *Abstract*

The cost of electricity has a high impact on several areas, from domestic to industrial consumers. For greater resilience, against grid supply interruptions, backup energy sources are implemented, which are usually composed of diesel or natural gas generator sets. This solution applies to data collection buildings (data center), hospitals, airports, hotels, shopping centers and all critical facilities.

These backup systems represent a high investment in the project, given the reliability of the Portuguese public electricity grid, their entry into service is rarely necessary. This dissertation analyzes the costs and benefits of some possible configurations of backup systems. When connected to the electrical grid, they allow to complement the electrical supply of the installations, to reduce the contracted power and energy consumption at peak/full hours. It is proposed to take advantage of the investment already made and the use of existing generator sets, in load sharing with the grid in the period of greatest consumption.

Diesel generators have the disadvantage of high fuel cost, however, there are conversion modules for gas power. Another solution will be to use the hybrid system, diesel with photovoltaic solar panels, in which we obtain a reduction in carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions and fuel consumption. For administrators to make the right choices, it is important to understand the cost and reliability associated with the technical solution.

### ***Keywords***

Generators Sets, Relief Power, Backup, Electricity.



# *Índice*

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>SIGLAS E ACRÓNIMOS</b> .....	<b>XV</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1.CONTEXTUALIZAÇÃO .....	2
1.2.OBJETIVOS.....	4
1.3.ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO .....	4
<b>2. ANÁLISE DO ESTADO ATUAL</b> .....	<b>7</b>
2.1.SISTEMAS ALIMENTAÇÃO SOCORRO EXISTENTES .....	12
2.2.SOLUÇÕES TÉCNICAS A PROPOR .....	13
2.3.COMPLEMENTO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO .....	17
2.4.CUSTO ENERGIA ELÉTRICA .....	19
2.5.CUSTO COMBUSTÍVEIS PARA GERADOR.....	24
2.6.COMPARAÇÃO CONSUMOS GERADOR DIESEL VS GÁS NATURAL.....	27
<b>3. ANÁLISE DE CONSUMOS &amp; CUSTOS ENERGÉTICOS – UNIDADE INDUSTRIAL</b> .....	<b>33</b>
3.1.COMPONENTES DE UMA FATURA DE ELETRICIDADE .....	35
3.2.ANÁLISE DO CONSUMO E FATURA DE UMA UNIDADE INDUSTRIAL .....	38
<b>4. ESTUDO TÉCNICO &amp; ECONÓMICO DE SISTEMAS DE AUTOPRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA</b> .....	<b>43</b>
4.1.RESULTADO SOLUÇÃO TÉCNICA .....	46

4.2.RESULTADO FINANCEIRO.....	51
4.3.COMPARAÇÃO SITUAÇÃO ATUAL VS. SOLUÇÃO PV .....	55
<b>5. GRUPO ELETROGÊNICO PARA ALIMENTAÇÃO SOCORRO – CASO DE ESTUDO.....</b>	<b>57</b>
5.1.CARACTERÍSTICAS DO GERADOR A DIESEL .....	61
5.2.DIMENSIONAMENTO DA VENTILAÇÃO .....	64
5.3.CARACTERÍSTICAS INVERSOR REDE/GRUPO .....	65
5.4.INSTALAÇÃO E QUADROS ELÉTRICOS .....	67
5.5.DIMENSIONAMENTO CANALIZAÇÕES .....	72
5.6.ENSAIOS E DOCUMENTAÇÃO A EXECUTAR NAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS.....	79
<b>6. ESTUDO TÉCNICO &amp; ECONÓMICO DE UTILIZAÇÃO DE GRUPOS ELETROGÊNICOS DE ALIMENTAÇÃO SOCORRO COMO COMPLEMENTO A REDE .....</b>	<b>83</b>
<b>7. CONCLUSÕES .....</b>	<b>93</b>
7.1.CONTRIBUTOS.....	95
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXO A. DIAGRAMA DE CARGAS MENSIS DE UMA UNIDADE INDUSTRIAL .....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXO B. PROJETO GRUPO GERADOR ELETROGÊNICO PARA ALIMENTAÇÃO SOCORRO .....</b>	<b>100</b>



## *Índice de Figuras*

Figura 1	Exemplo diagrama unifilar de um sistema inversor rede/grupo socorro.	2
Figura 2	Exemplo diagrama unifilar de um sistema inversor rede/grupo socorro com UPS.	3
Figura 3	Processo de ligação de uma UPP a rede [7].	12
Figura 4	Exemplo diagrama unifilar de um sistema inter-barras, rede/grupo socorro com UPS.	12
Figura 5	Exemplo diagrama de carga de uma instalação [8].	13
Figura 6	Painel frontal controlador DSE8660.	14
Figura 7	Diagrama controlador DSE8660.	14
Figura 8	Exemplo diagrama unifilar de um sistema sincronismo rede/grupo socorro.	15
Figura 9	Exemplo diagrama unifilar de um sistema sincronismo rede/grupo com UPS.	15
Figura 10	Exemplo diagrama unifilar de um sistema sincronismo rede/grupo socorro com UPS.	16
Figura 11	Exemplo diagrama de carga de uma instalação com <i>Peak shaving</i> (adaptado de [8]).	16
Figura 12	Exemplo diagrama sistema híbrido Gerador/Painéis Fotovoltaicos [9].	18
Figura 13	Exemplo gráfico <i>payback</i> sistema híbrido Painéis Fotovoltaicos.	19
Figura 14	Gráfico preço médio Spot de eletricidade (€/Mwh) de 01-01-2016 a 03-08-2021, (Fonte: ERSE, pesquisa em 05-02-2022).	20
Figura 15	Gráfico valor de energia transacionada (€/Mwh) de 01-01-2018 a 05-02-2022, (Fonte: ERSE, pesquisa em 05-02-2022).	20
Figura 16	Estrutura da fatura de energia (eletricidade ou gás natural) [10].	21
Figura 17	Exemplo dos valores de uma fatura de Eletricidade Doméstica (adaptada de [10]).	22
Figura 18	Quota de mercado em novembro de 2021 [11].	23
Figura 19	Gráfico preço gasóleo simples em Portugal de 01-01-2018 a 04-02-2022, (Fonte: ERSE, pesquisa em 04-02-2022).	24

Figura 20	Preço médio praticado em dezembro de 2021 de gasóleo simples em Portugal (adaptada de [12]).	25
Figura 21	Gráfico preço médio ponderado Gás Natural no Mercado Ibérico de Gás de 01-01-2018 a 04-12-2021, (Fonte: ERSE, pesquisa em 04-02-2022).	26
Figura 22	Gráfico preço Gás Natural GNL por País de 01-01-2018 a 04-02-2022, (Fonte: ERSE, pesquisa em 04-02-2022).	26
Figura 23	Caterpillar - DE400E0 - C13 - 400kVA, 320kW - 50Hz – Diesel.	30
Figura 24	Caterpillar - DG400-1 GC - 21.9 - 500kVA, 400kW - 60Hz – GNL.	30
Figura 25	Períodos horários do ciclo diário e semanal.	34
Figura 26	Componentes de uma fatura de eletricidade.	37
Figura 27	Fatura de eletricidade mês fevereiro de 2020.	38
Figura 28	Gráfico Consumos VS Faturação 2020.	41
Figura 29	Gráfico Consumo total ativa VS Faturação 2020.	41
Figura 30	<i>Software</i> PVSol.	45
Figura 31	Características da alimentação de energia elétrica à Unidade Industrial.	46
Figura 32	Vista Geral 3D do Sistema PV ( <i>Software</i> PVSol).	47
Figura 33	Resumo características do sistema ( <i>Software</i> PVSol).	48
Figura 34	Gráfico Previsão de Rendimento ( <i>Software</i> PVSol).	48
Figura 35	Esquema Elétrico Unifilar ( <i>Software</i> PVSol).	49
Figura 36	Modulo Fotovoltaico Q. PEAK DUO L-G7 (385-405 Wp).	50
Figura 37	Inversor SUN2000-60KTL-M0.	50
Figura 38	Gráfico Fluxo de Caixa Acumulado ( <i>Software</i> PVSol).	54
Figura 39	Resumo Rede VS Rede com Painéis Fotovoltaicos.	55
Figura 40	Características Gerais do Grupo Gerador DE165E0.	62
Figura 41	Características Técnicas do Grupo Gerador DE165E0.	63
Figura 42	Composição de um sistema inversor rede/grupo telecomandado Schneider.	66
Figura 43	Imagem ilustrativa de um sistema inversor rede/grupo telecomandado NSX.	67
Figura 44	Exemplo ilustrativo de um sistema sincronismo rede/grupos	86
Figura 45	Exemplo do diagrama unifilar do sistema sincronismo rede/grupos	86
Figura 46	Gráfico diagrama de carga de dezembro 2020.	87
Figura 47	Preço médio praticado em dezembro de 2020 de gasóleo simples em Portugal, (Fonte: ERSE).	88
Figura 48	Gráfico preço médio ponderado no Mercado Ibérico de Gás de 01-01-2020 a 30-12-2020, (Fonte: ERSE, pesquisa em 05-02-2022).	88

Figura 49	Fatura de eletricidade mês dezembro de 2020.	89
Figura 50	Períodos de operação gerador em <i>Peak Shaving</i> , em dezembro 2020.	91



## *Índice de Tabelas*

Tabela 1 Exemplo de preços kWh para uma potência de 6,9kVA, (pesquisa em 05-02-2022).	22
Tabela 2 Preços kWh para Gerador 400kVA – Diesel.	31
Tabela 3 Preços kWh para Gerador 500kVA – Gás Natural.	31
Tabela 4 Consumos e custos ano 2020.	39
Tabela 5 Resultados financeiros ( <i>Software PVSol</i> ).	53
Tabela 6 Tabela fluxo de caixa ( <i>Software PVSol</i> ).	54
Tabela 7 Valores para o cálculo das grelhas de ventilação	65
Tabela 8 Influências Externas e Índices de Proteção [1].	70
Tabela 9 Quedas de Tensão Admissíveis [1].	73
Tabela 10 Cálculo canalização.	78
Tabela 11 Leituras e tarifas de eletricidade do mês dezembro 2020.	90
Tabela 12 Comparação consumos e custos €/kWh, entre gerador Diesel VS Gás Natural, em dezembro 2020.	90
Tabela 13 Comparação custos <i>Peak Shaving</i> entre gerador Diesel VS Gás Natural.	91



## *Siglas e Acrónimos*

AC	–	<i>Alternating Current</i>
ANPC	–	Autoridade Nacional de Proteção Civil
AT	–	Alta Tensão
BMS	–	<i>Building Management System</i>
BTE	–	Baixa Tensão Especial
BTN	–	Baixa Tensão Normal
CAV	–	Contribuição Audiovisual
CE	–	Conformidade Europeia
CENELEC	–	Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica
CIEG	–	Custos de Interesse Económico e Geral
CO <sub>2</sub>	–	Dióxido de Carbono
COP	–	<i>Continuous Operating Power</i>
CUR	–	Comercializadores de Último Recurso
DC	–	<i>Direct Current</i>
DGEG	–	Direção Geral de Energia e Geologia
DSE	–	<i>Deep Sea Electronics</i>
EI	–	Entidade Instaladora
EIHEL	–	Entidade Inspetora de Instalações Elétricas

ERSE	– Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
ESP	– <i>Standby Power</i>
FOP	– Horário Semanal Opcional com Feriados
GG	– Grupo Gerador
GNL	– Gás Natural Liquefeito
IEC	– Imposto Especial de Consumo
ISP	– Imposto Sobre Produtos Petrolíferos e Energéticos
IVA	– Imposto Sobre Valor Acrescentado
IVE	– Encravamentos Mecânicos e Elétricos
MAT	– Muito Alta Tensão
MIBGAS	– Mercado Ibérico do Gás
MT	– Média Tensão
NBP	– <i>National Balancing Point</i>
OLMC	– Operador Logístico de Mudança de Comercializador
PLC	– <i>Programmable Logic Controller</i>
PRP	– <i>Prime Power</i>
PV	– <i>Photovoltaic</i>
PVC	– Policloreto de Vinilo
RESP	– Rede elétrica de serviço público
RfG	– <i>Requirements for Generators</i>
RTIEBT	– Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão

SCADA	–	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SCIE	–	Segurança Contra Incêndios em Edifícios
SNGN	–	Sistema Nacional de Gás Natural
TIR	–	Taxa Interna de Rentabilidade
TTF	–	<i>Title Transfer Facility</i>
UA	–	Automatismo de controlo inversão
UE	–	União Europeia
UP	–	Unidades de Produção
UPAC	–	Unidades de Produção para Autoconsumo
UPP	–	Unidades de Pequena Produção
UPS	–	<i>Uninterruptible Power Supply</i>
VAL	–	Valor Atual Líquido
ZEE	–	<i>Belgian Natural Gas Zeebrugge Beach</i>



# 1. INTRODUÇÃO

A utilização de grupos geradores como fonte de socorro, é comum em muitas instalações, em caso da falha de alimentação de energia elétrica por parte da rede, estes podem assegurar a instalação em pleno ou parcialmente, sendo consideradas como as cargas críticas de acordo com as definições do projeto.

Dada a boa fiabilidade da rede elétrica Pública Portuguesa, estes grupos geradores raramente entram em serviço, contudo o investimento efetuado é elevado. De forma a rentabilizarmos este valor, e a reduzir a fatura de eletricidade, propomos colocar os grupos geradores em paralelo com a rede pública, no momento de maior consumo, em horas de ponta/cheias.

De uma forma genérica nas instalações existentes, os grupos geradores são alimentados a diesel ou a gás. No caso dos geradores a diesel têm a desvantagem do elevado custo de combustível, contudo existem módulos de conversão do combustível para alimentação a gás ou combinado de diesel com painéis fotovoltaicos (PV), em que obtemos a redução das emissões CO<sub>2</sub> e o custo do combustível. Outra das vantagens da implementação deste projeto, é que, no modo de partilha de carga com a rede, caso esta tenha uma falha/corte de energia, o cliente não vai sentir, pois os grupos vão garantir a continuidade do fornecimento de energia elétrica. Ao longo deste projeto, será desenvolvido um estudo

técnico e económico para a utilização destes grupos geradores como fonte complementar de alimentação das instalações.

## 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Este projeto surgiu do desejo de realizar um trabalho, na qual propõe-se um estudo técnico-económico de utilização de grupos eletrogéneos de alimentação de socorro existentes na instalação, como fonte de energia complementar para alimentação normal de instalações elétricas. Atualmente nas várias instalações sejam edifícios ou unidades industriais, quando a existência de serviços e sistemas de segurança, como iluminação de emergência, equipamento automático de proteção contra incêndios, exaustão de fumos, alarmes e sinalização. Deve existir uma fonte central que suporte estas cargas, chamadas muitas vezes de prioritárias ou críticas.

Existem circuitos e equipamentos prioritários, cuja paralisação pode implicar perda de produção ou destruição dos próprios equipamentos, uma das formas de evitar a interrupção no fornecimento de energia às cargas prioritárias, é instalar um grupo gerador de socorro, normalmente a diesel, através de um sistema inversor, que alimentará um quadro elétrico de onde as cargas prioritárias são alimentadas, como se pode verificar na Figura 1.

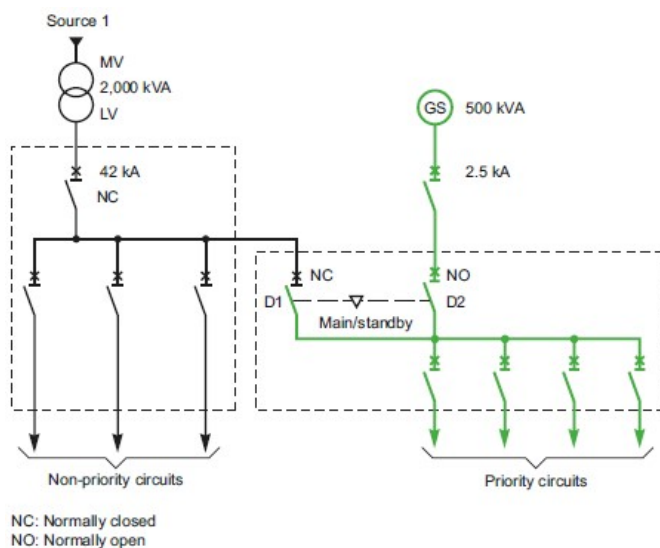
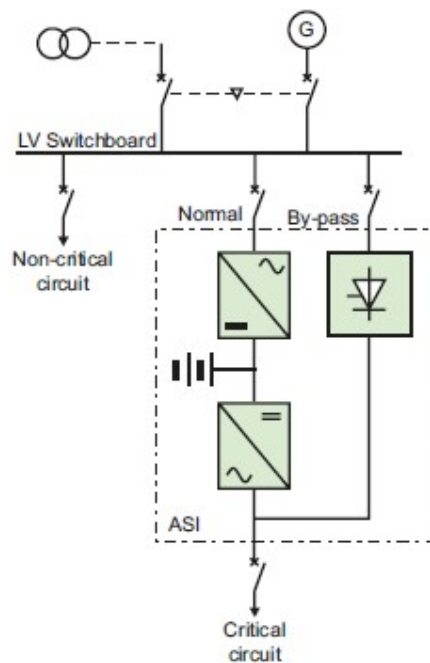


Figura 1 Exemplo diagrama unifilar de um sistema inversor rede/grupo socorro.

Um gerador de *backup*, funciona geralmente desconectado da rede, como tal é necessária uma comutação entre as duas fontes, em que este sistema inversor utiliza um encravamento mecânico e elétrico, por segurança de forma a evitar o paralelo das fontes.

Em algumas instalações com níveis de exigência mais elevados devido a cargas extremamente críticas, é utilizado a combinação de um gerador com uma fonte de alimentação ininterrupta, também conhecida pelo acrônimo UPS (*Uninterruptible Power Supply*), para garantir a qualidade no fornecimento de energia, como se pode verificar na Figura 2.



**Figura 2** Exemplo diagrama unifilar de um sistema inversor rede/grupo socorro com UPS.

A energia elétrica de uma UPS é fornecida por uma unidade de armazenamento constituída por baterias eletroquímicas, este sistema evita qualquer falha de energia, a sua autonomia é limitada, pode ir de vários minutos a várias horas.

Na comutação da alimentação da rede para o gerador, a autonomia da UPS deve permitir o arranque e a ligação do grupo gerador.

Caso o gerador seja dimensionado para fornecer a totalidade da potência instalada ou apenas parte, podemos ter redundância total ou parcial, a sua autonomia depende da quantidade de combustível disponível.

## **1.2. OBJETIVOS**

Sem prejuízo da realização de outras atividades que possam vir a ser desenvolvidas, os objetivos principais específicos da presente dissertação são:

- Realização do estado da arte sobre a temática do trabalho;
- Análise de consumos e custos energéticos de uma unidade industrial;
- Estudo técnico/económico de instalação de sistemas de autoprodução de energia solar fotovoltaica;
- Projeto de Grupo Eletrogéneo para Alimentação de Socorro;
- Estudo técnico-económico de utilização de Grupos Eletrogéneos de Alimentação de Socorro, como fonte de energia complementar para alimentação normal de instalações elétricas (complemento/substituição sistema solar fotovoltaico).

## **1.3. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO**

O presente relatório encontra-se organizada em sete capítulos em que no presente capítulo introdutório, contém a contextualização do tema, os objetivos atingir e o planeamento de execução do trabalho.

O capítulo 2 fornece uma revisão detalhada da literatura do estado atual do tema, em que apresenta soluções e o estudo técnico-económico da conversão dos sistemas existentes nas várias instalações com alimentação socorro com geradores a diesel e a gás Natural, de forma a contribuir na redução da potência contratada e também contribuir para o autoconsumo/produção de energia elétrica.

O capítulo 3 apresenta análise de consumos e custos energéticos de uma pequena unidade industrial em que é analisado o seu diagrama de cargas tendo em conta as faturas de eletricidade da empresa.

O capítulo 4 apresenta análise técnica e económica da instalação de sistemas de autoprodução de energia solar fotovoltaica aplicada numa unidade industrial.

O capítulo 5 apresenta um projeto de um grupo eletrogéneo para alimentação de socorro de uma unidade industrial.

O capítulo 6 apresenta análise técnica e económica da utilização de grupos eletrogéneos de alimentação de socorro como fonte de energia complementar para alimentação normal de instalações elétricas.

O capítulo 7 apresenta as conclusões mais importantes que resultaram do trabalho desenvolvido, onde são sugeridas novas ideias para trabalhos futuros e que pretendem de alguma forma contribuir para o avanço desta tecnologia e para a sua integração com as redes de energia elétrica.



## 2. ANÁLISE DO ESTADO ATUAL

As fontes de energia com recurso a grupos geradores eletrogéneos de motores a combustão têm sido uma prática comum. Cada vez mais é necessária a utilização destas fontes, como sistemas de segurança, para alimentação dos circuitos de combate a incêndios, alimentação de alarmes, ventilação forçada/exaustão, bombas, sobressensores, iluminação de segurança e ambiente. Por vezes são associadas outras fontes de segurança de arranque imediato e garantia de serviço, como *Uninterruptible Power Supply* (UPS) e grupos eletrogéneos de isolamento galvânico.

Na garantia de uma boa instalação, cumprimento das normas e requisitos de segurança, estas instalações devem ser alvo de verificações, quer seja, em fase inicial, (antes da entrada em serviço), quer em fase posterior, como uma inspeção periódica se tratasse, pelo que recomendamos naturalmente uma análise especial, para estes aspetos de validação e manutenção preventiva, com vista à proteção de pessoas e bens.

Pela Portaria n.º 949-A/2006 de 11 de setembro – Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT), não estão definidas regras específicas para as

instalações de Socorro, mas já para as alimentações aos serviços de segurança é obrigatório o cumprimento escrupuloso das regras indicadas nas secções 35 e 56 [1], bem como:

- 801.2.1.4.2 – Locais afetos a serviços elétricos;
- 801.2.1.4.3 – Grupos geradores acionados por motores de combustão;
- 801.2.1.5.3.2 – Iluminação de segurança com fonte central;
- 801.2.1.5.3.2.1 – Fontes centrais de segurança;
- 801.2.1.5.3.2.3 – Fontes centrais com grupos geradores acionados por motores de combustão;
- 801.4 – Locais afetos a serviços técnicos.

Na análise técnica aos Grupos Geradores, devemos ter em conta a dois conceitos básicos consoante a sua utilização. Podemos dizer que um grupo gerador é de socorro se for por conveniência do projetista, do executante ou entidade exploradora da instalação elétrica, entenda por iniciativa própria dotar a instalação elétrica de um suporte auxiliar de energia no caso de falha de rede. Ou como grupo gerador de segurança, quando na existência de serviços de segurança exemplo, meios de combate a incêndios, desenfumagem, que suporta estas cargas chamadas muitas vezes de prioritárias.

Com as alterações realizadas pelo Decreto-Lei (DL) n.º 96/2017, de 10 de agosto, os Grupos Geradores Eletrogéneos encontram-se, no Artigo nº 3, desta legislação em que apresenta, a sua classificação das instalações elétricas, referenciados como [2]:

- Tipo A - Instalações com produção própria, de carácter temporário ou itinerante, de segurança ou socorro, quando não integrem centros electroprodutores sujeitos a controlo prévio ao abrigo de regimes jurídicos próprios;
- Tipo B - Instalações que sejam alimentadas pela rede elétrica de serviço público (RESP) em média, alta ou muito alta tensão;
- Tipo C - Instalações que sejam alimentadas pela rede elétrica de serviço público (RESP) em baixa tensão.

Este decreto referencia ainda no seu Artigo 4.º n.º 1 que a instalação elétrica só pode ser ligada à RESP ou entrar em exploração após obtenção de uma das seguintes declarações ou certificados, consoante o tipo de instalação a que respeitam [2]:

a) Certificado de exploração emitido pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), no caso de instalações elétricas do tipo A com potência superior a 100 kVA e de instalações tipo B;

b) Declaração de conformidade da execução ou termo de responsabilidade pela execução, subscritos por uma Entidade Instaladora (EI) ou técnico responsável pela execução, nos seguintes casos:

- i) Instalações elétricas de tipo A com potência igual ou inferior a 100 kVA, desde que estejam equipadas com dispositivos sensíveis à corrente residual diferencial de alta sensibilidade (exemplo: 30 mA) e integrados nos grupos geradores;

Nota: Não aconselhável para grupos geradores de segurança por forma a manter garantia de funcionamento sem disparo ao primeiro defeito.

- ii) Instalações elétricas do tipo C, quando de carácter temporário, ou em locais residenciais, neste caso desde que a potência da instalação seja igual ou inferior a 10,35 kVA;

c) Declaração de inspeção, emitida por uma Entidade Inspetora de Instalações Elétricas (EIIEL), nos termos do artigo 8.º, no caso de instalações elétricas de tipo A e tipo C, não abrangidas pelas alíneas anteriores.

A Lei n.º 61/2018 de 21 de agosto, primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 96/2017, de 10 de agosto, no seu Artigo 5.º estabelece que é obrigatória a existência de projeto elaborado por projetista para efeitos de execução para, instalações elétricas do tipo A com potências superiores a 3,45 kVA, se de segurança ou socorro [3].

O Regulamento da União Europeia (UE) 2016/631 Da Comissão de 14 de abril de 2016, estabelece um código de rede relativo a requisitos da ligação de geradores de eletricidade à rede (*Requirements for Generators - RfG*), nomeadamente módulos geradores síncronos, módulos de parque gerador [4]. Contribui, por conseguinte, para assegurar condições

equitativas de concorrência no mercado interno da eletricidade, para garantir a segurança das redes e a integração das fontes de eletricidade renováveis e para facilitar o comércio de eletricidade na União Europeia [4].

O regulamento estabelece igualmente obrigações destinadas a garantir que os operadores de rede fazem uma utilização adequada das capacidades das instalações geradoras, de forma transparente e não discriminatória, para proporcionar condições equitativas em toda a União Europeia.

Nos termos n.º 3 e 4 do artigo 67.º do Decreto-Lei 172/2006, 23 de agosto (na redação do Decreto-Lei 215-B/2012, de 8 de outubro), estabelece-se que a proposta e aplicação do Regulamento da Rede de Transporte e do Regulamento da Rede de Distribuição, publicados na Portaria 596/2010 de 30 de julho, são competência da DGEG, sendo nesses regulamentos estabelecidas as condições técnicas gerais e particulares aplicáveis à ligação das instalações ligadas à rede de transporte e distribuição, como refere o n.º 2 artigo. 60.º e n.º 2 artigo. 61.º e do Decreto-Lei 172/2006, de 23 de agosto (na redação do Decreto-Lei 215-B/2012, de 8 de outubro), nesses termos, cabe à DGEG o acompanhamento e implementação do RfG [5].

A complexidade crescente de instalações de produção de energia descentralizada ao longo de toda a cadeia do sistema elétrico, através de fontes de energia renováveis, designadamente em regime especial de grande produção, até às unidades de pequena produção e de autoconsumo, assume cada vez mais importância nos processos de ligação à rede pública, na qualidade e na estabilidade do sistema elétrico.

Atividade de produção para autoconsumo de energia elétrica, é presentemente regulamentada pelo Decreto-Lei n.º 162/2019, de 25 de outubro, o qual estabelece o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade em unidades de produção (UP) destinadas à produção de energia elétrica para autoconsumo na instalação associada à respetiva unidade produtora, com ou sem ligação à rede elétrica pública, baseada em tecnologias de produção renováveis, permitindo injetar na rede o excedente produzido, em que temos as Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC)  $\leq 1$  MW, os requisitos para acesso:

- Produção a partir de energias renováveis (mistura de fontes);

- Pode injetar excedentes na RESP;
- Potência de ligação  $\leq$  Potência certificada da instalação de consumo;
- Energia excedente é vendida à rede (Comercializadores de Último Recurso (CUR)/Comercializador ou a terceiros);
- Titular da UPAC = Titular do consumo.

As Unidades de Pequena Produção (UPP) consistem em instalações de produção de eletricidade a partir de fontes de energia renováveis, baseada numa só tecnologia de produção, com capacidade instalada até 1 MW, destinada à venda total de energia à rede, um regime de registo prévio e a obtenção de certificado de exploração [6], podemos verificar o processo de ligação de uma UPP na Figura 3 [7], para que uma UPP seja validada é necessário que:

- A produção de eletricidade a partir de fontes de energia renováveis seja baseada numa só tecnologia de produção;
- A potência instalada  $\leq$  1 MW;
- Seja destinada à venda total de energia à rede;
- O registo e certificação seja efetuado na plataforma eletrónica disponibilizada pela DGEG.

Este regime de Unidade de Pequena Produção é regulado pelo Decreto-Lei 76/2019 de 3 de junho e Despacho n. °6/DG/2020 da DGEG de 20 de outubro.



Figura 3 Processo de ligação de uma UPP a rede [7].

## 2.1. SISTEMAS ALIMENTAÇÃO SOCORRO EXISTENTES

Atualmente a maioria das instalações equipadas com grupos geradores eletrogéneos têm um diagrama unifilar muito idêntico ao apresentado na Figura 1 e 2, contudo também existem muitos como o da Figura 4.

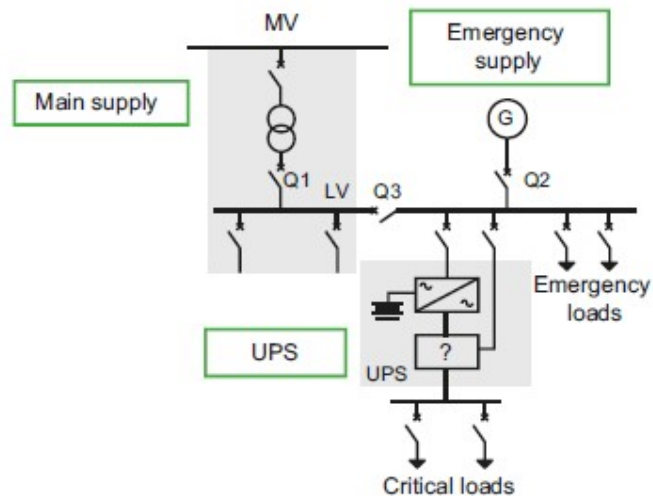


Figura 4 Exemplo diagrama unifilar de um sistema inter-barras, rede/grupo socorro com UPS.

Em ambos os diagramas, temos o grupo gerador como elemento comum, assim como, todos os sistemas auxiliares necessários, para que este cumpra com o seu objetivo. Têm um impacto economicamente significativo na construção e implementação do projeto, desta forma obtemos o seguinte exemplo de um diagrama de cargas, Figura 5 [8].

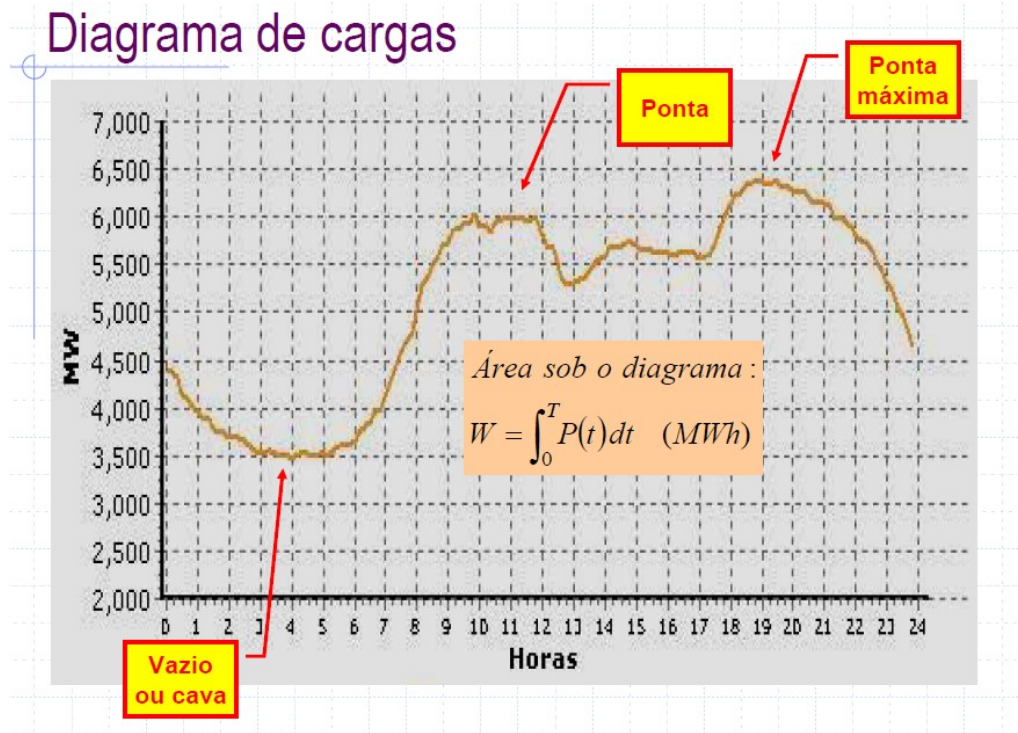


Figura 5 Exemplo diagrama de carga de uma instalação [8].

## 2.2. SOLUÇÕES TÉCNICAS A PROPOR

A nossa proposta incide em rentabilizar este investimento já efetuado e colocar estes geradores em modo partilha de carga de pico (*Peak shaving*) com a rede pública no momento de maior consumo de energia (horas de ponta/cheias) de forma a permitir a redução de potência contratada e os custos na fatura de electricidade.

*Peak shaving* é uma estratégia a utilizar para reduzir o preço da energia, reduzindo o consumo nos momentos de pico. Este fator pode determinar, aproximadamente, 30% do preço de eletricidade durante o ano.

Para isso, utilizamos um controlador de sincronismo e transferência de carga automático. É programado de acordo com a nossa instalação, em que tem por base, a análise do diagrama de cargas, desta forma definimos os parâmetros de operação.

Para implementação da solução selecionamos o controlador, *Deep Sea Electronics (DSE) 8660*, como se verifica na Figura 6 e 7.



Figura 6 Painel frontal controlador DSE8660.

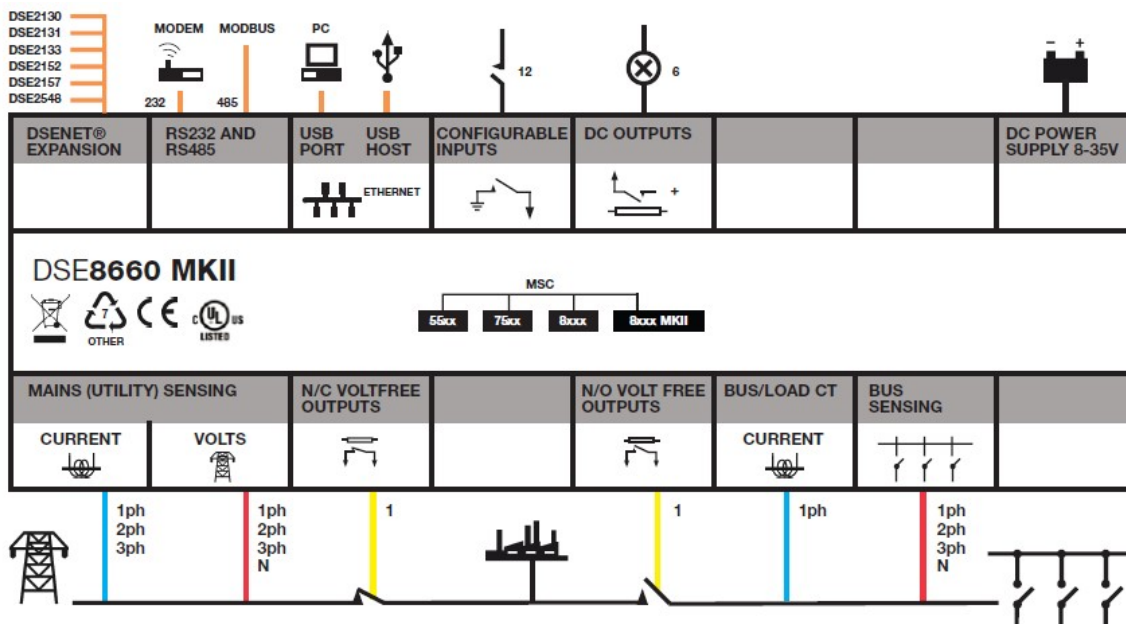


Figura 7 Diagrama controlador DSE8660.

Ao instalar este controlador, o encravamento mecânico e elétrico é desativado e substituído por este novo sistema de sincronismo e partilha de carga, tal como verificamos nas Figuras 8, 9 e 10.

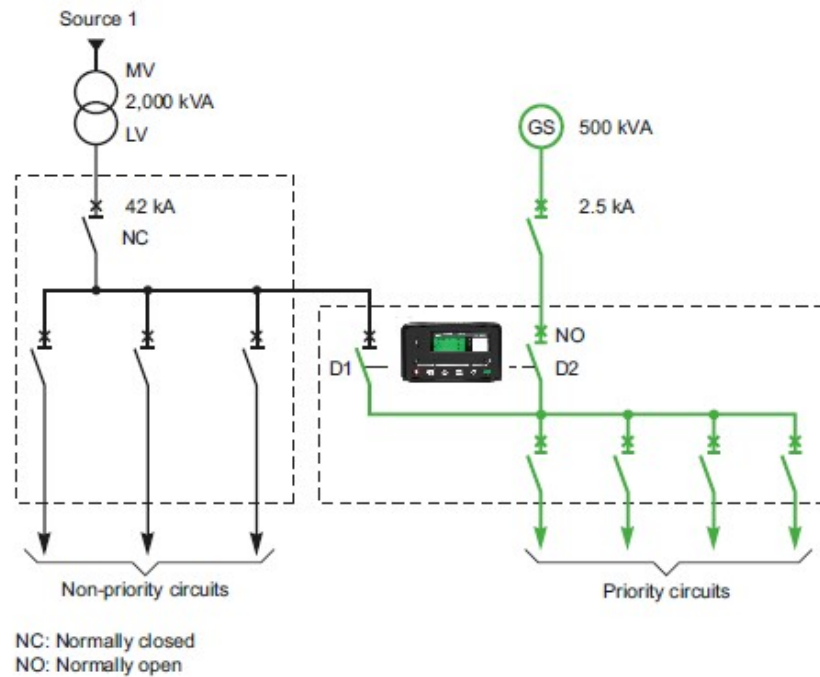


Figura 8 Exemplo diagrama unifilar de um sistema sincronismo rede/grupo socorro.

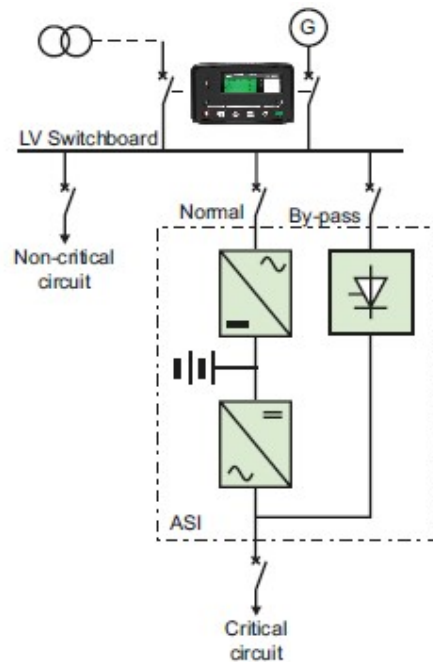


Figura 9 Exemplo diagrama unifilar de um sistema sincronismo rede/grupo com UPS.

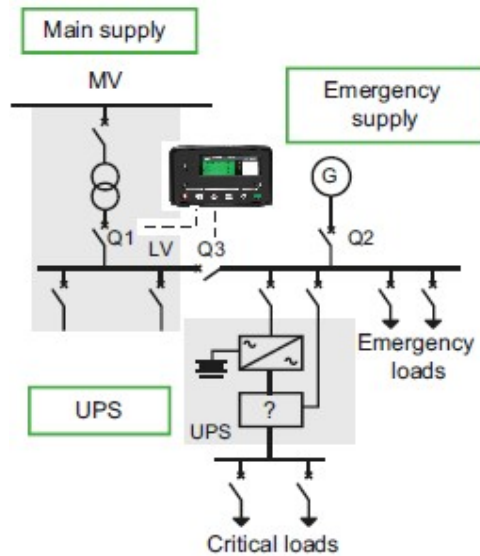


Figura 10 Exemplo diagrama unifilar de um sistema sincronismo rede/grupo socorro com UPS.

Na Figura 11, temos o resultado da instalação do sistema *Peak shaving*, em que se verifica a redução 1250 MW de potência a consumir na rede, neste caso era o valor a reduzir na potência contratada.

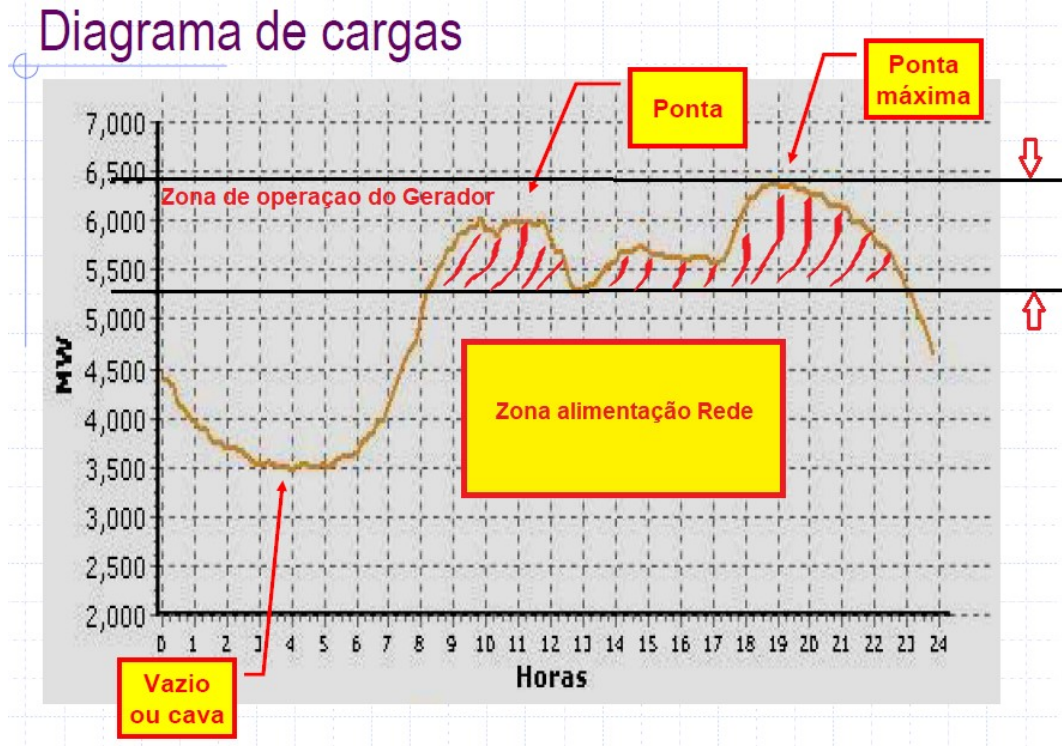


Figura 11 Exemplo diagrama de carga de uma instalação com *Peak shaving* (adaptado de [8]).

### **2.3. COMPLEMENTO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO**

Basicamente, o sistema solar fotovoltaico (PV) complementa os grupos geradores a diesel. Este sistema pode fornecer energia adicional quando as cargas são altas ou aliviar o grupo gerador para minimizar seu consumo de combustível.

No futuro, o excesso de geração de energia elétrica poderá ser opcionalmente armazenado em baterias, possibilitando que o sistema híbrido use mais energia solar mesmo à noite. A gestão inteligente de vários componentes do sistema garante economia de combustível ideal e minimiza as emissões de CO<sub>2</sub>.

Ao contrário dos sistemas de fornecimento de energia que utilizam grupos geradores a diesel, e apesar de seu custo inicial mais elevado, os sistemas fotovoltaicos podem ser amortizados em menos de cinco anos, dependendo do local e do tamanho do sistema, têm baixos custos operacionais.

Além disso, os sistemas fotovoltaicos são flexíveis e podem ser expandidos de forma modular à medida que a demanda de energia cresce. Comparado aos sistemas de geradores puros, um sistema híbrido diesel fotovoltaico oferece inúmeras vantagens:

- Redução de custos de combustível;
- Aumento da independência energética;
- Redução dos consumos energia através da rede, logo a redução da fatura de eletricidade;
- Sustentabilidade com a redução das emissões de CO<sub>2</sub> (protege o meio ambiente).

A Figura 12 demonstra um exemplo de um sistema híbrido composto por gerador em paralelo com painéis fotovoltaicos [9].

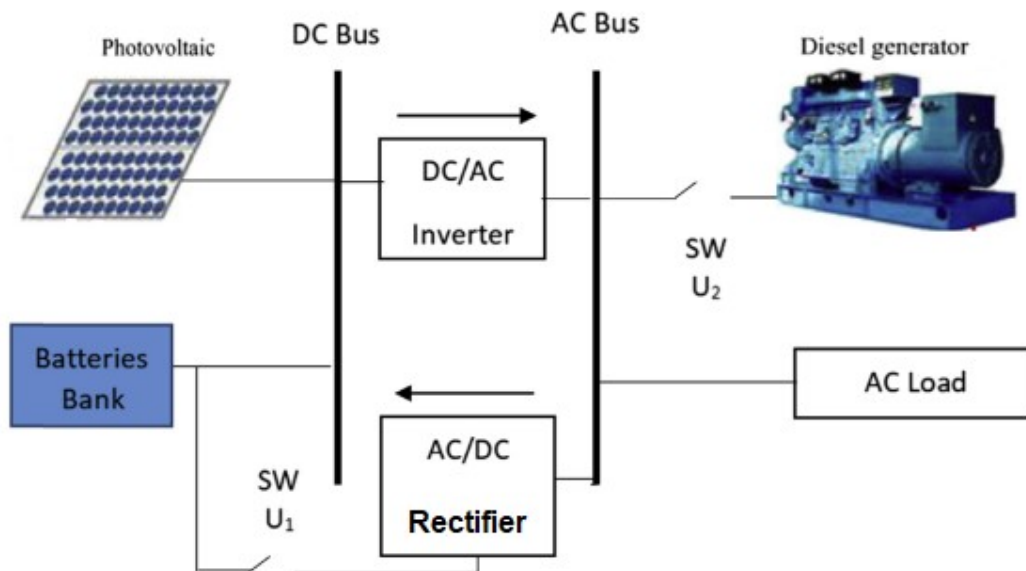


Figura 12 Exemplo diagrama sistema híbrido Gerador/Painéis Fotovoltaicos [9].

Os sistemas híbridos a diesel fotovoltaicos podem ser amortizados de forma especialmente rápida em regiões ensolaradas, com pouco ou nenhum acesso à rede, a tecnologia do sistema maximiza o uso de energia solar em combinação com os grupos geradores de diesel.

Para indústrias como mineração, processamento de matérias-primas, empresas agrícolas, como floriculturas e sistemas de dessalinização de água e instalações turísticas com alta demanda de energia, baixos custos de geração de energia, rápida prontidão operacional, máxima confiabilidade e disponibilidade são fundamentais. Os benefícios ambientais também são convincentes, as emissões de CO<sub>2</sub> e a poluição sonora, são significativamente reduzidas, minimizando o impacto ambiental, ecologicamente correto e económico.

A Figura 13 demonstra um exemplo de retorno de investimento de utilização de um sistema híbrido (painéis solares fotovoltaicos e grupo gerador), cujo retorno de investimento é de, aproximadamente 6 anos, dependendo do valor da potência e a região onde é instalado.

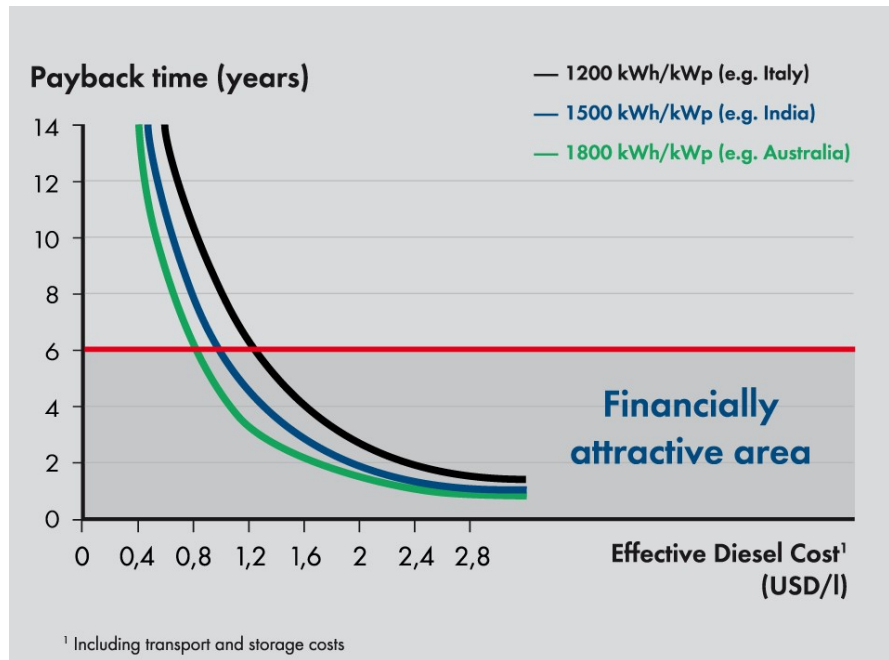


Figura 13 Exemplo gráfico *payback* sistema híbrido Painéis Fotovoltaicos.

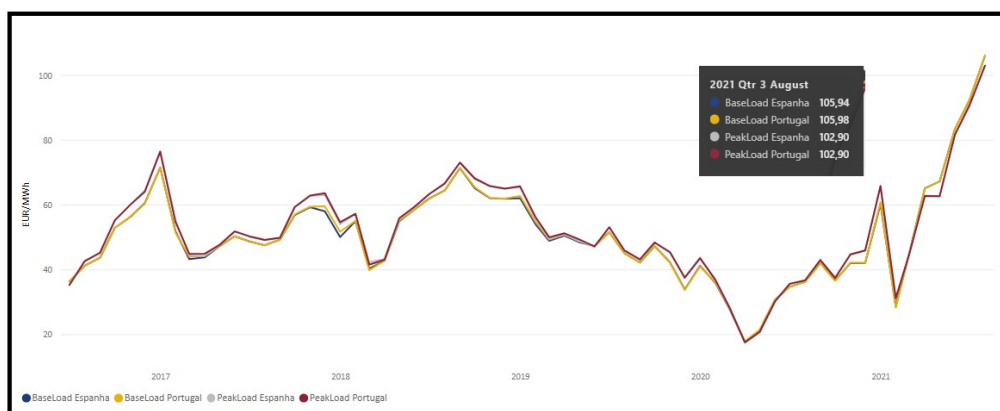
## 2.4. CUSTO ENERGIA ELÉTRICA

As tarifas para a eletricidade são fixadas anualmente pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), por um período coincidente, com o ano civil (janeiro a dezembro). As tarifas reguladas refletem os custos das atividades reguladas e para as quais se define o montante dos proveitos permitidos, são repercutidas nas faturas de todos os consumidores, quer no mercado regulado, quer no liberalizado, contudo os preços dos serviços regulados, associados a serviços obrigatórios (por exemplo, o restabelecimento de energia ou leituras extraordinárias) e que são pagos pelos consumidores que os solicitam, cada tarifa regulada reflete os custos de uma das atividades reguladas pela ERSE.

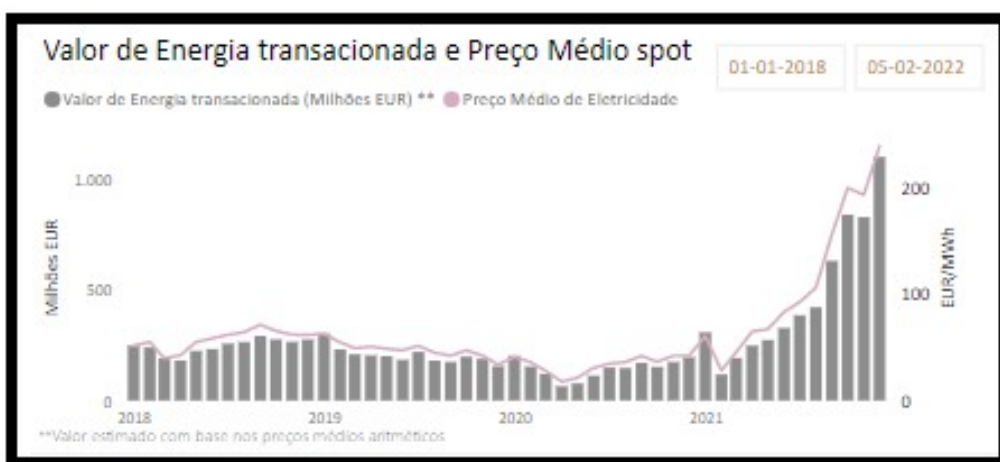
A tarifa de acesso às Redes é paga por todos os consumidores, independentemente de estarem no mercado regulado ou liberalizado, e reflete o custo das infraestruturas e dos serviços utilizados por todos os consumidores de forma partilhada. Esta tarifa resulta da soma das tarifas de Uso Global do Sistema, de Uso da Rede de Transporte, de Uso da Rede de Distribuição e de Operação Logística de Mudança de Comercializador. A tarifa de Energia e a tarifa de Comercialização, apenas são pagas pelos consumidores que ainda estão no mercado regulado, no mercado liberalizado, o valor correspondente é definido por cada comercializador de forma livre e em concorrência com os outros comercializadores,

as taxas e impostos (por exemplo, o IVA) são definidas pelo Estado e iguais em ambas as situações [10].

As tarifas e preços para a eletricidade, fixadas para vigorar em 2022, foram aprovadas pela ERSE através da Diretiva n.º 3/2022, de 7 de janeiro, publicada em Diário da República. Esta Diretiva aprova, também, as tarifas de acesso às redes da mobilidade, as aplicáveis ao autoconsumo e as tarifas de acesso às instalações autónomas de armazenamento. Nas Figuras 14 e 15, verifica-se a evolução do preço médio da eletricidade nos últimos 5 anos.



**Figura 14 Gráfico preço médio Spot de eletricidade (€/Mwh) de 01-01-2016 a 03-08-2021, (Fonte: ERSE, pesquisa em 05-02-2022).**



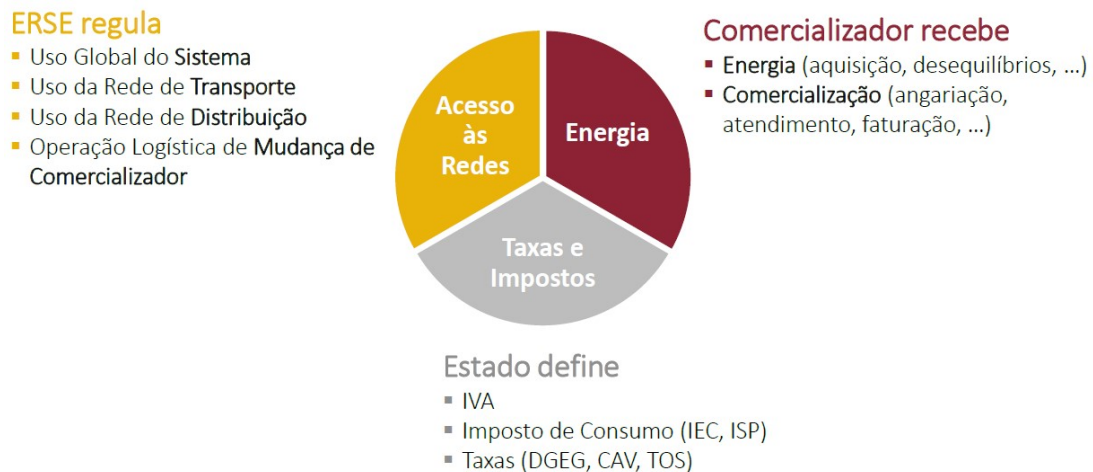
**Figura 15 Gráfico valor de energia transacionada (€/Mwh) de 01-01-2018 a 05-02-2022, (Fonte: ERSE, pesquisa em 05-02-2022).**

Na fatura mensal de eletricidade existem três fatores fundamentais que contribuem para o custo final, falamos da energia ativa consumida Quilowatt-hora (kWh), da potência

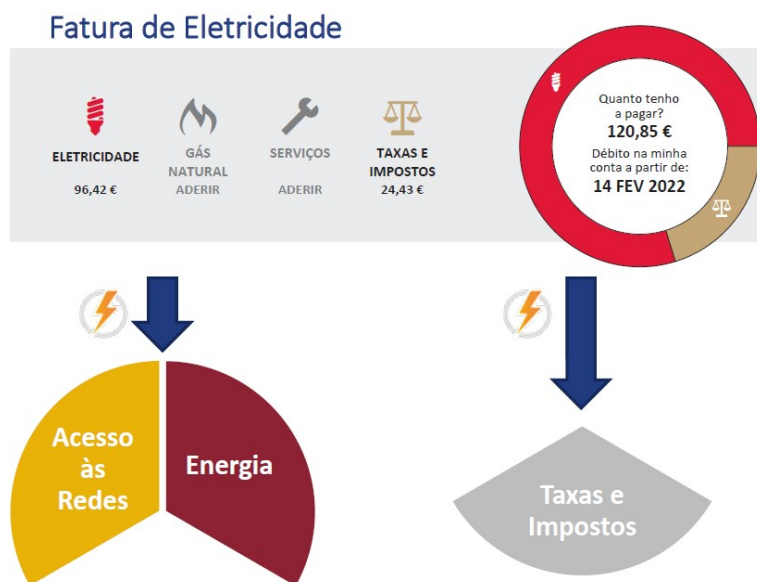
contratada Quilovolt-ampere (kVA) e dos impostos cobrados, apenas o primeiro tem a ver, efetivamente, com a quantidade de eletricidade utilizada, que é medida em Quilowatt-hora (kWh).

Esta é, portanto, a unidade de referência para calcular o custo da energia em Portugal, no entanto, o seu preço varia em cada empresa comercializadora, sendo um dos motivos para, efetuarmos uma simulação semestral dos preços de energia, para encontrarmos as diferenças anuais entre as faturas dos diversos comercializadores.

No entanto, devemos ter em consideração uma situação, é que o valor a pagar por cada kWh não corresponde, efetivamente, ao custo da energia. No valor cobrado estão incluídas as tarifas de acesso a rede (um conjunto de custos associados ao transporte da energia até ao consumidor), assim como as taxas e impostos. Só estes representam cerca de 20% do valor a pagar, tal como se verifica na Figura 16 (estrutura das faturas) e na Figura 17 (um exemplo dos valores a pagar) [10].



**Figura 16 Estrutura da fatura de energia (eletricidade ou gás natural) [10].**



**Figura 17 Exemplo dos valores de uma fatura de Eletricidade Doméstica (adaptada de [10]).**

Os comercializadores, que formam as suas ofertas comerciais livremente, adquirem eletricidade aos produtores no mercado grossista e vendem-na aos clientes pagando, aos respetivos operadores, as tarifas reguladas de acesso às redes, definidas pela ERSE. Na Tabela 1 verifica-se um exemplo dos valores cobrados por kWh aos consumidores domésticos.

**Tabela 1 Exemplo de preços kWh para uma potência de 6,9kVA, (pesquisa em 05-02-2022).**

Empresa	Potência contratada (kVA)	Potência Contratada Preço/dia (€)	Preço kWh Eletricidade (€)	Plano de Energia
EDP Comercial	6,9	0,470 €	0,1610 €	Eletricidade EDP Comercial
Endesa	6,9	0,430 €	0,1458 €	e-Luz
Goldenergy	6,9	0,400 €	0,1465 €	+Cliente Eletricidade
Iberdrola	6,9	0,540 €	0,1463 €	Casa Iberdrola Eletricidade
Galp	6,9	0,410 €	0,1547 €	Galp Casa & Estrada - Eletricidade

Para fornecer eletricidade em zonas/segmentos, onde não existam propostas no mercado livre, aos consumidores economicamente vulneráveis ou a clientes cujo comercializador em mercado livre ficou impedido de exercer a atividade, existe o comercializador de último recurso (CUR).

Com a liberalização do setor, a atividade de comercialização de energia elétrica foi aberta aos vários agentes de mercado, que preenchem os requisitos necessários. Na qual estes estabelecem uma relação direta com os consumidores, na Figura 18 verifica-se a quota do mercado em novembro de 2021 [11].

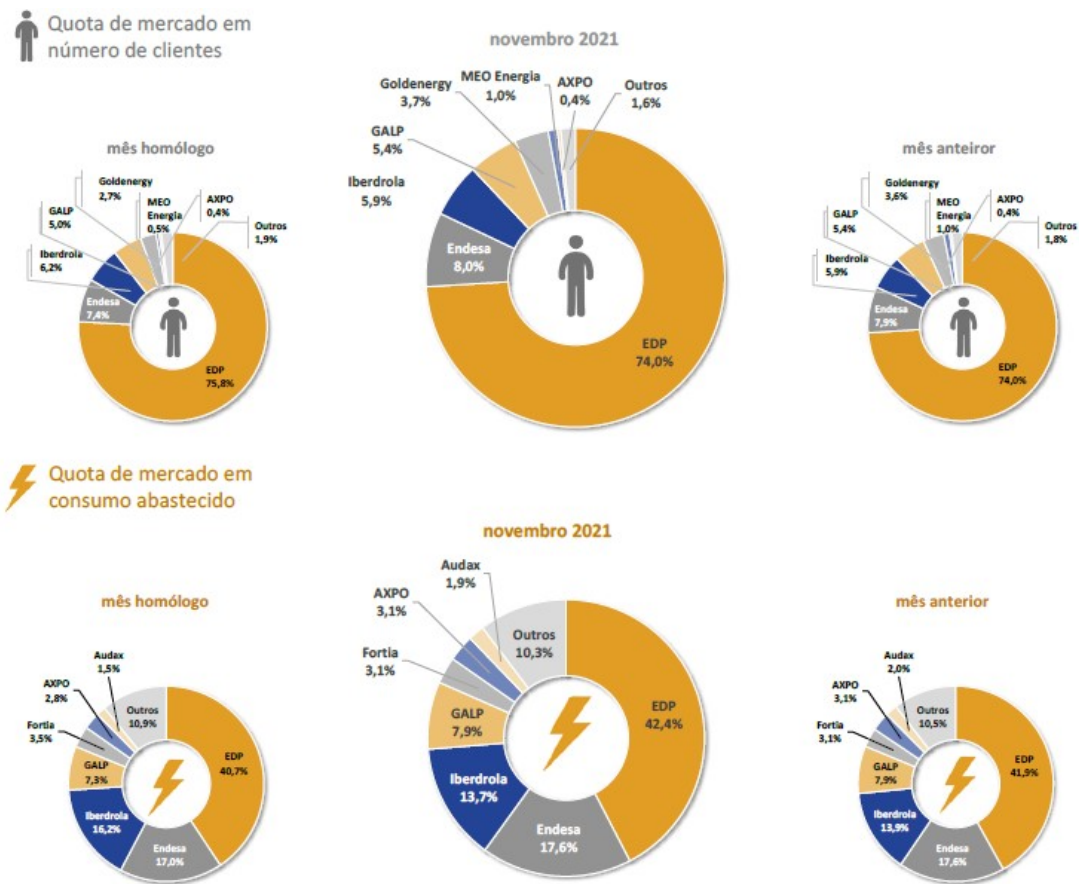


Figura 18 Quota de mercado em novembro de 2021 [11].

Os consumidores podem escolher o seu comercializador e mudar, sem qualquer custo, sempre que encontrarem ofertas mais adequadas ao seu tipo de consumo.

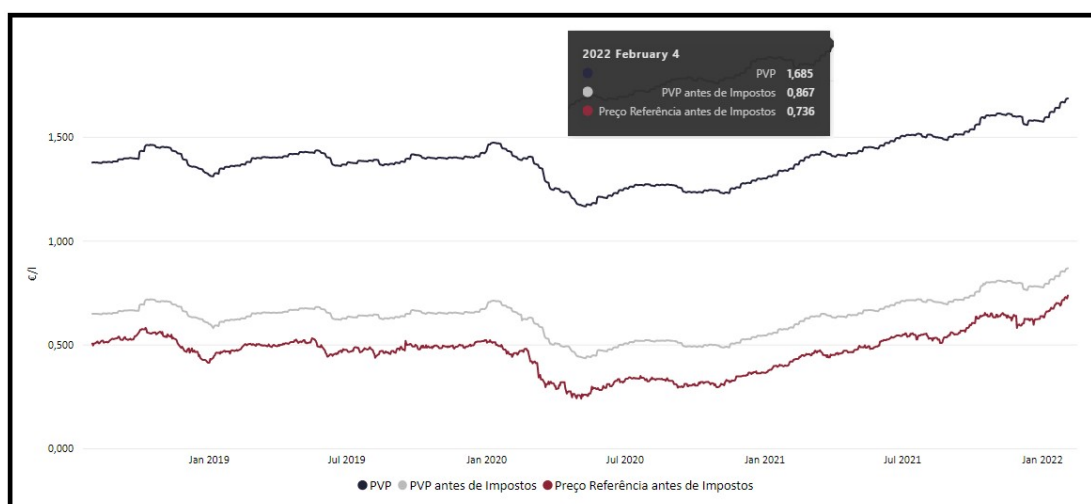
## 2.5. CUSTO COMBUSTÍVEIS PARA GERADOR

Os combustíveis são um conjunto de produtos que podem ter diversas finalidades, em comum têm o facto de, a par com o oxigénio, serem os reagentes das combustões, as quais libertam energia sob a forma de calor. O calor também pode ser convertido noutras formas de energia, como a energia mecânica nos motores de combustão. Por sua vez, a energia mecânica, obtida a partir dos combustíveis, passa a ser convertida em energia elétrica é o que sucede nos geradores e algumas centrais de produção de eletricidade (centrais termoelétricas).

A ERSE regula o setor dos combustíveis, onde se incluem os combustíveis derivados do petróleo, designadamente os combustíveis líquidos, como as gasolinas, os gasóleos e os gases de petróleo liquefeito (como o propano e o butano). Para além destes, também abrange os biocombustíveis, cuja síntese utiliza fontes biológicas como o gás natural. Relativamente aos preços dos combustíveis líquidos estes são livres, podendo variar por marca e por zona geográfica [12].

A energia dos combustíveis derivados do petróleo é obtida através da sua combustão proporcionando atualmente cerca de 40% das necessidades energéticas deste planeta.

Na Figura 19 temos o gráfico da evolução do preço do gasóleo nos últimos 4 anos.



**Figura 19 Gráfico preço gasóleo simples em Portugal de 01-01-2018 a 04-02-2022, (Fonte: ERSE, pesquisa em 04-02-2022).**

Na Figura 20 vemos os preços médios praticados em Portugal em dezembro de 2021, assim como a sua decomposição do preço médio de venda ao público [12].

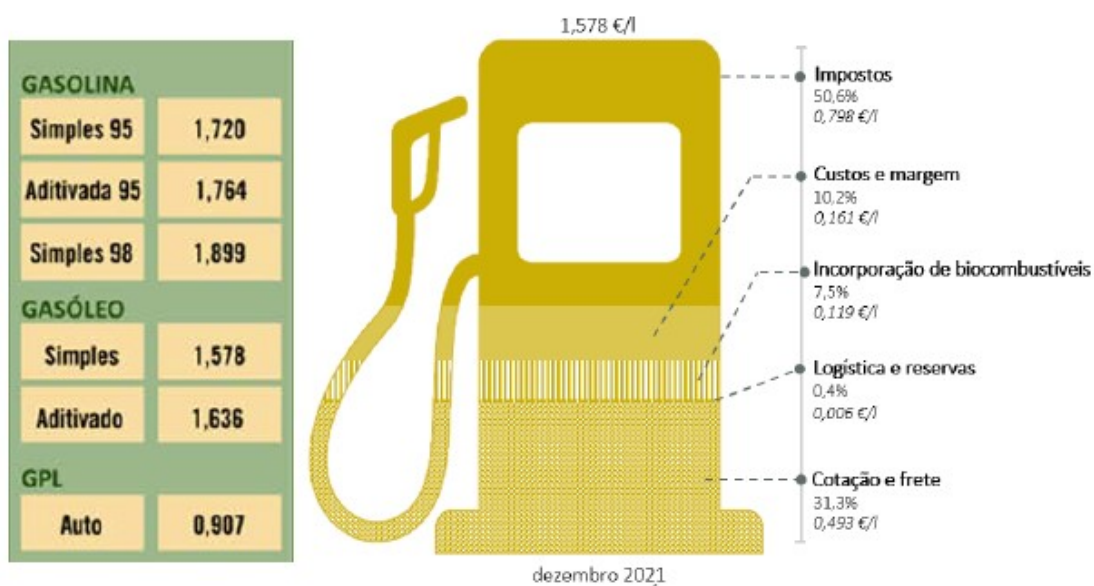
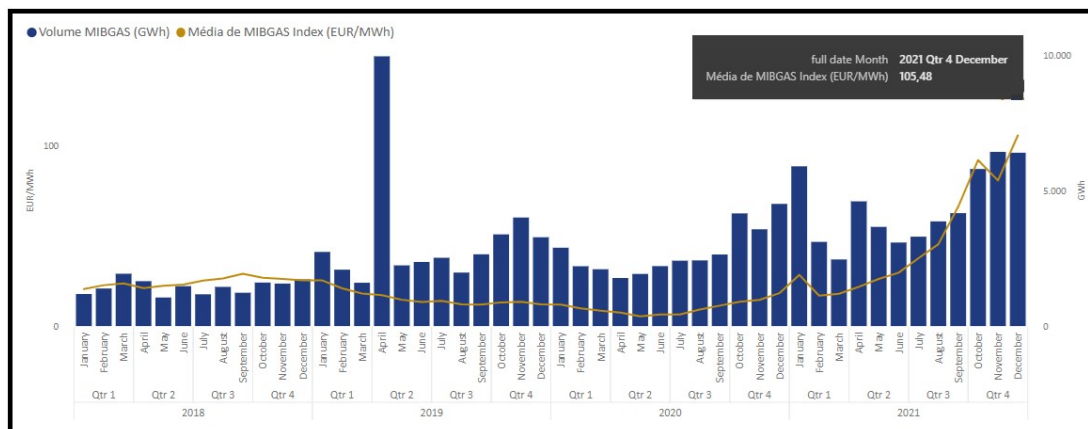


Figura 20 Preço médio praticado em dezembro de 2021 de gasóleo simples em Portugal (adaptada de [12]).

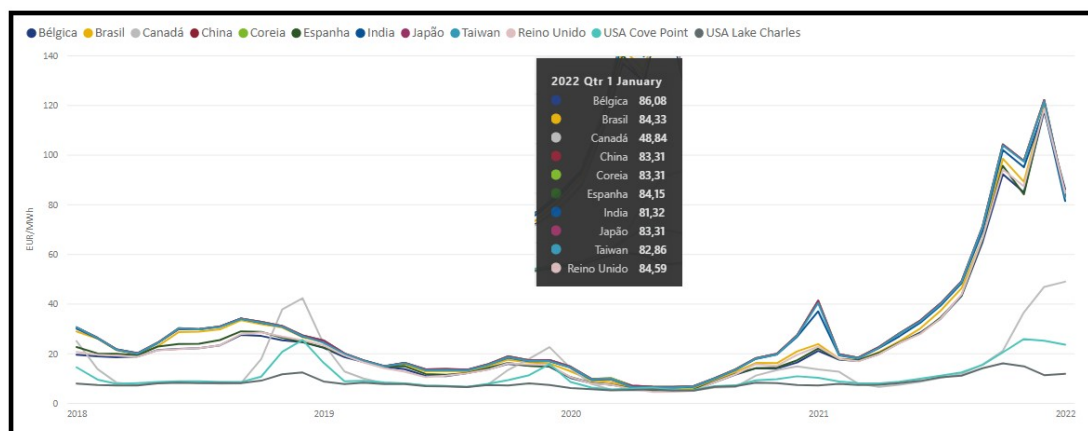
O Sistema Nacional de Gás Natural (SNGN), não dispõe de produção local, ou seja, Portugal não possui jazigos de gás natural que se possam explorar. O aprovisionamento de gás natural para o mercado português é efetuado através de entradas no sistema por via das interligações transfronteiriças por gasoduto e do terminal portuário de Sines, de gás natural liquefeito (GNL). O fornecimento através do terminal de GNL está maioritariamente assente em contratos com a Nigéria.

O gás natural liquefeito no 4.º trimestre de 2021, com as cotações nos mercados, Mercado Ibérico do Gás (MIBGAS), *National Balancing Point* (NBP), *Title Transfer Facility* (TTF) e *Belgian Natural Gas Zeebrugge Beach* (ZEE), registaram uma grande volatilidade, principalmente no mês de dezembro, com os preços a superarem, em quase todos os mercados, os 200 USD/MWh na penúltima semana do ano e a descer na semana seguinte de forma igualmente abrupta, para fechar o ano em torno dos 80 USD/MWh [10].

Nas Figuras 21 e 22 verificamos os gráficos da evolução do preço do gás natural nos últimos 4 anos.



**Figura 21 Gráfico preço médio ponderado Gás Natural no Mercado Ibérico de Gás de 01-01-2018 a 04-12-2021, (Fonte: ERSE, pesquisa em 04-02-2022).**



**Figura 22 Gráfico preço Gás Natural GNL por País de 01-01-2018 a 04-02-2022, (Fonte: ERSE, pesquisa em 04-02-2022).**

Estes dois tipos de combustíveis referenciados acima, são os maioritariamente utilizados nos grupos geradores, na qual vamos focar o nosso estudo técnico económico.

## **2.6. COMPARAÇÃO CONSUMOS GERADOR DIESEL VS GÁS NATURAL**

Durante décadas, os geradores a diesel dominaram o mercado dos grupos de socorro e os a gás natural raramente foram considerados. No entanto, a geração a gás tem sido amplamente aceite, há algum tempo que são utilizados em várias aplicações nos sistemas de energia elétrica.

Hoje em dia, os motores a gás sofreram grandes melhorias com a capacidade de atender aos padrões do tempo de arranque e aceitação de carga. Existem aplicações onde os motores a gás têm vantagens sobre os motores a diesel. De facto, existem casos em que as regras de emissões de CO<sub>2</sub> e consumo de combustível são de grande preocupação, que fazem dos motores a gás a melhor escolha.

Os motores a gás mais recentes são projetados especificamente para serviço de socorro e podem estar prontos para aceitar a carga em intervalos de tempo comparáveis aos motores a diesel.

Ambos têm vantagens e desvantagens, na qual segue o seguinte resumo:

### **GERADORES A DIESEL**

#### **Principais vantagens:**

- Os geradores a diesel têm como grandes vantagens a sua portabilidade e a facilidade de acesso ao combustível;
- O custo de manutenção para geradores a funcionar em contínuo é menor em geradores a diesel;
- O diesel é menos inflamável, quando comparado com outras fontes de combustível;

#### **Principais desvantagens:**

- O diesel tem níveis de emissões elevados, e para dar cumprimento à legislação em vigor, tem de ser adicionado um sistema de filtragem que encarece o custo final do gerador;
- O diesel tem um custo mais elevado que o gás natural.

## GERADORES A GÁS NATURAL

### **Principais vantagens:**

- O gás natural pode ser usado para alimentar geradores para funcionamento, quer em emergência, quer em contínuo, e é considerado um dos combustíveis mais acessíveis e eficazes para geração de energia, entre os recursos não renováveis;
- Quando comparado com outros combustíveis fósseis, como o carvão, o diesel, a gasolina, os níveis de emissões do gás natural são muito inferiores e é mais barato;
- O gás natural é ideal para sistemas de cogeração, porque pode ser facilmente convertido em forma de calor, vapor, água quente e aquecimento do óleo.

### **Principais desvantagens:**

- Os geradores a gás natural são maioritariamente aplicados em zonas que possuem fornecimento ininterrupto deste combustível, através de rede dedicada;
- Em caso de calamidades ou desastres naturais, os sistemas de fornecimento podem afetar a disponibilidade da rede, uma vez que este combustível não pode ser armazenado junto ao gerador;
- O gás natural apresenta maior risco de incêndio quando comparado com o diesel;
- O motor e sistema de controlo são mais exigentes, o que afeta o preço final do produto, encarecendo-o.

Em termos de instalação, os geradores diesel e de gás natural têm necessidades muito semelhantes e conseguem servir o mesmo tipo de aplicações, podendo ambos ser utilizados em contínuo, ou em emergência.

De facto, as principais diferenças entre ambos, prendem-se com as características dos combustíveis, sendo o gás natural mais barato, ambientalmente mais adequado e a acessibilidade dos mesmos mais fácil no caso dos geradores a diesel.

De acordo com a norma ISO 8528-1 os grupos eletrogéneos são classificados em três tipos de potências de serviço [13]:

Potência de Emergência (ESP) (*StandBy Power*).

- Saída disponível com carga variável durante a interrupção da alimentação normal da fonte;
- A potência média de saída é de 70% da potência nominal;
- A operação típica é de 200 horas por ano, com uso máximo esperado de 500 horas por ano.

Potência Principal (PRP) (*Prime Power*).

- Saída disponível com carga variável por tempo ilimitado;
- A potência média de saída é de 70% da classificação de potência principal;
- Demanda de pico típica de 100% do kW nominal com 10% de capacidade de sobrecarga para uso de emergência por um máximo de 1 hora em 12;
- A operação de sobrecarga não pode exceder 25 horas por ano.

Potência em Contínuo (COP) (*Continuous Operating Power*).

- Saída disponível sem variação de carga por tempo ilimitado;
- A potência média de saída é de 70 a 100% da potência nominal contínua;
- A demanda de pico típica é 100% da potência nominal contínua para 100% das horas de operação.

Neste estudo selecionamos dois modelos da *Caterpillar*, um a diesel (DE400E0), na Figura 23, o outro a gás natural (DG400-1 GC) na Figura 24, de forma a compararmos o custo de produção de energia elétrica, entre os dois modelos, ambos *standby power*.



**Figura 23 Caterpillar - DE400E0 - C13 - 400kVA, 320kW - 50Hz – Diesel.**



**Figura 24 Caterpillar - DG400-1 GC - 21.9 - 500kVA, 400kW - 60Hz – GNL.**

De acordo com as fichas técnicas dos geradores, obtemos as Tabelas 2 e 3 com os valores dos consumos e os devidos custos.

Tabela 2 Preços kWh para Gerador 400kVA – Diesel.

<b>Caterpillar - DE400E0 - C13 - 400kVA, 320kW - 50Hz - Diesel</b>						
<b>Standby Power kW</b>	<b>Standby Power kVA</b>	<b>Percentagem de carga</b>	<b>Consumo Diesel (L/hr)</b>	<b>Preço médio Diesel (€/L)</b>	<b>Preço por hora (€)</b>	<b>Preço kWh (€/kWh)</b>
80	100	25%	26,1	1,6850 €	43,98 €	0,5497 €
160	200	50%	43,7	1,6850 €	73,63 €	0,4602 €
240	300	75%	61,9	1,6850 €	104,30 €	0,4346 €
320	400	100%	83,5	1,6850 €	140,70 €	0,4397 €

Tabela 3 Preços kWh para Gerador 500kVA – Gás Natural.

<b>Caterpillar - DG400-1 GC - 21.9 - 500kVA, 400kW - Standby - 60Hz - GNL</b>						
<b>Standby Power kW</b>	<b>Standby Power kVA</b>	<b>Percentagem de carga</b>	<b>Consumo Natural Gas (m<sup>3</sup>/hr)</b>	<b>Preço médio GNL (€/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Preço por hora (€)</b>	<b>Preço kWh (€/kWh)</b>
100	125	25%	52,6	0,9257 €	48,69 €	0,4869 €
200	250	50%	80,5	0,9257 €	74,51 €	0,3726 €
300	375	75%	108,5	0,9257 €	100,43 €	0,3348 €
400	500	100%	136,6	0,9257 €	126,44 €	0,3161 €

Como podemos verificar nas Tabelas 2 e 3, embora potência entre eles sejam ligeiramente diferentes, conseguimos concluir que o valor de kWh do gerador a gás, é mais económico que o diesel.

Este Capítulo 2, abordou o estado da arte referente ao tema central do trabalho, a utilização de grupos geradores de socorro em unidades industriais, como fonte complementar de alimentação das instalações. O Capítulo seguinte, apresenta análise de consumos e tarifas energéticas de uma pequena unidade industrial, de acordo com o diagrama de cargas e faturação da energia elétrica, relativa ao ano de 2020.

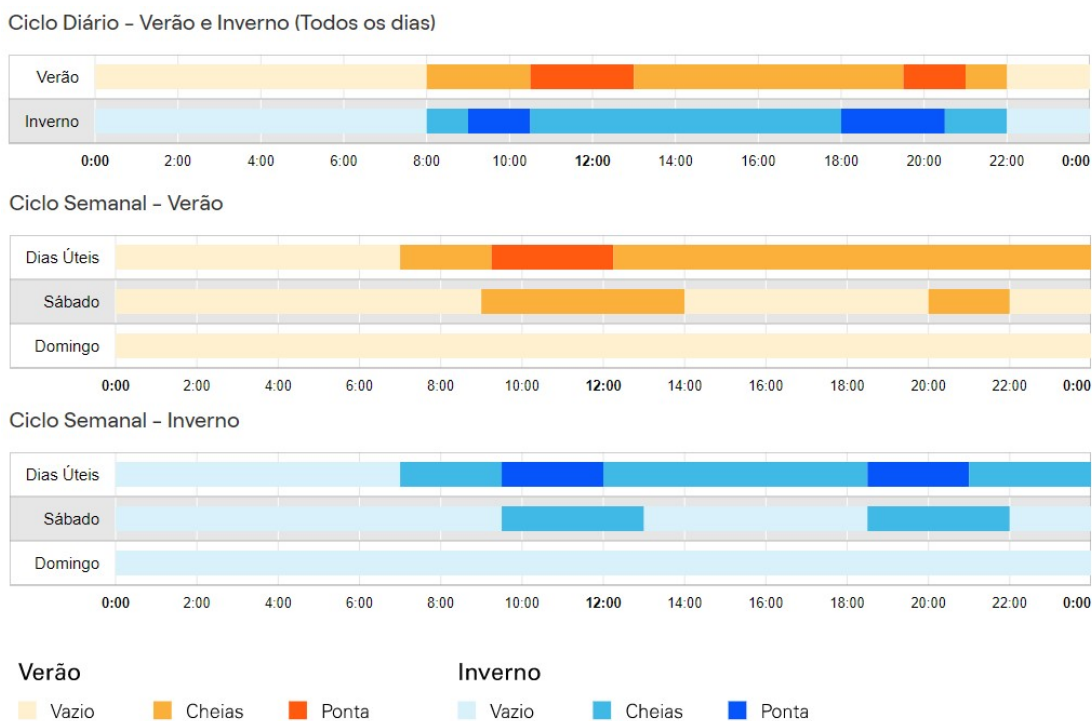


### 3. ANÁLISE DE CONSUMOS & CUSTOS ENERGÉTICOS – UNIDADE INDUSTRIAL

Os comercializadores no mercado livre apresentam, vários preços e tarifas relativamente ao período do consumo horário. No entanto só apresentam publicamente os preços referentes ao escalão de baixa tensão normal (BTN), ou seja, só para os clientes que necessitam de uma potência inferior a 41,4 kVA. Isto deve-se ao facto de os preços associados a escalões superiores serem acordados entre o comercializador e o cliente, impossibilitando desta forma, a existência de um simulador público para os consumidores alimentados em baixa tensão especial (BTE), média tensão (MT), alta tensão (AT) e muito alta tensão (MAT).

A variação do preço da energia elétrica, pode variar de acordo com o período horário, o que significa que o cliente pode pagar diferentes preços, de acordo com a hora em que é realizado o consumo de eletricidade. Isto depende do tipo de tarifa escolhida, podendo esta fazer a distinção até quatro tipos, no caso de o escalão ser acima de BTN, ou três períodos horários. Desta forma, a tarifa pode apresentar-se como sendo simples, bi-horária, tri-horária ou tetra-horária, sendo estas compostas, tal como o próprio nome indica, por um, dois, três ou quatro períodos horários, respetivamente.

Os períodos horários existentes designam-se por período de horas de ponta, cheias, vazio normal e super vazio, sendo esta a ordem decrescente do preço da energia elétrica a pagar. Ou seja, o período mais caro é o de horas de ponta e o mais barato é o de super vazio. No caso de se tratar de uma tarifa bi-horária, esta divide-se em período horário de vazio e fora de vazio, os quais englobam os períodos de vazio normal e super vazio, e os períodos de ponta e cheias, respetivamente. Tratando-se de uma tarifa tri-horária, esta faz apenas o agrupamento dos períodos de vazio normal e super vazio, sendo assim composta pelo período horário de ponta, cheias e vazio. Por último, existe ainda o ciclo diário, o qual é dedicado aos consumidores de baixa tensão (BT), ou seja, os que se encontram no escalão de BTN e BTE. A Figura 25, indica os períodos horários associados a este ciclo, no que diz respeito aos horários aplicados em Portugal Continental.



**Figura 25** Períodos horários do ciclo diário e semanal.

No caso de se tratar de um consumidor de MT, AT ou MAT, este pode ainda optar, se achar vantajoso, pelo ciclo semanal opcional, o qual conta com um horário diferente e menos uma hora associada ao período de cheias, a qual se desloca para o período de vazio normal, nomeadamente durante os sábados de verão.

### 3.1. COMPONENTES DE UMA FATURA DE ELETRICIDADE

Para construir uma análise económica face ao panorama energético, é fundamental verificar o detalhe da faturação presente na fatura. Como explicado anteriormente, a faturação apresenta um regime de potência ativa de ponta, cheia, vazio e super vazio, com as respetivas tarifas de acesso, e uma tarifação de potência contratada, potência de hora de ponta, reativa consumida, assim como as várias taxas e impostos.

Os comercializadores do mercado livre, definem o preço da energia e de potência tendo em conta que o custo de venda ao cliente final deverá cobrir os custos do preço de aquisição de energia, da margem do comercializador e da tarifa de acesso às redes, desta forma, conseguem ser disponibilizadas ofertas com condições e preços variados.

O preço final de uma fatura de eletricidade, tal como a Figura 26, é composto pelos seguintes termos:

- **Termo variável:** Corresponde ao valor pago correspondente, efetivamente, à energia consumida;
- **Termo fixo:** Corresponde ao preço fixo diário em função da potência contratada. Para um consumidor doméstico, a potência varia entre o escalão 1,15 a 41,1 kVA.

Nestes termos estão incluídos os valores relativos à tarifa de acesso às redes, esta tarifa corresponde ao valor a pagar pela utilização de infraestruturas de redes dependendo das variações das tarifas de uso das redes de transporte e de distribuição e da tarifa de uso global do sistema de custos de política energética e de interesse económico e geral (CIEG). Adicionalmente, é incluído o valor da tarifa do Operador Logístico de Mudança de Comercializador (OLMC).

A tarifa de acesso às redes é definida anualmente pela ERSE com preço fixo e aplicada tanto no mercado livre como no mercado regulado.

**Taxas e Impostos** – Atualmente existem 3 taxas e impostos aplicados na fatura de eletricidade, a Taxa de Exploração da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), o Imposto Especial de Consumo (IEC) e a Contribuição Audiovisual (CAV).

- Taxa de Exploração Direção Geral de Energia e Geologia.

Representa uma taxa fixa (0,07€) definida pela DGEG, cujo valor reverte para o Estado, pela utilização e exploração das instalações elétricas.

- Imposto Especial de Consumo – IEC

Encontra-se integrado na categoria de imposto sobre os produtos petrolíferos e energéticos (ISP). A taxa fixa é de 0,001 € por kWh de energia faturado.

**Nota:** Os consumidores com direito ao desconto da tarifa social de eletricidade estão isentos de pagar esta parcela.

- Contribuição Audiovisual – CAV

Destina-se a financiar o serviço público de radiodifusão e de televisão (Lei n.º 30/2003, de 22 de agosto). Neste caso, o valor é entregue pelos comercializadores à Autoridade Tributária que entrega à Rádio e Televisão de Portugal SGPS, S.A. O valor é fixo mensal de 2,85 € + IVA (6%), pelo que deverá ser paga 12 vezes por ano por cada consumidor.

**Nota:** Alguns clientes podem ser isentos de pagamento desta taxa ou pagamento reduzido da mesma. Isto aplica-se, por exemplo, a consumos anuais inferiores a 400 kWh ou com condições financeiras especiais, aos consumidores com direito ao desconto da tarifa social de eletricidade pagam um valor reduzido de 1 €/mês.

- Imposto sobre Valor Acrescentado - IVA

Conforme consta do Decreto-Lei nº 60/2019, desde 2019 que o IVA aplicado à eletricidade em Portugal Continental, é de 6% para os consumidores que “tenham uma potência contratada que não ultrapasse 3,45 kVA e que, no gás natural, tenham consumos em baixa pressão que não ultrapassem os 10.000 m<sup>3</sup> anuais”. Já no que diz respeito às Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira, o IVA aplicado é de 4% e 5%, respetivamente [14].

De acordo com o diploma supracitado, as potências de eletricidade que ultrapassem os 3,45 kVA continuam a ser tributadas à taxa normal de IVA de 23% ou à taxa intermédia de 13%, se o consumo de eletricidade não exceder os 100 kWh para consumidores com potência contratada até 6,9 kVA.

Para as famílias mais numerosas (com 5 ou mais elementos) com um consumo de eletricidade que não exceda os 150 kWh, a taxa a aplicar é a taxa intermédia (13%). No entanto, caso seja ultrapassado esse valor de consumo, aplicar-se-á a taxa normal de 23%.

### Serviços adicionais

Os serviços adicionais fazem parte das ofertas de vários comercializadores e permitem obter preços de energia mais favoráveis, ao subscrevê-los normalmente existe uma fidelização associada de 12 meses, permitindo assim aos comercializadores apresentar valores mais competitivos, estes serviços podem incluir a manutenção de eletrodomésticos, realização de obras, seguros, entre outros.

### Reembolsos

Alguns comercializadores possuem programas de fidelização que permitem obter reembolsos de uma percentagem do valor da fatura, este valor pode ser deduzido diretamente no valor a pagar ou então disponibilizado em cartões de desconto.

Em resumo para calcular o valor final da fatura de eletricidade podemos dizer que:

**Valor final a pagar = (eletricidade consumida em kWh x preço/kWh) + (custos com a potência) + taxas e impostos + serviços (opcional)**



Figura 26 Componentes de uma fatura de eletricidade.

### 3.2. ANÁLISE DO CONSUMO E FATURA DE UMA UNIDADE INDUSTRIAL

Neste caso será analisado a faturação e o diagrama de cargas do ano 2020, de uma pequena unidade industrial com 160 kW de potência contratada em média tensão (MT), com o ciclo horário semanal opcional com feriados (FOP), em que o período de faturação é do dia 16 do mês anterior ao dia 15 do corrente mês e o comercializador é a empresa audax de acordo com a Figura 27. Existem vários comercializadores no mercado de eletricidade e a alteração é gratuita, não implicando qualquer alteração à instalação do consumidor, cabe ao cliente o processo de pesquisa de mercado, ou seja, procurar os comercializadores que podem fornecer eletricidade à sua instalação e que melhor se adaptam às suas necessidades.

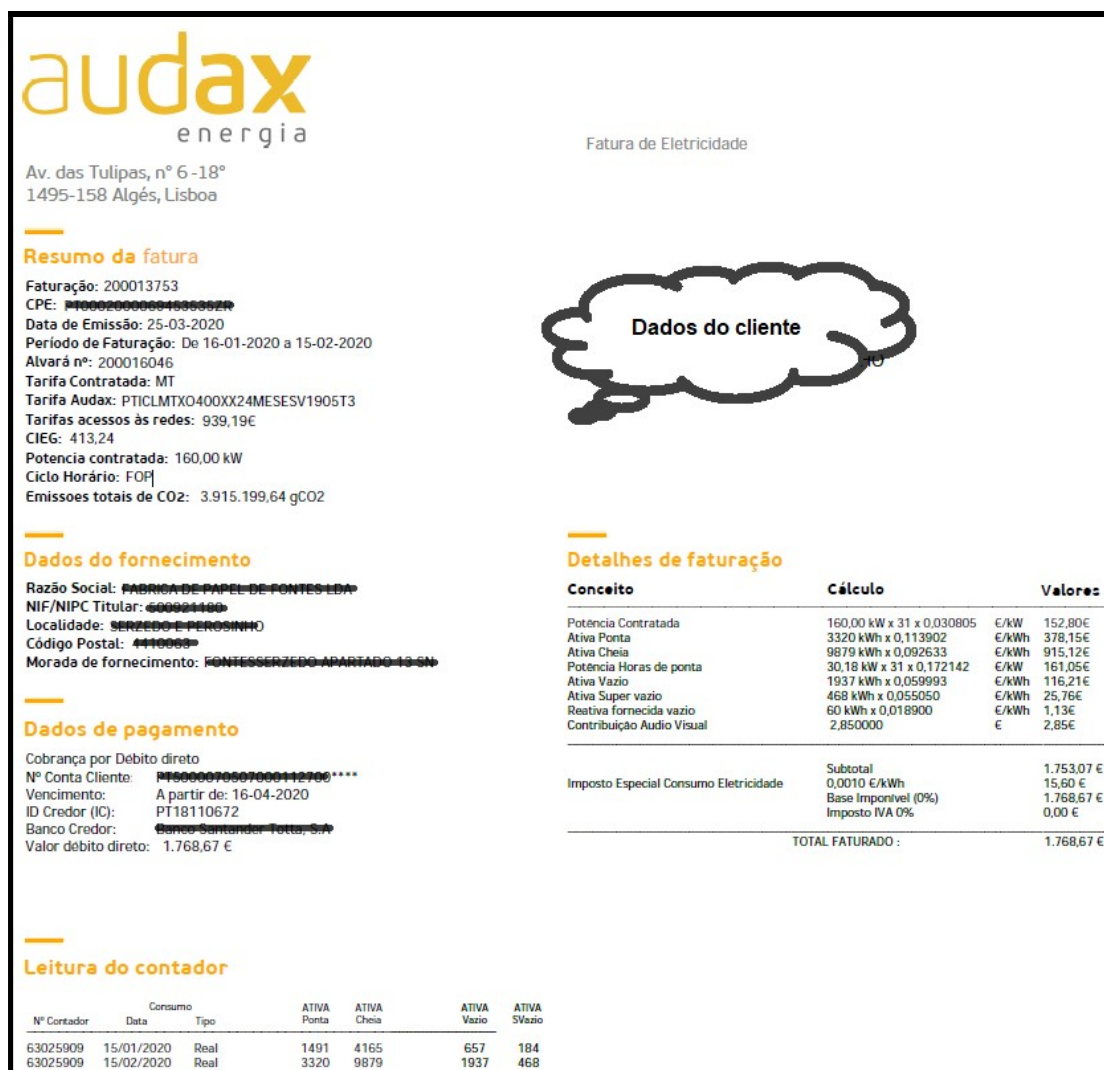


Figura 27 Fatura de eletricidade mês fevereiro de 2020.

A recolha da informação para construir os diagramas de cargas mensais da empresa relativas ao ano 2020, são obtidas através do portal E-redes em que fornecem potência ativa em intervalos de 15 minutos, que podem ser consultados no Anexo A. Na Tabela 4 obtemos o resumo dos consumos versus valor total faturado no ano 2020.

**Tabela 4 Consumos e custos ano 2020.**

<b>Mês</b>	<b>Energia Ativa Total (kWh)</b>	<b>Energia Ativa Ponta (kWh)</b>	<b>Energia Ativa Cheia (kWh)</b>	<b>Energia Ativa Vazia (kWh)</b>	<b>Energia Ativa Super vazia (kWh)</b>	<b>Valor Total Fatura (€)</b>
Janeiro	11 951	2 695	7 599	1 295	362	1.372,62 €
Fevereiro	15 604	3 320	9 879	1 937	468	1.768,67 €
Março	15 111	3 521	9 230	1 890	470	1.876,42 €
Abril	13 366	3 224	7 805	1 888	449	1.659,74 €
Maiο	14 235	3 212	8 546	1 988	489	1.767,65 €
Junho	11 365	2 675	6 585	1 659	446	1.411,26 €
Julho	9 291	2 561	5 370	915	445	1.153,72 €
Agosto	9 217	2 146	5 099	1 500	472	1.132,39 €
Setembro	10 575	2 433	6 143	1 557	442	1.344,89 €
Outubro	13 406	2 832	8 195	1 886	493	1.620,59 €
Novembro	13 375	2 844	8 240	1 797	494	1.554,45 €
Dezembro	15 480	3 303	9 678	2 007	492	1.871,33 €
<b>Total Ano</b>	<b>152 976</b>	<b>34 766</b>	<b>92 369</b>	<b>20 319</b>	<b>5 522</b>	<b>18.533,73 €</b>
<b>Médias mensal</b>	<b>13 371</b>	<b>2 838</b>	<b>8 000</b>	<b>1 842</b>	<b>469</b>	<b>1.587,52 €</b>

De uma forma resumida podemos dizer, que para uma unidade industrial com 160 kW de potência contratada em MT, o custo da energia consumida é cerca 0,1211€/kWh (valores relativos a 2020). Nas Figuras 28 e 29 podemos verificar graficamente os valores representados na Tabela 4.



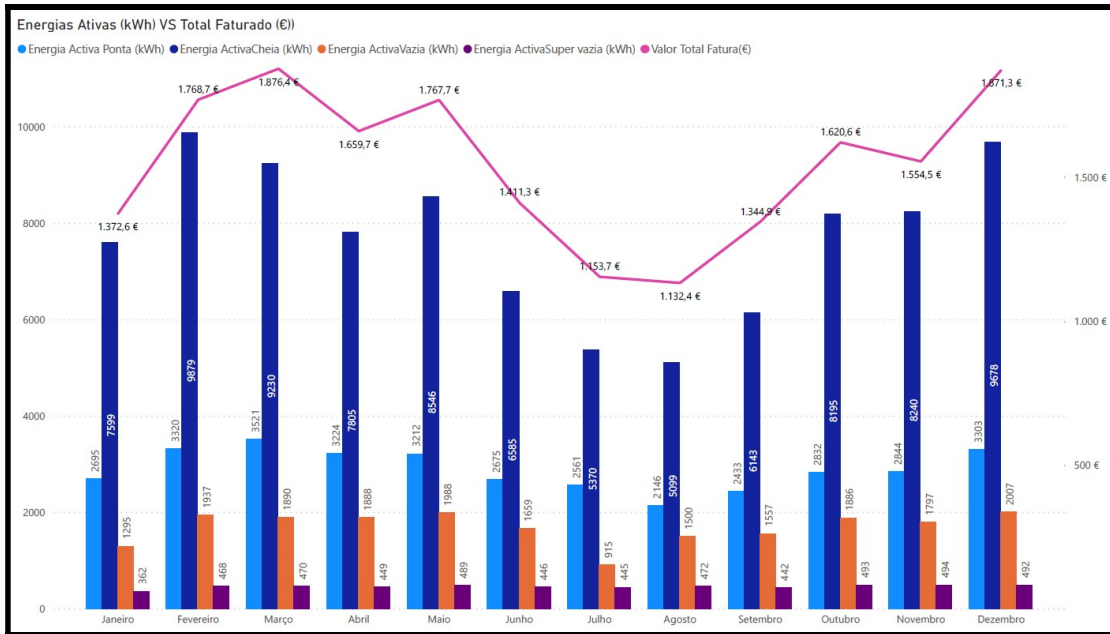


Figura 28 Gráfico Consumos VS Faturação 2020.

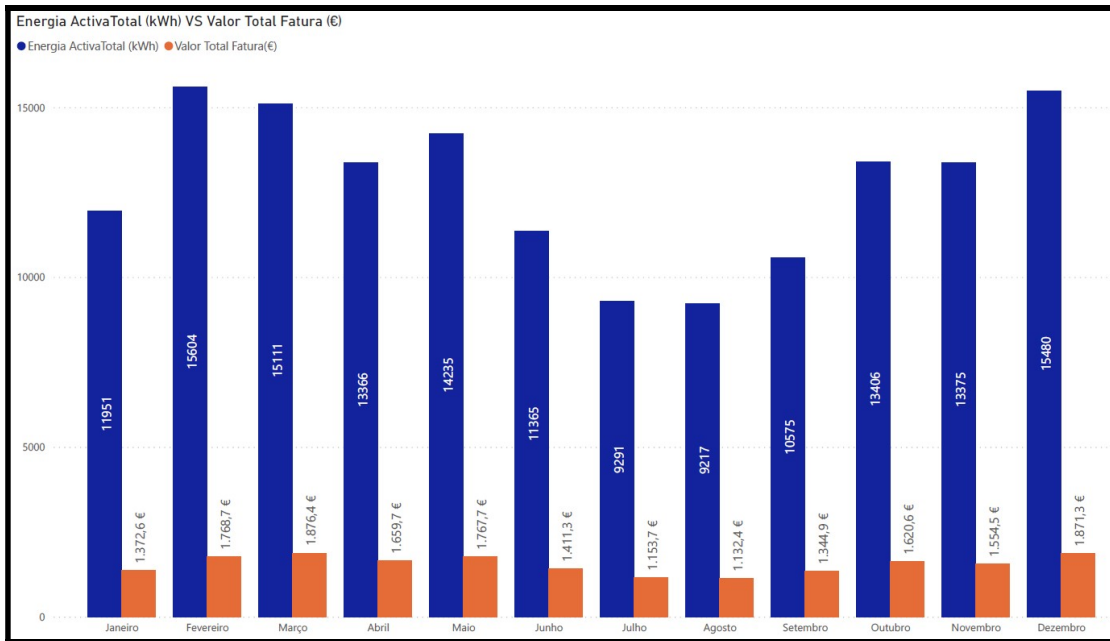


Figura 29 Gráfico Consumo total ativa VS Faturação 2020.

Este Capítulo 3, apresentou a análise de consumos e custos da energia elétrica de uma pequena unidade industrial, em que é analisado o seu diagrama de cargas, em conjunto com as faturas de eletricidade da empresa, durante o ano de 2020. O Capítulo seguinte

apresenta, análise técnica e económica da instalação de sistemas de autoprodução de energia solar fotovoltaica, aplicada numa unidade industrial.

## 4. ESTUDO TÉCNICO & ECONÓMICO DE SISTEMAS DE AUTOPRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A geração de energia elétrica para um sistema fotovoltaico é efetuada através de materiais semicondutores, como por exemplo o silício, isto é, são materiais que funcionam como isoladores a baixas temperaturas, mas como condutores de energia quando aquecidos, ou seja, são diretamente influenciados pela temperatura, em que a diferença de tensão, e consequentemente a corrente elétrica, está diretamente relacionado a exposição solar e a temperatura que as células do painel podem alcançar.

Esta corrente elétrica produzida pelos painéis fotovoltaicos é do tipo contínua (DC), no entanto, deve ser convertida para corrente alternada (AC), tendo em vista que a atual instalação da rede elétrica nacional, bem como dos equipamentos elétricos dentro das moradias e edifícios comerciais ligados a rede elétrica possui esta configuração.

O inversor é o equipamento que realiza essa conversão do tipo de corrente no sistema fotovoltaico, como equipamento elétrico, apresenta uma performance característica, tendo em vista as perdas que apresentam durante a conversão da corrente elétrica. O mercado atual apresenta três tipos de inversores que podem ser instalados, inversores centrais, por fileiras e por módulo.

A célula de silício monocristalina é a tecnologia mais antiga do setor, sendo visivelmente reconhecível por possuir uma cor uniforme e de quinas arredondadas. Estas células são obtidas a partir de barras cilíndricas de silício monocristalino produzidas em fornos especiais, em processo denominado Czochralski [15].

As células são obtidas por cortes de barras em forma de pastilha quadradas finas, entre 0,4 a 0,5 mm de espessura, uma vez que estes painéis solares possuem uma maior eficiência, eles necessitam de menos espaço para gerar a mesma quantidade de energia elétrica. Quando montados e combinados, tendem a possuir bons rendimentos energéticos com pouca incidência solar, além de apresentarem tempos de vida útil de 30 anos, atualmente o Silício Cristalino é o que tem maior eficiência, cerca de 26%.

As soluções técnicas, deverão cumprir com todos os requisitos de acordo com a legislação e normas em vigor das instalações de unidades de produção, a legislação e normas estão descritas no Capítulo 2. Contudo é dever do produtor entregar a energia elétrica em conformidade com as normas técnicas aplicáveis, de modo a não causar perturbação ao normal funcionamento da rede pública, permitir e facilitar o acesso do pessoal técnico à unidade de produção, no âmbito das suas competências.

Para este tipo de simulação existem vários *softwares* em que os mais utilizados são o PVSol e o PVSyst. Contudo, no caso de estudo, vamos considerar uma unidade industrial, na qual utilizamos o *Software* PVSol, que permite projetar e simular todos os tipos de sistemas fotovoltaicos modernos, (desde um sistema a instalar em um telhado pequeno com alguns módulos até sistemas de tamanho médio em telhados comerciais e grandes parques solares com até 100.000 módulos). O PVSol oferece várias ferramentas para o projeto e simulação, os resultados são detalhados e fornece as informações sobre o desempenho do sistema em todos os momentos, tal como podemos verificar na Figura 30.

O *Software* dispõe de um extenso banco de dados de produtos atualmente, inclui mais de 21.000 módulos fotovoltaicos, 5.100 inversores, 1.900 sistemas de bateria e muitos outros

produtos, como veículos elétricos e otimizadores de desempenho, é atualizado regularmente pelos próprios fabricantes dos produtos, para que possamos trabalhar sempre com os dados mais recentes.

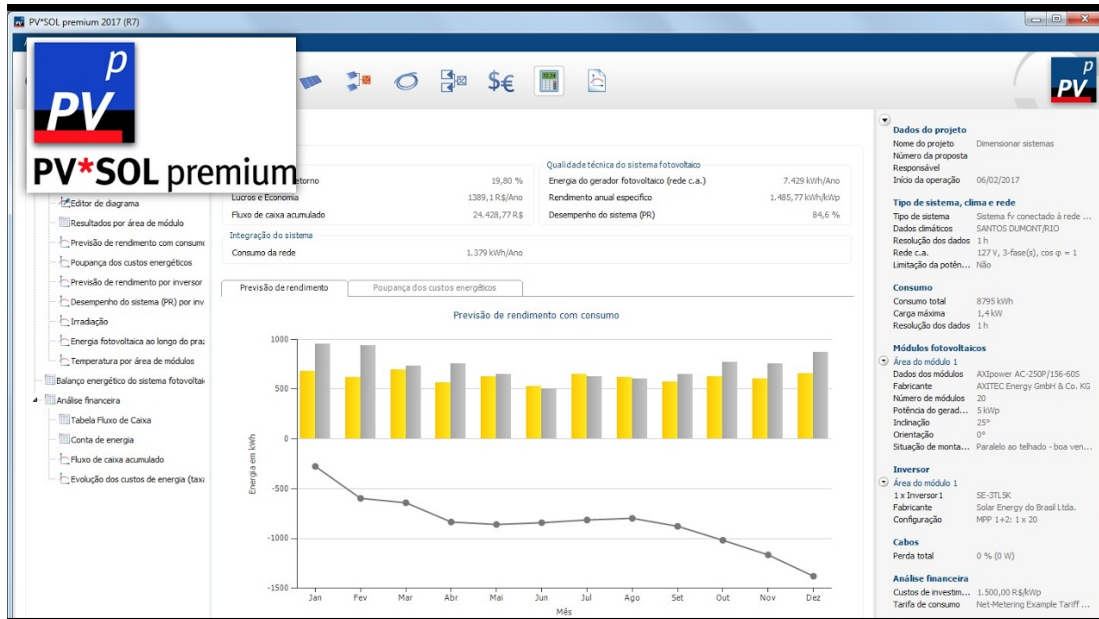


Figura 30 Software PVSol.

Esta ferramenta é líder de mercado para o projeto e simulação de sistemas fotovoltaicos, na qual iniciamos o processo de inserir os dados:

- Local do sistema;
- Diagrama de carga e consumo anual;
- Dados do módulo fotovoltaico (fabricante, modelo, orientação, quantidade etc.);
- Fabricante do inversor.

Automaticamente apresentará a melhor configuração entre módulos e inversores, na simulação serão apresentados os resultados de forma bem compreensível:

- Energia produzida anual e mensalmente;
- Desempenho do sistema;
- Autoconsumo;
- Nível de autonomia.

Desta forma, na nossa simulação vamos considerar uma unidade industrial situada em Vila Nova de Gaia. Na Figura 31, dispõe das características da sua alimentação de energia elétrica.

<b>FORNECEDOR ENERGIA:</b> EDP	
<b>CICLO   TARIFA:</b>	SEMANAL+FERIADOS   MT
<b>TARIFA ENERGIA:</b>	Ano 2019   Tipo TOU
<b>TARIFA OMEL:</b>	Ano 2019   Preços OMIE - Portugal   V. Médio: 44 €/MWh   V. Usado: 39,6 €/MWh
<b>POTENCIA CONTRATADA:</b> 585,9 kW	
<b>PER. REF<sup>a</sup>. CONSUMOS:</b> jan/18 dez/18	
<b>CONSUMO REFERÊNCIA:</b>	1709,32 MWh/ano   803,36 tonCO <sub>2</sub> e
	<b>TARIFAS ENERGIA:</b>
CHEIAS (%/ano)	44,1%
CHEIAS (€/MWh)	64,40
PONTA (%/ano)	12,6%
PONTA (€/MWh)	66,89
VAZIO (%/ano)	30,8%
VAZIO (€/MWh)	52,88
S/VAZ. (%/ano)	12,6%
S/VAZ. (€/MWh)	52,23

**Figura 31 Características da alimentação de energia elétrica à Unidade Industrial.**

#### **4.1. RESULTADO SOLUÇÃO TÉCNICA**

Na simulação é importante definir as perdas no sistema, tendo em vista que o sistema não converte toda a irradiação solar em energia elétrica devido a diversos fatores, como por exemplo; perdas na conversão de energia, sombreamento parcial, sujidades na superfície dos painéis, aumento de temperatura do painel fotovoltaico e perdas no inversor.

Como são diversas orientações de azimute e inclinações, tendo em vista as limitações de instalação das condições ideais de irradiação nos painéis e assim, diversas capacidades de produção fotovoltaica, o PVSol automaticamente identifica e agrupa os painéis com similar irradiação solar anual media global no plano dos módulos. Na Figura 32, apresenta a vista geral do posicionamento dos painéis fotovoltaicos, proposto para esta unidade industrial.

Apenas de forma a relembrar e a ter em conta, que soma das potências dos inversores não pode ser superior a potência contratada, assim sendo obtemos os seguintes dados:

- Sistema fotovoltaico: 3D, Sistema PV conectado à rede
- Dados climáticos: Canidelo, PRT (1991 - 2010)
- Potência do gerador fotovoltaico: 304,15 kWp
- Área do gerador fotovoltaico: 1 551,6 m<sup>2</sup>
- Quantidade de módulos: 770

- Módulos fotovoltaicos: Q. PEAK DUO L-G7 395
- Fabricante: Hanwha Q. CELLS
- Quantidade de inversores: 4
- Modelo: SUN2000-60KTL-M0 (400Vac)
- Fabricante: Huawei Technologies



**Figura 32 Vista Geral 3D do Sistema PV (Software PVSol).**

Na Figura 33, obtemos o resumo das características, fornecidos pelo *software* PVSol, do sistema PV e o seu rendimento anual. Na Figura 34, apresenta graficamente a previsão mensal do rendimento do sistema.

Sistema fotovoltaico	
Potência do gerador fotovoltaico	304,2 kWp
Rendimento anual específico	1 306,94 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	84,4 %
Diminuição do rendimento por sombreamento	1,3 %/Ano
<hr/>	
Injeção na rede	397 506 kWh/Ano
Injeção na rede no primeiro ano (incl. degradação do módulo)	390 325 kWh/Ano
Consumo em espera (Inversor)	44 kWh/Ano
Emissões de CO <sub>2</sub> evitadas	238 504 kg/ano
<hr/>	
O rendimento	
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	397 506 kWh
Injeção na rede	397 506 kWh
Limitação no ponto de injeção	0 kWh
Autoconsumo	0,0 %
Fração solar	0,0 %
Rendimento anual específico	1 306,94 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	84,4 %
Diminuição do rendimento por sombreamento	1,3 %/Ano
Emissões de CO <sub>2</sub> evitadas	238 504 kg/ano

Figura 33 Resumo características do sistema (Software PVSol).

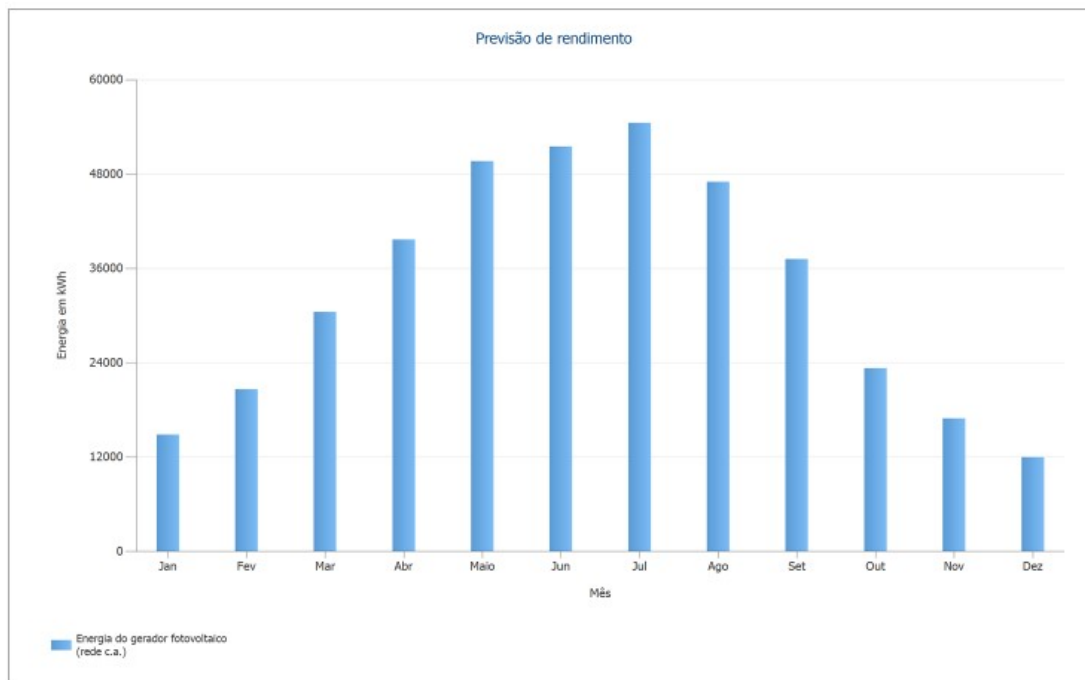


Figura 34 Gráfico Previsão de Rendimento (Software PVSol).

Na Figura 35, obtemos o diagrama unifilar, para o sistema PV, que inclui os painéis solares e os inversores a implementar, fornecido pelo *software* PVSol.

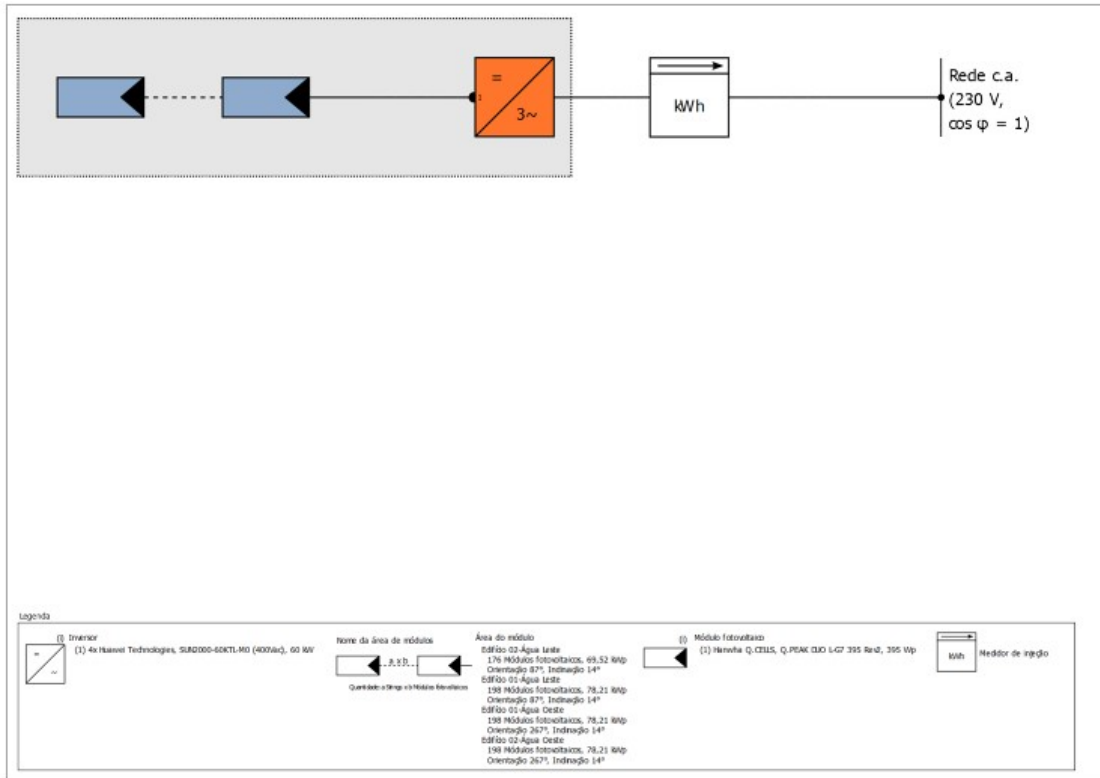


Figura 35 Esquema Elétrico Unifilar (*Software* PVSol).

Na Figura 36, apresenta o modulo fotovoltaico proposto, tendo em conta as suas características técnicas e económicas, o mais apropriado para este sistema PV.

Na Figura 37, apresenta o inversor solar proposto, tendo em conta as suas características técnicas e económicas, o mais apropriado para este sistema PV.

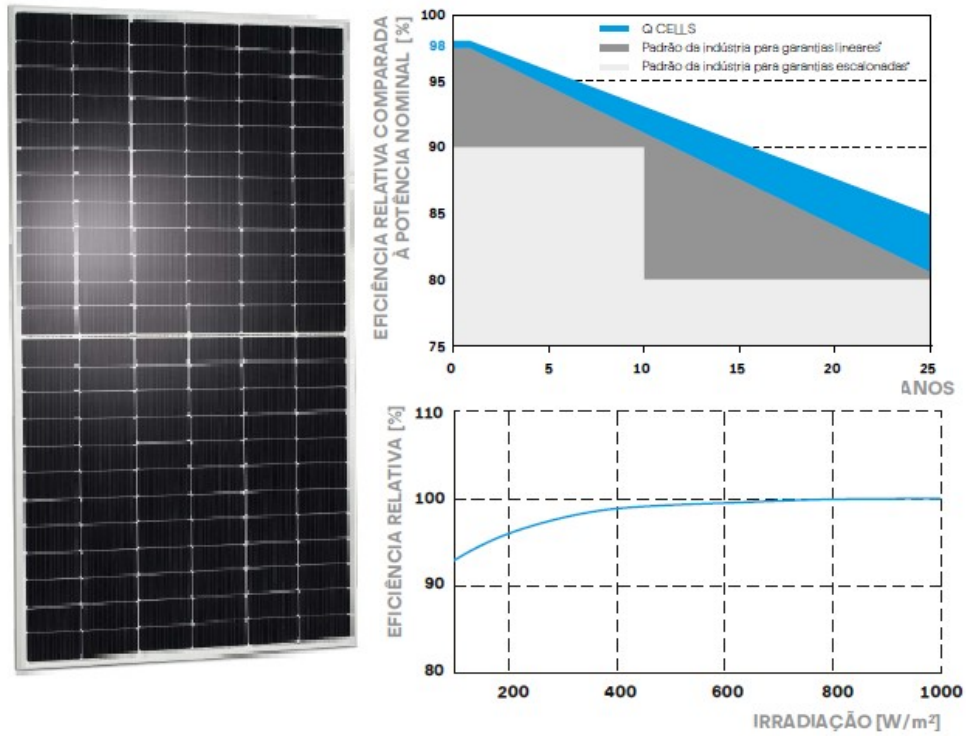


Figura 36 Modulo Fotovoltaico Q. PEAK DUO L-G7 (385-405 Wp).

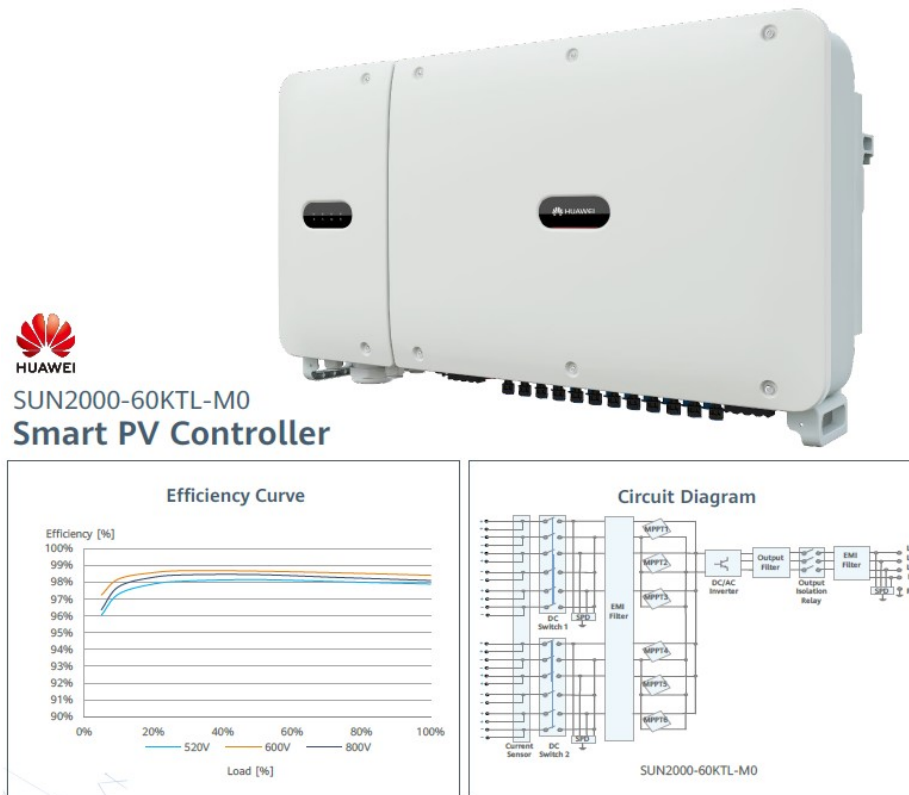


Figura 37 Inversor SUN2000-60KTL-M0.

## 4.2. RESULTADO FINANCEIRO

A implementação da produção fotovoltaica deve ser verificada economicamente em diversos parâmetros, de forma a obter um panorama financeiro, através do balanço financeiro gerado pelo projeto, no decorrer do tempo, da análise de período de retorno simples, valor atual líquido e sua taxa interna de rentabilidade.

O período de retorno de investimento é um indicador muito utilizado na área económica, para o impacto do investimento inicial. Com isto fazemos a análise durante o tempo de utilização dessa instalação no decorrer dos anos e assim, verifica-se a viabilidade financeira, face ao investimento necessário. O cálculo do período de retorno para o projeto, é identificado pela equação (1):

$$\textit{Período de Retorno simples} = n \times \frac{I}{CF} \quad (1)$$

Onde,

CF - Corresponde ao somatório do fluxo de caixa de exploração, em euros;

n - Período em análise, em anos;

I - Investimento inicial do projeto, em euros;

Ou seja, para o investimento estimado, a rentabilidade do projeto estaria expetada em “x” anos e “x” meses, para a condição de autoconsumo energético, apresentando assim uma viabilidade financeira inicial.

Outra forma de analisar os investimentos realizados no projeto, e através do Valor Atual Líquido (VAL), considerado um modelo mais sofisticado que o período de retorno simples. Neste modelo, o valor do dinheiro no tempo e o custo de capital são considerados, fornecendo um cenário mais realista sobre o investimento. Nessa análise, tanto as entradas, como as saídas de capital (fluxo de caixa), dentro de um mesmo período, são convertidas em valores presentes para serem comparadas ao investimento inicial através da equação (2):

$$VAL = \sum_{p=1}^n \frac{CF_p}{(1+j)^p} - I \quad (2)$$

Onde,

CF<sub>p</sub> - Corresponde a fluxo de caixa de exploração no período p, em euros;

p - Período em análise, em anos;

I - Investimento inicial do projeto, em euros;

j - Taxa de atualização do projeto, em %.

Aplicando-se os valores de projeto e considerando uma taxa de atualização de projeto anual, entende-se nesta análise financeira, que quando o VAL é maior que zero, o investimento é viável, uma vez que apresenta retorno para o investidor. Quando o valor é igual a zero, o investimento não representa nem prejuízos, nem ganhos monetários. Entretanto, se o valor do VAL for menor que zero, o investimento é inviável.

Como última análise económica do estudo, verifica-se a Taxa interna de rentabilidade (TIR), é considerada um complemento ao VAL, uma vez que representa a taxa de desconto que equipara seu valor a zero, estruturando de modo que as entradas sejam iguais as saídas e refletindo os ganhos reais do projeto, pode-se verificar o cálculo do TIR na equação (3):

$$\sum_{p=1}^n \frac{CF_p}{(1+TIR)^p} - I = 0 \quad (3)$$

O valor da TIR deve ser comparado com as taxas de juros definidas no investimento (taxa de amortização), caso a TIR seja maior, o projeto é lucrativo e traz o retorno esperado pelo Investidor, porém, se o valor é igual ou menor, o projeto é inviável.

Para a aquisição de materiais, logística, mão-de-obra, manutenção e instalação elétrica deste projeto, estimou-se os valores, tendo em conta projetos similares em que na pesquisa de mercado, obtemos o valor de 167.541,64€ e consideramos o prazo do projeto a 20 anos.

Analisando a diferença de custos das faturas durante um ano, amortizado sobre o investimento inicial do projeto, e considerando o período de vida útil do fabricante de 25 anos dos painéis fotovoltaicos, e sua especificação técnica para a performance, que apresenta uma degradação linear ao longo de sua vida útil, com um valor de 98% ao final do primeiro ano, e ao final dos 25 anos um valor de 85%, consegue-se construir o balanço financeiro do estudo.

A degradação dos painéis impactará diretamente nos ganhos energéticos e econômicos que se reduzem durante os anos. Como consequência, o balanço financeiro, deve considerar esta degradação do equipamento anualmente, como resultado pode-se verificar os balanços financeiros, para tal período, obtemos os resultados presentes na Tabela 5 e 6 e Figura 31.

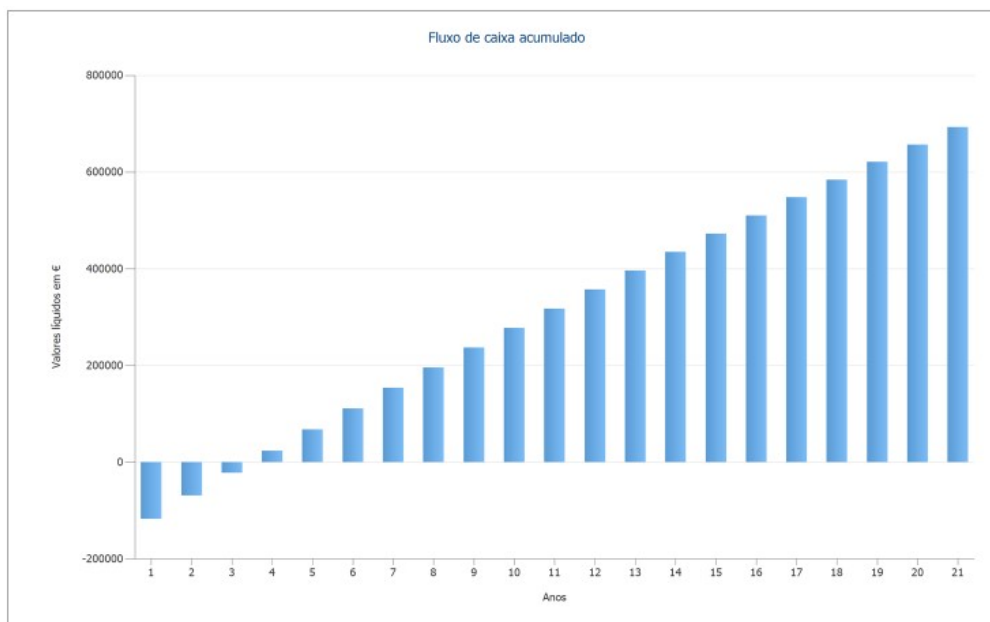
**Tabela 5 Resultados financeiros (Software PVSol).**

<b>Seus lucros</b>	
Investimento total	167 541,64 €
Taxa interna de retorno	28,34 %
Prazo de amortização	3,5 Anos
Custos de geração da energia	0,02 €/kWh
Balanço / Conceito de injeção	Injeção total
<b>Dados do sistema</b>	
Injeção na rede no primeiro ano (incl. degradação do módulo)	390 325 kWh/Ano
Potência do gerador fotovoltaico	304,2 kWp
Início da operação do sistema	06/12/2019
Prazo do projeto	20 Anos
Juro do capital	1 %
<b>Parâmetros econômicos</b>	
Taxa interna de retorno	28,34 %
Fluxo de caixa acumulado	692 715,52 €
Prazo de amortização	3,5 Anos
Custos de geração da energia	0,02 €/kWh
<b>Vista geral de pagamentos</b>	
Investimento específico	550,85 €/kWp
Custos de investimento	167 541,64 €
Pagamentos únicos	0,00 €
Subsídios	0,00 €
Custos anuais	0,00 €/Ano
Outros lucros ou economias	0,00 €/Ano
<b>Remuneração e Economia</b>	
Remuneração total no primeiro ano	50 742,26 €/Ano
<b>Remuneração da eletricidade em venda direta</b>	
Preço de venda da eletricidade	0,13 €/kWh
Remuneração da eletricidade em venda direta	50 742,26 €/Ano

**Tabela 6 Tabela fluxo de caixa (Software PVSol).**

	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Investimentos	-167 541,64 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Tarifa de injeção	49 991,80 €	48 405,74 €	46 867,70 €	45 565,04 €	44 449,64 €
<b>Fluxo de caixa anual</b>	<b>-117 549,84 €</b>	<b>48 405,74 €</b>	<b>46 867,70 €</b>	<b>45 565,04 €</b>	<b>44 449,64 €</b>
<b>Fluxo de caixa acumulado</b>	<b>-117 549,84 €</b>	<b>-69 144,10 €</b>	<b>-22 276,39 €</b>	<b>23 288,64 €</b>	<b>67 738,28 €</b>
	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Investimentos	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Tarifa de injeção	43 483,40 €	42 636,12 €	41 883,88 €	41 207,72 €	40 592,62 €
<b>Fluxo de caixa anual</b>	<b>43 483,40 €</b>	<b>42 636,12 €</b>	<b>41 883,88 €</b>	<b>41 207,72 €</b>	<b>40 592,62 €</b>
<b>Fluxo de caixa acumulado</b>	<b>111 221,68 €</b>	<b>153 857,80 €</b>	<b>195 741,67 €</b>	<b>236 949,40 €</b>	<b>277 542,02 €</b>
	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15
Investimentos	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Tarifa de injeção	40 026,68 €	39 500,44 €	39 006,43 €	38 538,71 €	38 092,57 €
<b>Fluxo de caixa anual</b>	<b>40 026,68 €</b>	<b>39 500,44 €</b>	<b>39 006,43 €</b>	<b>38 538,71 €</b>	<b>38 092,57 €</b>
<b>Fluxo de caixa acumulado</b>	<b>317 568,70 €</b>	<b>357 069,14 €</b>	<b>396 075,57 €</b>	<b>434 614,28 €</b>	<b>472 706,84 €</b>
	Ano 16	Ano 17	Ano 18	Ano 19	Ano 20
Investimentos	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Tarifa de injeção	37 664,27 €	37 250,85 €	36 849,94 €	36 459,67 €	36 078,56 €
<b>Fluxo de caixa anual</b>	<b>37 664,27 €</b>	<b>37 250,85 €</b>	<b>36 849,94 €</b>	<b>36 459,67 €</b>	<b>36 078,56 €</b>
<b>Fluxo de caixa acumulado</b>	<b>510 371,11 €</b>	<b>547 621,96 €</b>	<b>584 471,90 €</b>	<b>620 931,57 €</b>	<b>657 010,13 €</b>
	Ano 21				
Investimentos	0,00 €				
Tarifa de injeção	35 705,40 €				
<b>Fluxo de caixa anual</b>	<b>35 705,40 €</b>				
<b>Fluxo de caixa acumulado</b>	<b>692 715,52 €</b>				

As taxas de depreciação e aumento de preço são aplicadas mensalmente sobre todo o prazo do projeto, começando logo no primeiro ano.



**Figura 38 Gráfico Fluxo de Caixa Acumulado (Software PVSol).**

### 4.3. COMPARAÇÃO SITUAÇÃO ATUAL VS. SOLUÇÃO PV

Além da viabilidade técnica encontrada na implementação deste sistema, através da análise de prospecção na área de instalação na cobertura dos edifícios e de potencial produtivo elétrico, pode-se verificar que em um regime de UPP e UPAC, de acordo com o dimensionado torna-se uma opção viável de investimento. Aqui conseguimos reduzir até 29,6% o atual consumo energético do complexo, amortizando assim de forma significativa os custos energéticos, que atualmente possuem uma considerável parcela de custo no orçamento da unidade industrial.

Podemos verificar, também, que este tipo de regime apresenta um grande potencial para fornecimento de energia elétrica, sendo uma aposta de futuro promissor, como demonstra a Figura 39.

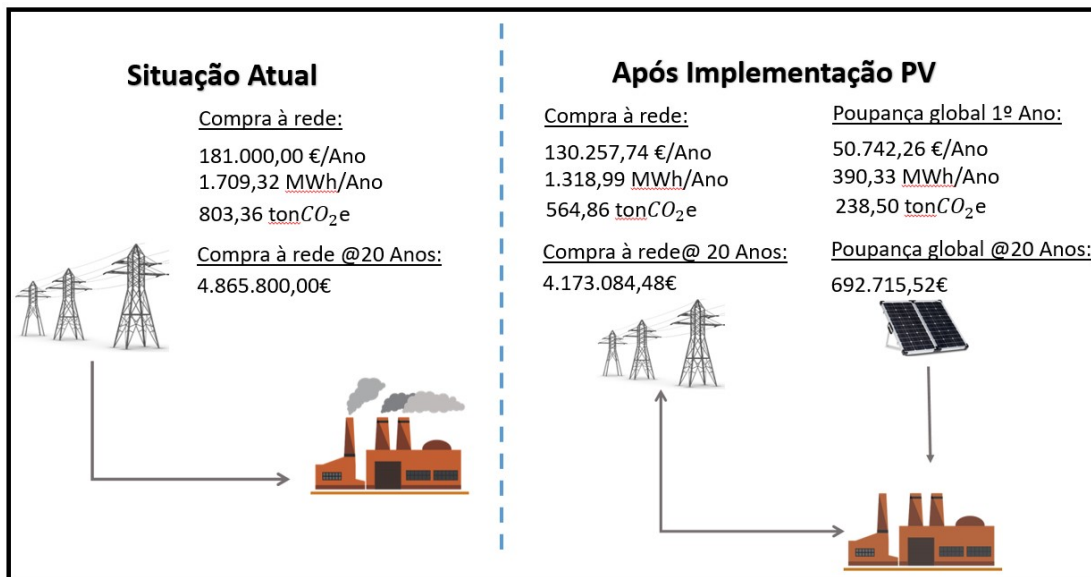


Figura 39 Resumo Rede VS Rede com Painéis Fotovoltaicos.

Desta forma podemos resumir que a solução do sistema painéis fotovoltaica reduz a fatura de eletricidade, diminui a dependência energética da rede, reduz as emissões de dióxido carbono (CO<sub>2</sub>), e temos um modelo de negócio de grande índice de rentabilidade, com 3,5 anos de amortização, em que este projeto foi considerado a 20 anos. Contudo este tipo de instalação pode operar em boas condições de exploração durante 25 anos.

Atualmente está em crescimento os sistemas de painéis solares com armazenamento por baterias. A energia produzida pelos painéis fotovoltaicos durante o dia é normalmente

utilizada imediatamente na instalação ou, no caso de não existir consumo, injetada na rede pública. Não estando disponível à noite, as baterias solares introduzem um novo elemento na equação, que permite tirar ainda maior partido da energia solar.

É durante o dia que os painéis fotovoltaicos atingem o máximo de produção de energia elétrica. Já o consumo, dependendo do tipo de consumidor, mas principalmente o doméstico, acontece essencialmente de manhã ou à noite, o que os sistemas de armazenamento garantem é que a energia pode ser guardada para utilização nos momentos em que é necessária e não há produção.

As baterias têm uma determinada capacidade de armazenamento, sendo carregadas pela produção fotovoltaica que não é necessária para o consumo instantâneo da instalação. Se a capacidade máxima de bateria é atingida e a produção solar continuar superior às necessidades da casa, a energia excedentária é injetada na rede.

De acordo com as últimas estimativas o uso da bateria solar permite reduzir até 70% a necessidade de energia elétrica da rede, aumentando a independência energética da instalação e ajudando à sustentabilidade do planeta.

Mais do que ter uma grande capacidade de armazenamento, é importante que uma bateria consiga retê-la durante muito tempo, suportar os ciclos de carga e descarga ao longo dos anos. Essa é outra das evoluções que tornam estes sistemas mais eficientes e atrativos atualmente. Contudo será sempre alvo de análise económica de forma a verificar se o preço de venda da energia ao comercializador versus a quantidade de energia a vender compensa o investimento das baterias solares.

Este Capítulo 4, apresentou uma análise técnica e económica da instalação, de um sistema de autoprodução de energia solar fotovoltaica, aplicada numa unidade industrial, em que foi utilizado o *software* PVSol para o seu dimensionamento. O Capítulo seguinte apresenta, um caso de estudo para um projeto de grupo eletrogéneo, para alimentação de socorro a implementar, numa unidade industrial.

## 5. GRUPO ELETROGÉNEO PARA ALIMENTAÇÃO SOCORRO – CASO DE ESTUDO

O presente caso de estudo tem como objetivo a implementação de um Grupo Gerador numa unidade industrial, situada na Rua de São Tomé, nº 195, Porto, é constituído por 2 pisos, sendo um piso de zona de armazém, produção e expedição e o segundo piso de zona administrativa.

Com a instalação de um grupo gerador permite que, em caso de falha do fornecimento de energia pelo distribuidor, o funcionamento de circuitos considerados elementares para o funcionamento da instalação e deste modo uma maior autonomia.

Na execução deste projeto, teve-se em consideração as condições de segurança de todas as instalações e equipamentos elétricos, a fim de obter melhores garantias de sucesso. Todas as instalações obedecem à legislação e normas em vigor, sendo referidos alguns requisitos específicos:

- Decreto-Lei n.º 96/2017, de 10 de agosto, estabelece o regime das instalações elétricas particulares;
- Lei n.º 61/2018, procede à primeira alteração, por apreciação parlamentar, ao Decreto-Lei n.º 96/2017, de 10 de agosto, que estabelece o regime das instalações elétricas particulares;
- Portaria Nº 949-A/2006 de 11 de setembro, aprova e publica as Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT);
- Portaria n.º 252/2015, de 19 de agosto, procede à alteração da Portaria n.º 949-A/2006, de 11 de setembro, aprovou as Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT), nos termos previstos no artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 226/2005, de 28 de dezembro, por aditamento da secção 722 à parte 7 das RTIEBT – Alimentação de veículos elétricos;
- Decreto regulamentar n.º 90/84, de 26 de dezembro, estabelece disposições relativas ao estabelecimento e à exploração das redes de distribuição de energia elétrica em baixa tensão. Publica o Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão.
- Normas portuguesas aplicáveis, recomendações técnicas da IEC (Comissão Eletrotécnica Internacional):
  - NP 2626: Vocabulário Eletrotécnico Internacional;
  - NP 404: Cobre eletrolítico para usos elétricos. Características;
  - NP 2364: Cores de referência do isolamento dos condutores isolados e cabos, para baixas frequências;
  - NP 1260: Aparelhagem de baixa tensão. Fichas e tomadas de corrente para usos domésticos e análogos. Características gerais, folhas de normalização e calibres;
  - NP EN 50160: Características da tensão fornecida pelas redes de distribuição pública de energia elétrica;
  - NP EN 61439: Conjuntos de aparelhagem de baixa tensão montados em fábrica;
  - NP EN 60529: Graus de proteção garantidos pelos invólucros (Códigos IP);

- NP EN 60898: Disjuntores para a proteção contra as sobreintensidades em instalações domésticas e análogas;
  - NP EN 60998: Dispositivos de ligação de baixa tensão para usos domésticos e análogos;
  - EN 60079: Atmosferas explosivas;
  - EN 60865: Correntes de curto-circuito;
  - EN 60947 - Aparelhagem de baixa tensão;
  - EN 61008: Interruptores diferenciais, sem proteção contra sobreintensidades incorporada, para usos domésticos e análogos (RCCBs);
  - EN 61009: Interruptores diferenciais, com proteção contra sobreintensidades incorporada, para usos domésticos e análogos (RCBO's);
  - IEC 60038: Tensões normalizadas da IEC;
  - IEC 60269: Fusíveis de baixa tensão;
  - IEC 60617: Símbolos gráficos para esquemas elétricos;
  - HD 361: Sistema de designação de condutores isolados e cabos, elétricos;
  - HD 472: Tensões nominais para redes de distribuição pública de energia elétrica em baixa tensão;
  - HD 60364: Instalações elétricas de baixa tensão;
  - ISO 834: Ensaio de resistência ao fogo - Elementos da construção de edifícios.
- Normas técnicas da Direção Geral da Energia e Geologia do Distribuidor de Energia:
    - Guia técnico, Armários de Distribuição de Cabos para Redes Subterrâneas de Baixa Tensão, DGEG;
    - Guia técnico, Redes aéreas BT em condutores isolados agrupados em feixes-torçadas, DGEG;
    - Guia técnico, Redes Aéreas de Baixa Tensão em Condutores Nus, DGEG;
    - Guia técnico, Instalações Elétricas Estabelecidas em Locais Residenciais ou de usos Profissionais, DGEG;
    - Guia técnico, Produção independente – Aproveitamentos mini-hídricos, DGEG;
    - Guia técnico, Instalação de Pára-raios em edifícios e outras estruturas, DGEG;
    - Guia técnico, Instalações elétricas estabelecidas em condomínios fechados. Rede particular de distribuição de energia elétrica em BT e instalação de iluminação exterior, CERTIEL;

- Guia Prático de Instalações de Microprodução, CERTIEL;
- Guia técnico das classes de reação ao fogo dos cabos elétricos para instalações elétricas de baixa tensão (Inclui a adaptação das RTIEBT:2006 ao regulamento delegado (UE) 2016/364, da Comissão, de 1 julho 2015), DGEG, 2017.
- A regulamentação de Segurança Contra Incêndios em Edifícios (SCIE):
  - Decreto-Lei n.º 220/2008 de 11 de novembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 224/2015, de 9 de outubro, estabelece o Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndio em Edifícios (RJ-SCIE);
  - Decreto-Lei n.º 224/2015 de 9 de outubro, procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro;
  - Portaria n.º 1532/2008 de 29 de dezembro: Aprova o Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndio em Edifícios (RT-SCIE);
  - Despacho n.º 2074/2009, Despacho do Presidente da Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPC), conforme previsto no n.º 4 do artigo 12.º do Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de novembro - Critérios técnicos para determinação da densidade de carga de incêndio modificada;
  - Portaria n.º 64/2009, estabelece o regime de credenciação de entidades pela ANPC para a emissão de pareceres, realização de vistorias e de inspeções das condições de segurança contra incêndio em edifícios (SCIE);
  - Portaria n.º 773/2009, define o procedimento de registo, na Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPC), das entidades que exerçam a atividade de comercialização, instalação e ou manutenção de produtos e equipamentos de segurança contra incêndio em edifícios (SCIE);
  - Despacho n.º 10738/2011: Regulamento para acreditação dos técnicos responsáveis pela comercialização, instalação e manutenção de produtos e equipamentos de Segurança Contra Incêndio em Edifícios.

Os produtos selecionados e instalados deverão cumprir regras, nomeadamente diretivas comunitárias, tais como:

- Diretiva dos Produtos da Construção – Regulamento (EU) nº 305/2011;
- Diretiva de Máquinas – 2006/42/CE;
- Diretiva de Compatibilidade Eletromagnética – 2014/30/EU;

- Diretiva de Baixa Tensão – 2014/35/EU.

O edifício é classificado quanto à sua utilização como “Estabelecimentos Industriais” pelas RTIEBT, com uma instalação de serviço particular do Tipo A, alimentada por um posto de transformação de 400 kVA, associado um grupo gerador para produção própria, nomeadamente para alimentação de socorro, com potência de 165 kVA, de acordo com a potência estimada, para os equipamentos/circuitos de socorro.

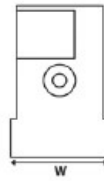
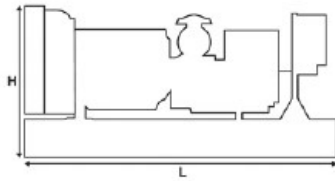
O edifício complementar situado na periferia do edifício principal, onde se situa o Grupo Gerador e o Posto de Transformação tem como dimensões 6000 mm x 4500 mm x 5400 mm (comprimento x largura x altura) e será construído em betão. No local existirá condutas de evacuação de gases de combustão que serão estanques, assim como o material incombustível.

A alimentação de socorro será assegurada por uma fonte de produção interna que entrará em serviço automático, após a falha da rede de alimentação normal ou, eventual falha originada por disparo do sistema de proteções, esta fonte de produção de eletricidade interna terá uma potência instalada de 165 kVA em *Standby Power*, que assegurará a alimentação das cargas necessárias de socorro.

## **5.1. CARACTERÍSTICAS DO GERADOR A DIESEL**

O Grupo Gerador a ser instalado será da marca Caterpillar, modelo DE165E0, não canopiado, ou seja, sem invólucro e com as seguintes características obtidas através do fabricante tal como se verifica nas Figuras 40 e 41.

Output Ratings			
Generator Set Model - 3 Phase	Prime*	Standby*	
400/230 V, 50 Hz	150.0 kVA 120.0 kW	165.0 kVA 132.0 kW	
Technical Data			
Engine Make & Model:	Cat® C7.1		
Generator Model:	LC3114J		
Control Panel:	EMCP 4.1		
Base Frame Type:	Heavy Duty Fabricated Steel		
Circuit Breaker Type:	3 Pole MCCB		
Frequency:	50 Hz	60 Hz	
Engine Speed: RPM	1500	1800	
Fuel Tank Capacity: litres (US gal)	349 (92.2)		
Fuel Consumption, Prime: l/hr (US gal/hr)	32.4 (8.6)	37.5 (9.9)	
Fuel Consumption, Standby: l/hr (US gal/hr)	35.1 (9.3)	41.1 (10.9)	
Weights: kg (lb)		Dimensions: mm (in)	
Net (+ lube oil)	1610 (3549)	Length	2500 (98.4)
Wet (+ lube oil & coolant)	1631 (3596)	Width	1120 (44.1)
Fuel, lube oil & coolant	1927 (4247)	Height	1528 (60.2)



**Note:** General configuration not to be used for installation. See general dimension drawings for detail.

**Figura 40** Características Gerais do Grupo Gerador DE165E0.

Physical Data	
Manufacturer:	Caterpillar
Model:	C7.1
No. of Cylinders/Alignment:	6 / In Line
Cycle:	4 Stroke
Induction:	Turbocharged Air To Air Charge Cooled
Cooling Method:	Water
Governing Type:	Mechanical
Governing Class:	ISO 8528 G2
Compression Ratio:	16.0:1
Displacement: l (cu.in)	7.0 (427.8)
Bore/Stroke: mm (in)	105.0 (4.1)/135.0 (5.3)
Moment of Inertia: kg m <sup>2</sup> (lb. in <sup>2</sup> )	1.53 (5228)
Engine Electrical System:	
-Voltage/Ground:	12/Negative
-Battery Charger Amps:	85
Weight: kg (lb) - Dry:	788 (1737)
- Wet:	822 (1812)

Air System	50 Hz	60 Hz
Air Filter Type:	Paper Element	
Combustion Air Flow:		
m <sup>3</sup> /min (cfm)	-Standby: 10.7 (377)	15.0 (529)
	-Prime: 10.0 (354)	14.4 (509)
Max. Combustion Air Intake		
Restriction: kPa (in H <sub>2</sub> O)	3.0 (12.0)	3.0 (12.0)
Radiator Cooling Air Flow:		
m <sup>3</sup> /min (cfm)	303.4 (10714)	239.4 (8454)
External Restriction to		
Cooling Air Flow: Pa (in H <sub>2</sub> O)	125 (0.5)	125 (0.5)

Cooling System	50 Hz	60 Hz
Cooling System Capacity:		
l (US gal)	21.0 (5.5)	21.0 (5.5)
Water Pump Type:	Centrifugal	
Heat Rejected to Water & Lube Oil: kW (Btu/min)		
	-Standby: 75.7 (4305)	80.1 (4555)
	-Prime: 69.1 (3930)	73.5 (4180)
Heat Radiation to Room: Heat radiated from engine and alternator		
kW (Btu/min)	-Standby: 22.4 (1274)	23.4 (1331)
	-Prime: 19.9 (1132)	20.8 (1183)
Radiator Fan Load: kW (hp)	4.5 (6.0)	8.0 (10.7)
Cooling system designed to operate in ambient conditions up to 50°C (122°F). Contact your local Cat dealer for power ratings at specific site conditions.		

Lubrication System	
Oil Filter Type:	Spin-On, Full Flow
Total Oil Capacity l (US gal):	16.5 (4.4)
Oil Pan l (US gal):	14.9 (3.9)
Oil Type:	API CH4 / CI4 15W-40
Cooling Method:	Water

Performance	50 Hz	60 Hz
Engine Speed: RPM	1500	1800
Gross Engine Power: kW (hp)		
-Standby:	149.1 (200.0)	171.8 (230.0)
-Prime:	136.0 (182.0)	155.4 (208.0)
BMEP: kPa (psi)		
-Standby:	1701.0 (246.7)	1633.0 (236.8)
-Prime:	1551.0 (225.0)	1477.0 (214.2)
Regenerative Power: kW	6.7	7.7

Fuel System				
Fuel Filter Type:	Replaceable Element			
Recommended Fuel:	Class A2 Diesel or BSEN590			
Fuel Consumption: l/hr (US gal/hr)				
	110% Load	100% Load	75% Load	50% Load
Prime				
50 Hz	35.1 (9.3)	32.4 (8.6)	24.9 (6.6)	16.6 (4.4)
60 Hz	41.1 (10.9)	37.5 (9.9)	28.9 (7.6)	19.7 (5.2)
Standby				
50 Hz		35.1 (9.3)	27.2 (7.2)	18.3 (4.8)
60 Hz		41.1 (10.9)	31.9 (8.4)	21.8 (5.8)
(based on diesel fuel with a specific gravity of 0.85 and conforming to BS2869, Class A2)				

Exhaust System	50 Hz	60 Hz
Silencer Type:	-	
Silencer Model & Quantity:	EXSY1 (-)	
Pressure Drop Across		
Silencer System: kPa (in Hg)	-	-
Silencer Noise Reduction		
Level: dB	-	-
Max. Allowable Back		
Pressure: kPa (in. Hg)	6.0 (1.8)	6.0 (1.8)
Exhaust Gas Flow:		
m <sup>3</sup> /min (cfm)	-Standby: 25.5 (902)	32.2 (1137)
	-Prime: 23.9 (843)	31.9 (1125)
Exhaust Gas Temperature: °C (°F)		
-Standby:	484 (903)	407 (765)
-Prime:	484 (903)	407 (765)

Figura 41 Características Técnicas do Grupo Gerador DE165E0.

## 5.2. DIMENSIONAMENTO DA VENTILAÇÃO

A sala onde é instalado o grupo gerador necessita de ventilação, para remover o calor dissipado pelo motor e outros equipamentos constituintes do grupo gerador, além de remover os gases potencialmente perigosos de escape e fornecer o ar para a combustão. A escolha dos locais de entrada e de saída da ventilação é essencial para o funcionamento correto do sistema, e o ideal é que a admissão e o escape permitam que o ar de ventilação seja forçado para fluir através de toda a sala do gerador.

A área livre de entrada de ar é calculada através da expressão (4):

$$A_{Le} = \frac{Q_e}{v_e \times 60} \quad (4)$$

Em que:

$A_{Le}$  – Área livre de entrada de ar ( $m^2$ );

$Q_e$  – Caudal de ar necessário para o grupo gerador recomendado pelo fabricante ( $m^3/min$ );

$v_e$  – Velocidade de entrada de ar ( $m/s$ );

A área de entrada de ar é calculada com a seguinte expressão (5):

$$A_{Te} = \frac{A_{Le}}{f} \quad (5)$$

Em que:

$A_{Te}$  – Área total de entrada de ar ( $m^2$ );

$A_{Le}$  – Área livre de entrada de ar ( $m^2$ );

$f$  – Fator de correção devido à colocação de grelhas (0,65);

A área livre de saída de ar é obtida da seguinte expressão (6):

$$A_{Ls} = \frac{Q_s}{v_s \times 60} \quad (6)$$

Em que:

$A_{Ls}$  – Área livre de saída de ar ( $m^2$ );

$Q_s$  – Vazão de descarga do ventilador acoplado ao motor, fornecida pelo fabricante ( $m^3/min$ );

$v_s$  – Velocidade de saída de ar ( $m/s$ );

Por fim, a área total de saída de ar é obtida pela expressão (7):

$$A_{Ts} = \frac{A_{Ls}}{f} \quad (7)$$

Em que:

$A_{Ts}$  – Área total de saída de ar ( $m^2$ );

$A_{Ls}$  – Área livre de saída de ar ( $m^2$ );

$f$  – Fator de correção devido à colocação de grelhas (0,65);

Na Tabela 7, são apresentados os valores calculados:

**Tabela 7 Valores para o cálculo das grelhas de ventilação**

$A_{Ls}$	1,29 $m^2$
$A_{Ts}$	1,98 $m^2$
$A_{Ls}$	1,23 $m^2$
$A_{Ts}$	1,89 $m^2$

Fonte - Elaboração própria

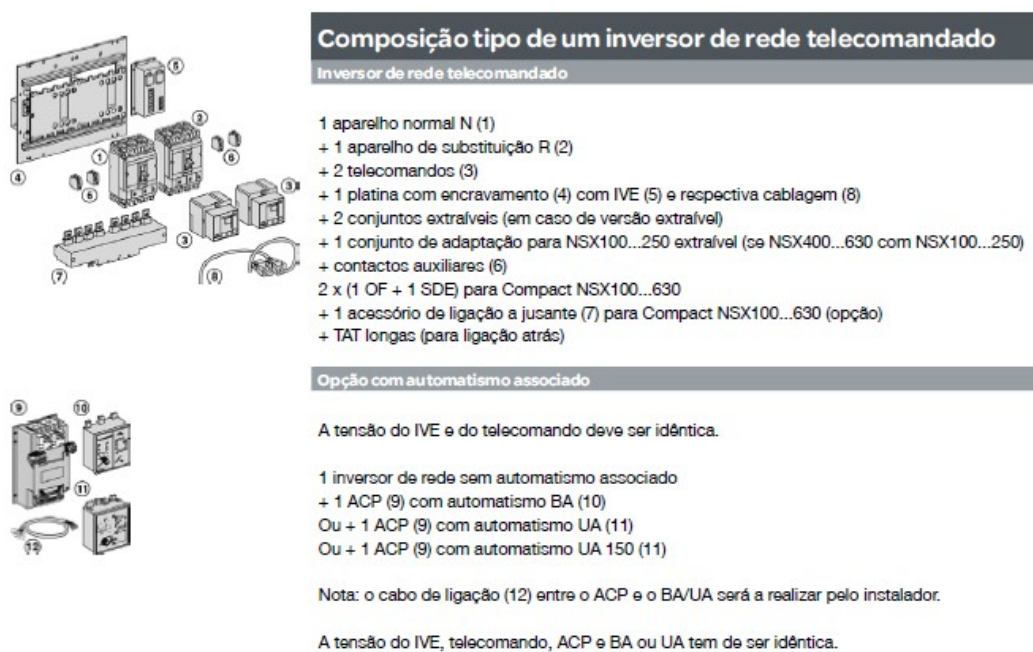
### 5.3. CARACTERÍSTICAS INVERSOR REDE/GRUPO

Será contemplado um inversor rede/grupo igual ou similar ao sistema telecomandado da Schneider Electric, equipado com dois disjuntores NSX250 de 4 pólos, uma platine com encravamentos mecânicos e elétricos (IVE), dois telecomandos e o automatismo de

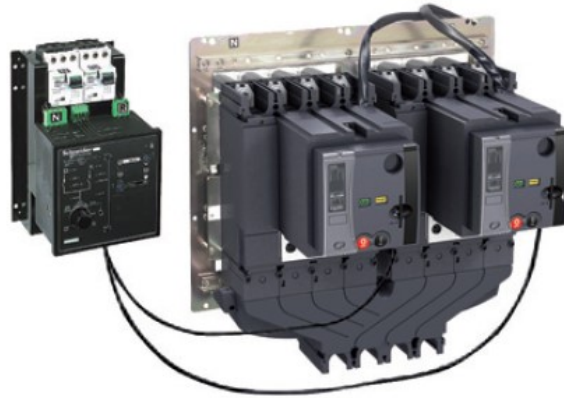
controlo (UA), este controlador efetua a deteção do valor da tensão da rede e do gerador, em caso de falha de rede, este envia ordem de arranque ao gerador, após a confirmação dos valores de tensão e frequência estabilizados, este dá ordem de comutação aos disjuntores, este tempo de comutação tem um valor aproximado de 45 segundos (depende da programação).

Nas Figuras 42 e 43, podemos verificar os vários componentes, constituintes do sistema inversor rede/grupo gerador.

Todos os elementos têm de ter o mesmo valor de tensão comando (neste caso 400Vac), para efetuar a transferência de cargas, este sistema está localizado no Quadro Transferência de Carga, o conjunto de componentes são fundamentais para impedir a ligação das duas fontes em simultâneo, (só temos alimentação apenas por uma das fontes).



**Figura 42** Composição de um sistema inversor rede/grupo telecomandado Schneider.



**UA Controller Compact NSX**

**Figura 43 Imagem ilustrativa de um sistema inversor rede/grupo telecomandado NSX.**

A distribuição de energia será realizada atendendo à funcionalidade arquitetônica do edifício assegurando o respeito pelas RTIEBT, e atendendo que, sob o ponto de vista elétrico, este edifício corresponde a um único consumidor de energia.

A alimentação do quadro de entrada do edifício pelo grupo gerador (GG), em caso de necessidade, será realizada através de cabos elétricos cujo esquema está representado no organograma e desenhos de alimentação e distribuição de energia do projeto. Nestes mesmos desenhos estão também representadas as alimentações dos quadros elétricos presentes no edifício através do quadro principal.

#### **5.4. INSTALAÇÃO E QUADROS ELÉTRICOS**

As características dos diversos equipamentos a inserir no Quadro de Entrada terão como base de suporte os cálculos a efetuar para a sua determinação, partindo-se de elementos conhecidos, como sejam:

- Potência de curto-circuito da rede de média tensão;
- Potência prevista para o transformador;
- Tensão do curto-circuito do mesmo;
- Estrutura da rede a partir do quadro geral de baixa tensão da instalação e características físicas das interligações e constituintes da própria rede interna.

O quadro geral da instalação será do tipo de armário múltiplo, contendo o equipamento de corte e proteção dos ramais, interruptores, disjuntores e a aparelhagem de sinalização, medida, ligação, entre outros. O quadro conterà as sinalizações e dispositivos de manobra necessários ao comando e controlo dos alimentadores que lhes estão afetos.

A proteção dos circuitos e das pessoas será conseguida por meio de disjuntores eletromagnéticos e interruptores diferenciais sensíveis às correntes de defeito.

Os quadros serão construídos em chapa de aço em zinco devidamente pintado, e terão, em geral, porta no mesmo material, com chave de um único tipo.

Os Quadros Elétricos deverão ainda possuir as seguintes características:

- As caixas dos quadros elétricos e os equipamentos que os constituem deverão ser do mesmo fabricante;
- Os quadros elétricos devem ser metálicos, com aro de remate, classe II ou classe II equivalente, com porta com chave, mínimo IK07, mínimo IP41, com tubagens de reserva e normalmente embebidos. Quando instalados dentro de armário, deverão ser salientes;
- Dispor de barramento para fases, neutro e terra;
- Dispor de régua de bornes com ligações devidamente identificadas.

Sendo a proteção de pessoas e equipamentos baseada na rigorosa observância das tensões limite convencionais de segurança (50 e 25 V), de acordo com o prescrito regulamentarmente, tem importância fundamental a escolha dos aparelhos de corte automático, o dimensionamento dos condutores de proteção, e ainda o esquema utilizado nas ligações à terra na instalação, o esquema de ligação à terra da instalação de utilização será o TT, pois a unidade industrial é classificada, como uma industria de elevado risco de incêndio e explosão.

A proteção contra contactos diretos será assegurada através do emprego de invólucros que garantam o isolamento funcional dos equipamentos, o isolamento dos condutores quer pela proteção mecânica destes, dos quadros, caixas e outra aparelhagem. Deste modo, todas as canalizações que alimentam aparelhos de utilização que eventualmente possam ter massas

metálicas acessíveis normalmente sem tensão, mas suscetíveis de serem tocadas, serão dotadas de condutores de proteção de secção adequada e indicada nos desenhos.

Os condutores de proteção serão do mesmo tipo que os condutores ativos da canalização a que dizem respeito e farão parte integrante da mesma. Os diferentes condutores de proteção reunir-se-ão ao condutor geral de proteção que será ligado ao elétrodo de terra. Devem ser consideradas ligações equipotenciais de todas as massas condutoras de equipamentos não elétricos.

A proteção das pessoas contra os contactos indirectos será conseguida por meio de interruptores diferenciais sensíveis às correntes de defeito. Serão previstas medidas de proteção passivas para a instalação, nomeadamente, a utilização de equipamentos da classe II de isolamento, como é o caso dos quadros elétricos.

Para a instalação dos cabos elétricos nas zonas assinaladas nas peças desenhadas será considerada a instalação de uma rede de caminho de cabos em chapa perfurada conforme plantas e especialidades do local.

Os caminhos de cabos devem possuir suportes de fixação e respetivos acessórios de metro a metro. Todos os acessórios e suportes devem ser da mesma marca e modelo dos caminhos de cabos. Nos locais onde existam tetos falsos devem ser acautelados os acessos aos caminhos de cabos através de alçapões, colocados em pontos estratégicos de forma a permitir uma futura expansão/manutenção dos sistemas. Nas prumadas aos quadros elétricos, os caminhos de cabos devem possuir tampa em chapa não perfurada. A classificação dos locais quanto às influências externas será, na generalidade, a que abaixo é discriminada.

No projeto e na execução de uma instalação elétrica devem ser considerados os seguintes pontos:

- A codificação e a classificação das influências externas indicadas nas secções 320.2 à 323.2 das RTIEBT, que classificam os locais de acordo com os fatores de influência externa quanto ao Ambiente (A), Utilização (B) e Construção (C). Como apresenta a Tabela 8;

- Conforme os locais onde sejam instalados, serão empregues aparelhos e quadros com índices de proteção não inferiores aos indicados na Tabela 8, de acordo com NP-EN 60529 e EN 50102.

**Tabela 8 Influências Externas e Índices de Proteção [1].**

Local	Influências Externas	Índices de Proteção
Sanitários (Volume 0)	AA4+AB4+AD7+BB3+BC3+XX1	IP27 IK02
Sanitários (Volume 1)	AA4+AB4+AD4+BB3+BC3+XX1	IP25 IK02
Sanitários (Volume 2)	AA4+AB4+AD3+BB2+BC3+XX1	IP24 IK02
Sanitários (Volume 3)	AA4+AB4+AD2+BB2+BC3+XX1	IP21 IK02
Zona Administrativa	AA4+AB4+AD2+BB2+BC3+XX1	IP21 IK02
Armazém	AA4+AB4+AD2+AE3+AG2+BC3+XX1	IP41 IK07
Sala do Grupo Gerador	AA4+AB4+AD4+AE4+AG2+BA4+BC3+XX1	IP54 IK07

Os materiais e equipamentos a empregar devem obedecer às seguintes condições:

- Todos os materiais metálicos, devem possuir tratamento contra a corrosão;
- Todos os materiais utilizados deverão apresentar marcação da Conformidade Europeia (CE);
- Serem adequados ao local quanto ao ambiente, utilização e modo de instalação;
- Serem adequados à tensão, intensidade e tipo de corrente dos circuitos onde irão ser instalados;
- Satisfazerem as exigências das normas portuguesas e, na sua falta, as da CENELEC (Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica);

Para todos os condutores é obrigatório o uso de cores regulamentares. Assim para as fases a cor a utilizar será o castanho (L1), preto (L2) e cinzento (L3). Para o neutro a cor a utilizar será o azul-claro, e para o condutor de proteção será verde/amarelo. Os tipos de condutores que possivelmente serão usados será do tipo VV nas instalações em caminho de cabos, embebidas e entubadas.

Quando os condutores forem embebidos ou em montagem à vista, devem ser entubados em tubos VD, com a exceção de os mesmo se encontrarem em caminhos de cabos. Nos locais onde existe tetos falsos as tubagens correrão nas paredes à vista e a nível superior ao teto, e as derivações serão embebidas nas paredes a partir das caixas de derivação.

As caixas para derivação, de aparelhagem, de passagem e terminais, devem obrigatoriamente de ser em policloreto de vinilo (PVC). As ligações dos condutores nas caixas de derivação serão feitas por placa terminal. Sempre que possível devem ser agrupadas, de tampa única e de fácil acesso.

A aparelhagem de manobra será fundamentalmente dos seguintes tipos:

- Nos locais em que a instalação for à vista, será do tipo saliente, para 10A;
- Nos locais em que a instalação for embebida, a mesma também será embebida para 10A.

As tomadas serão do tipo shunko, embebidas ou salientes, com tampa providas de obturadores para 16A, IP55, 2P+T - 230V e 3P+N+T - 400V.

Todas as ligações aos quadros em que os circuitos ligam com o exterior serão feitas por intermédio de régua de bornes de secção adequada. Os barramentos dos quadros serão dimensionados de acordo com os desenhos do projeto e para a densidade de corrente menor ou igual a 2 A/mm<sup>2</sup>.

O poder de corte de toda a aparelhagem será superior à intensidade de curto-circuito simétrico calculado no local, dessa forma, deverá ter-se especial atenção às intensidades de curto-circuito. Nos circuitos polifásicos com condutores de fase com secção superior a 16 mm<sup>2</sup>, se de cobre, ou a 25 mm<sup>2</sup>, se de alumínio, o condutor neutro pode ter uma secção inferior à secção dos condutores de fase se forem verificadas, simultaneamente, as seguintes condições:

- A corrente máxima suscetível de percorrer o condutor neutro em serviço normal, incluindo a das eventuais harmónicas, não for superior à corrente admissível correspondente à da secção reduzida do condutor neutro;

- O condutor neutro estiver protegido contra sobreintensidades de acordo com as regras indicadas na secção 473.3.2 das RTIEBT.

Os interruptores diferenciais para proteção de pessoas contra contactos indirectos serão bipolares ou tetra polares de alta e média sensibilidade.

## 5.5. DIMENSIONAMENTO CANALIZAÇÕES

O dimensionamento das canalizações foi realizado considerando-se as seguintes condições:

- Aquecimento e Sobrecarga;
- Queda de tensão admissível nos circuitos;
- Proteção contra curto-circuito.

As proteções determinadas estão conforme estabelecido nas RTIEBT, e os valores das intensidades de curto-circuito foram calculados com o intuito de definir o poder de corte das proteções a colocar. Para verificar a condição de aquecimento é necessário determinar, em primeiro a corrente de serviço, que é calculada pela seguinte expressão (8):

$$I_b = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_c \times m} \quad (8)$$

Em que:

$I_b$ - Corrente de serviço, expressa em amperes;

$S$ - Potência aparente, expressa em volt-ampere;

$U_c$ - Tensão composta, expressa em volts;

$m$ - Fator de carga (opcional)

Para a verificação da condição de aquecimento é necessário verificar-se a seguinte condição (9):

$$I_b \leq I_z \quad (9)$$

Em que:

$I_z$ - Corrente admissível da canalização, expressa em amperes;

275 A - Corrente admissível para cabo de 95 mm<sup>2</sup>, expressa em amperes, condutores isolados a policloreto de vinilo (PVC), para: cobre, temperatura da alma condutora: 70°C, temperatura ambiente: 30°C, (RTIEBT. Q.52-C9);

1 - Fator de correção para agrupamento de cabos (RTIEBT. Q.52-E1);

As características de funcionamento dos dispositivos de proteção das canalizações contra as sobrecargas devem satisfazer, simultaneamente, as duas condições (10) e (11):

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (10)$$

$$I_z \leq 1,45 \times I_n \quad (11)$$

Em que:

$I_n$  - Corrente estipulada do dispositivo de proteção, expressa em amperes;

$I_z$  - Corrente convencional de funcionamento do dispositivo de proteção, expressa em amperes;

Segundo as Regras Técnicas a queda de tensão entre a origem da instalação e qualquer ponto de utilização, expressa em função da tensão nominal da instalação, não deve ser superior aos valores indicados na Tabela 9.

**Tabela 9 Quedas de Tensão Admissíveis [1].**

Utilização	Iluminação	Outros Usos
A - Instalações alimentadas diretamente a partir de uma rede de distribuição (pública) em baixa tensão	3%	5%
B - Instalações alimentadas diretamente a partir de um Posto de Transformação de Média/Baixa Tensão	6%	8%

Sendo a instalação de serviço particular do tipo A, alimentada por um posto de transformação de 400 kVA, as quedas de tensão nos circuitos finais não devem exceder os valores indicados para a situação A.

A quedas de tensão máximas admissíveis para o projeto, devem ser determinadas em conformidade com a secção 525 das RTIEBT. O cálculo das quedas de tensão obedecerá às seguintes expressões (12) e (13):

$$u = b \times (\rho_1 \times \frac{L}{S} \times \cos \varphi + \lambda \times L \times \sin \varphi) \times I_b \quad (12)$$

$$\Delta u = 100 \times \frac{u}{U_0} \quad (13)$$

Em que:

$u$ - Queda de tensão, expressa em volts;

$\Delta u$ - Queda de tensão relativa, expressa em percentagem;

$U_0$ - Tensão entre fase e neutro, expressa em volts;

$b$ - Coeficiente igual a 1 para os circuitos trifásicos e a 2 para circuitos monofásicos;

$\rho_1$ - Resistividade dos condutores à temperatura em serviço normal, isto é, 1,25 vezes a resistividade a 20°C (0,0225  $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$  para o cobre);

$L$ - Comprimento da canalização, expressa em metros;

$S$ - Secção dos condutores, expressa em milímetros quadrados;

$\cos \varphi$ - Fator de potência (na falta de elementos mais precisos, pode ser usado o valor de

$\cos \varphi = 0,8$  e, consequentemente,  $\sin \varphi = 0,6$ );

$\lambda$ - Reactância linear dos condutores (na falta de outras indicações pode ser usado o valor de 0,08  $\text{m}\Omega/\text{m}$ );

$I_b$ - Corrente de serviço, expressa em amperes.

No dimensionamento das canalizações de uma instalação elétrica devem ser determinados os valores para as correntes de curto-circuito máximo e mínimo nos diversos pontos da rede. Estes valores dependem, não só das características das canalizações, como também

são condicionados pela potência de curto-circuito no ponto de interligação da instalação com a rede de distribuição local.

Devendo assim, ser previsto dispositivos de proteção que interrompam as correntes de curto-circuito antes que estas possam tornar perigosas em virtude dos efeitos térmicos e mecânicos que se produzam nos condutores e nas ligações.

A verificação da proteção contra as correntes de curto-circuito envolve dois aspetos:

- Poder de corte adequado do aparelho de proteção, determinado pela corrente de curto-circuito máxima ( $I_{CC\ Máx.}$ ), com a seguinte expressão (14):

$$P_C \geq I_{CC\ Máx.} \quad (14)$$

- Garantia de que o corte é realizado antes da deterioração, por efeitos térmicos, da canalização – determinado pela corrente de curto-circuito mínima ( $I_{CC\ mín.}$ ).

O cálculo da corrente de curto-circuito máxima da canalização elétrica permite verificar qual o poder de corte necessário para o dispositivo de proteção a instalar. O poder de corte não deve ser inferior à corrente de curto-circuito máxima no ponto em que o dispositivo for instalado, exceto se existir, a montante, um dispositivo com um poder de corte apropriado. Os poderes de corte apresentados nos esquemas devem ser entendidos como mínimos.

O cálculo das correntes de curto-circuito máxima foi realizado tendo em vista as possibilidades de evolução da rede e devem basear-se na potência máxima possível do transformador (a montante), na tensão de curto-circuito correspondente, nos comprimentos e nas secções das canalizações da rede de distribuição que alimenta o edifício e equipamentos.

A corrente de curto-circuito máxima para uma alimentação trifásica, corresponde ao curto-circuito trifásico simétrico ( $I_{k3\ Máx.}$ ), com a seguinte expressão (15):

$$I_{k3\max} = \frac{c_{\max} \cdot m \cdot U_0}{\sqrt{\left[ R_Q + R_T + R_{Uph} + \rho_o \frac{L}{S n_{ph}} \right]^2 + \left[ X_Q + X_T + X_{Uph} + \lambda \frac{L}{n_{ph}} \right]^2}} \quad (15)$$

No caso de ser uma alimentação monofásica, a corrente de curto-circuito máxima corresponde ao curto-circuito bifásico ( $I_{k2\ Máx.}$ ), com a seguinte expressão (16):

$$I_{k2m\acute{a}x.} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{k3m\acute{a}x.} = 0,86 \times I_{k3m\acute{a}x.} \quad (16)$$

No caso da corrente curto-circuito máxima monofásico, fase-neutro ( $I_{k1 M\acute{a}x.}$ ), tem a seguinte expressão (17):

$$I_{k1m\acute{a}x.} = \frac{c_{m\acute{a}x.} m U_0}{\sqrt{\left[ R_Q + R_T + R_{Uph} + R_{UN} + \rho_0 L \left( \frac{1}{S n_{ph}} + \frac{1}{S_N n_N} \right) \right]^2 + \left[ X_Q + X_T + X_{Uph} + X_{UN} + \lambda L \left( \frac{1}{n_{ph}} + \frac{1}{n_N} \right) \right]^2}} \quad (17)$$

Em que:

$C_{m\acute{a}x.}$  - Fator de tensão com valor de 1,05;

$m$  - Fator de carga (igual a 1,05, qualquer que seja a fonte, transformador ou gerador);

$U_0$  - Tensão nominal da instalação entre fase e neutro (V);

$R_Q, X_Q$  - Resistência e reactância a montante do transformador;

$R_T, X_T$  - Resistência e reactância do transformador;

$R_{Uph}, X_{Uph}$  - Resistência e reactância do condutor de fase desde o transformador à origem do circuito considerado;

$R_{UN}, X_{UN}$  - Resistência e reactância do condutor de neutro desde o transformador à origem do circuito considerado;

$L$  - Comprimento da canalização (m);

$S$  - Secção de fase dos condutores do circuito considerado;

$S_N$  - Secção do condutor de neutro circuito considerado;

$n_{ph}$  - Número de condutores em paralelo por fase;

$n_N$  - Número de condutores em paralelo no condutor neutro;

$\rho_0$  - Resistividade dos condutores a 20°C;

$\lambda$  - Reactância por unidade de comprimento dos condutores;

Conhecido o ( $I_{CC \text{ Máx.}}$ ) é possível escolher o dispositivo de proteção que verifique a condição da proteção, ou seja, poder de corte superior ao valor de ( $I_{CC \text{ Máx.}}$ ).

Após realizar os cálculos da corrente de curto-circuito máxima considerando a alimentação normal, rede de distribuição, e a alimentação de socorro, como os valores mínimos de poder de corte, para os dispositivos de proteção a instalar. O maior valor entre os dois casos referidos, que neste projeto corresponde ao valor da rede de distribuição quando a instalação está a ser alimentada por esta.

O cálculo da corrente de curto-circuito mínima da canalização elétrica visa dar garantia de que o corte realizado pelo dispositivo de proteção é feito antes da deterioração, por efeitos térmicos, da canalização. Logo a corrente de curto-circuito mínima condiciona a escolha dos disjuntores e dos fusíveis a utilizar para a proteção da canalização.

O tempo de corte da corrente resultante de um curto-circuito que se produza em qualquer ponto da instalação deve ser inferior ao tempo em que os condutores atingem a temperatura limite admissível. Desta forma deverá ser validada a seguinte expressão (18):

$$t_{ap} \leq t_{ft} \quad (18)$$

Em que:

$t_{ap}$  - Tempo da proteção, expresso em segundos;

$t_{ft}$  - Tempo de fadiga térmica do condutor, expresso em segundos.

Além desta condição, é simultaneamente obrigatório que o tempo de atuação da proteção seja inferior a 5 segundos, sendo assim (19):

$$t_{ap} \leq 5s \quad (19)$$

O valor de  $t_{ap}$  é indicado pelo fabricante do dispositivo de proteção tendo em consideração a curva de funcionamento, a corrente estipulada, e o valor da corrente de curto-circuito mínima. O valor de  $t_{ft}$  depende das características do condutor e da corrente de curto-circuito mínima, surgindo a necessidade de determinar a mesma.

A corrente de curto-circuito mínima ( $I_{CC \text{ min.}}$ ), é calculada recorrendo ao mesmo método utilizado para o cálculo da corrente curto-circuito máxima. Neste caso, a situação a considerar é a mais desfavorável para o  $I_{CC \text{ min.}}$ , ou seja, corresponde a um curto-circuito entre fase e neutro, ocorrido no ponto mais distante da canalização elétrica que está abrangido pelo dispositivo de proteção. A malha de defeito tem início desde a fonte até ao ponto de defeito, fechando-se pelo condutor neutro até à fonte.

A corrente de curto-circuito mínima para uma alimentação trifásica sem neutro, corresponde ao curto-circuito bifásico, que é calculada pela mesma fórmula, que a corrente máxima de curto-circuito bifásico ( $I_{k2 \text{ Máx.}}$ ), mas a resistividade dos condutores a 20°C ( $\rho_0$ ), é substituída por a resistividade,  $\rho_1$  ( $\rho_1=1,25\rho_0$ ), no caso de utilização de disjuntores,  $\rho_2$  ( $\rho_2=1,5\rho_0$ ), no caso de utilização de fusíveis, ( $C_{\text{máx.}}$ ) é substituído por  $C_{\text{min.}}$ . - Fator de tensão com valor de 0,95.

No caso de uma alimentação trifásica com neutro, ou uma alimentação monofásica, fase-neutro, a corrente de curto-circuito mínima, é calculada pela mesma fórmula que a corrente máxima de curto-circuito bifásico ( $I_{k1 \text{ Máx.}}$ ), mas a resistividade dos condutores a 20°C ( $\rho_0$ ), é substituída por a resistividade,  $\rho_1$  ( $\rho_1=1,25\rho_0$ ), no caso de utilização de disjuntores,  $\rho_2$  ( $\rho_2=1,5\rho_0$ ), no caso de utilização de fusíveis, ( $C_{\text{máx.}}$ ) é substituído por  $C_{\text{min.}}$ . - Fator de tensão com valor de 0,95.

Conhecido o valor do  $I_{CC \text{ min.}}$  e a corrente estipulada do dispositivo de proteção, é possível determinar o tempo de atuação da proteção  $t_{\text{ap}}$ , tendo em atenção a curva de características de funcionamento. Sabendo os valores de  $t_{\text{ap}}$  de  $t_{\text{ft}}$  é necessário verificar a satisfação da proteção de curto-circuito, verificando-se as condições das equações acima referidas estão simultaneamente satisfeitas, com base nas expressões apresentadas, efetuaram-se os respetivos cálculos e verificação da satisfação na folha de cálculo que pode ser consultada no Anexo B, assim como na Tabela 10, o cálculo da canalização.

**Tabela 10 Cálculo canalização.**

Local	Distância (m)	S (kVA)	FP	Método de instalação	Condutor	Isolamento	Tipo de cabo	Secção Fase (mm <sup>2</sup> )	Secção Neutro (mm <sup>2</sup> )	Proteção	Ib (A)	In (A)	Iz'	Fator Correção
Gerador - Q.T.C	30	165	1	Ref#_F_Col#5.	Cobre	PVC	RV-K 3x95 + 2x95	95	95	Disjuntor	238	250	275	1
Q.T.C - Q.G.E	20	165	1	Ref#_F_Col#5.	Cobre	PVC	RV-K 3x95 + 2x95	95	95	Disjuntor	238	250	275	1
Local	Iz	Ib ≤ In ≤ Iz	I2 (A)	I2 ≤ 1,45.Iz	Queda de Tensão (V)	Queda de Tensão (%)	Queda de Tensão (%) < 5%	Resistência do cabo (Ω)	Icc máx (kA)	Pdε (kA)	Icc min (kA)			
Gerador - Q.T.C	275	VERDADEIRO	325	VERDADEIRO	2,1783	0,94710%	OK	0,011368	20,23	25,00	4,36			
Q.T.C - Q.G.E	275	VERDADEIRO	325	VERDADEIRO	1,4522	0,63140%	OK	0,007579	30,35	40,00	5,64			

## **5.6. ENSAIOS E DOCUMENTAÇÃO A EXECUTAR NAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

### **CARÁCTER GERAL PARA AS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

- Continuidade dos condutores de proteção e das ligações equipotenciais;
- Ensaio de continuidade elétrica e de isolamento dos principais cabos de alimentação e distribuição de energia do edifício;
- Resistência de isolamento da instalação;
- Ensaio de comandos e sinalizações;
- Ensaio funcional de pontos funcionais e equipamentos;
- Simulação de falha de energia;
- Simulação de corte de energia por atuação de botoneiras de corte geral;
- Simulação de situação de emergência;
- Verificação do re-arranque dos sistemas e instalações.

Para a rede de terras:

- Medição dos valores de resistência de terras.

Para os Quadros Elétricos:

- Teste de 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.

Para a iluminação normal e de emergência:

- Medida dos valores das intensidades luminosas;
- Ensaio da aparelhagem de comando;

- Ensaio da iluminação de emergência.

#### **ENSAIOS DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS SOCORRIDAS**

- Ensaio de arranque e paragem manual do grupo;
- Ensaio de arranque automático, em caso de falha da rede normal (verificação de tensão, frequência e desvio angular);
- Ensaio em vazio;
- Ensaio em carga;
- Ensaio de arranque automático, em caso de desvio de tensão para além de  $230/400+8\% < U < 230/400-8\%$ , quando estes desvios ocorram para além de um período parametrizável em qualquer uma das fases.

No final da empreitada será entregue documentação técnica impressa na sua totalidade em Português Europeu:

- Telas finais de implantação do equipamento, com todas as indicações geométricas, e indicações sobre as características gerais dos equipamentos. As telas finais serão entregues em suporte informático e três cópias em papel reproduzível;
- Instruções de funcionamento dos equipamentos;
- Instruções de manutenção dos equipamentos, com a apresentação de todos os planos de manutenção periódica;
- Lista de consumíveis;
- Descrição completa e pormenorizada de todo o sistema de comunicação;
- Documentos de homologação de conformidade dos materiais.

O projeto elaborado, pode ser consultado no Anexo B, em que consta a documentação produzida e utilizada neste processo.

Este Capítulo 5, apresentou um caso de estudo para um projeto de grupo eletrogéneo de 165 kVA, a diesel em *Standby Power*, para alimentação de socorro, a implementar numa unidade industrial. No capítulo seguinte, apresenta análise técnica e económica da utilização de grupos eletrogéneos, de alimentação de socorro como fonte de energia complementar, para alimentação normal de instalações elétricas.



## 6. ESTUDO TÉCNICO & ECONÓMICO DE UTILIZAÇÃO DE GRUPOS ELETROGÊNEOS DE ALIMENTAÇÃO SOCORRO COMO COMPLEMENTO A REDE

As falhas de energia são inevitáveis, seja por questões técnicas ou por condições do terreno e climáticas adversas, um gerador *backcup* / socorro é usado, em situações como essas, para colmatar a falha da rede e ser fonte principal de energia.

Ter uma fonte alternativa de energia elétrica é uma opção útil e muitas vezes, altamente necessária, sendo que muitos setores e atividades dependem de energia continuamente, instalações tal como supermercados, hospitais, clínicas, *data centers*, indústrias, obras,

eventos, entre outros, não podem dar-se ao luxo de sofrer uma falha no fornecimento de energia elétrica, porque isso corresponde, geralmente, a prejuízos graves, que vão desde quebras de produção, à perda de dados e informação, ou mesmo à ocorrência de acidentes e perdas de vidas (exemplo: nos hospitais).

Os geradores de socorro são, por isso, soluções ideais e confiáveis para manter o funcionamento dos equipamentos, no período de falha de rede, quando isso acontece, asseguram a carga até ali suportada pela mesma.

De uma forma resumida podemos dizer que, o controlador automático de transferência, verifica a presença da rede, faz o gerador arrancar, quando esta falha e assim que o grupo estiver pronto para fornecer energia à instalação, envia um sinal ao quadro de transferência de carga, conectando o gerador à carga, o processo inverso acontece, quando a energia é restaurada na rede elétrica.

É, também, possível efetuar este processo em modo manual, em que o operador da instalação deverá fazer o arranque manual do gerador de acordo com a posição do seletor e depois de este estabilizar, inicia-se o processo de inversão no quadro de transferência para a posição “gerador”, no momento pretendido e aquando da retoma de energia pela rede, o operador deverá inverter o quadro de transferência para a posição “rede”, depois parar o gerador e voltar a colocar o sistema em automático.

*Peak shaving* é apropriado quando a carga total de uma instalação está no limite da potência contratada, o que penaliza o consumidor a pagar valores mais elevados durante o horário de ponta, se este problema não for resolvido, pode levar à queda da frequência e flutuação de tensão causando danos aos equipamentos, que afeta a operação geral da unidade industrial.

A redução do pico envolve a gestão proativa da carga geral, para eliminar picos de curta duração, esse processo reduz e suaviza as cargas de pico, o que reduz o custo geral reduzindo a potência contratada.

Neste caso utilizamos os geradores existentes e colocamo-los em paralelo com a rede, que é comum, em ocasiões de necessidade de aumento da potência total do sistema elétrico. Torná-lo mais fiável, garantindo assim, maior potência, adaptabilidade a variações de carga, maior fiabilidade e até mesmo um consumo mais eficiente.

Todas as aplicações são diferentes e requerem características e disponibilidades energéticas diversas, muitas vezes, poderá necessitar de um fornecimento de energia específico para um número certo de operações e equipamentos, porém, muitos são os contextos em que as necessidades energéticas são variáveis, requerendo sistemas de suporte capazes de se adaptar aos diferentes níveis de consumo que podem ocorrer numa mesma instalação em diversos momentos e fases do seu funcionamento.

Com o auxílio de controladores sincronismo e outros sistemas de controlo exemplo: *Programmable Logic Controller (PLC)*, *Building Management System (BMS)*, *Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)*, que fazem a gestão automática das operações de cada gerador, da distribuição das cargas, entre si, é possível uma operação harmoniosa de cada grupo e da totalidade do sistema.

No caso de dois ou mais geradores a operar em simultâneo, proporciona maior fiabilidade, dado que, no caso de uma unidade falhar, é possível garantir que a carga essencial da instalação é alimentada pela(s) outra(s) unidade(s) do sistema de acordo com o dimensionamento efetuado, facilitando o modo de operação de acordo com as variações de carga.

De acordo com o verificado nos capítulos anteriores, existem várias soluções técnicas possíveis de implementar, tudo vai depender da instalação existente tanto a nível de construção, como tecnologia aplicada e das funções/modos de operação pretendidas, nestas instalações a grande vantagem, é que a base do sistema já existe, ou seja, o gerador, o sistema abastecimento combustível, quadros transferência de carga. Portanto as alterações serão pequenas, apenas será necessário investir no sistema de controlo, na Figura 44, tem um exemplo ilustrativo de um sistema sincronismo entre grupo geradores e a rede, assim como na Figura 45, o diagrama unifilar ilustrativo do sistema.

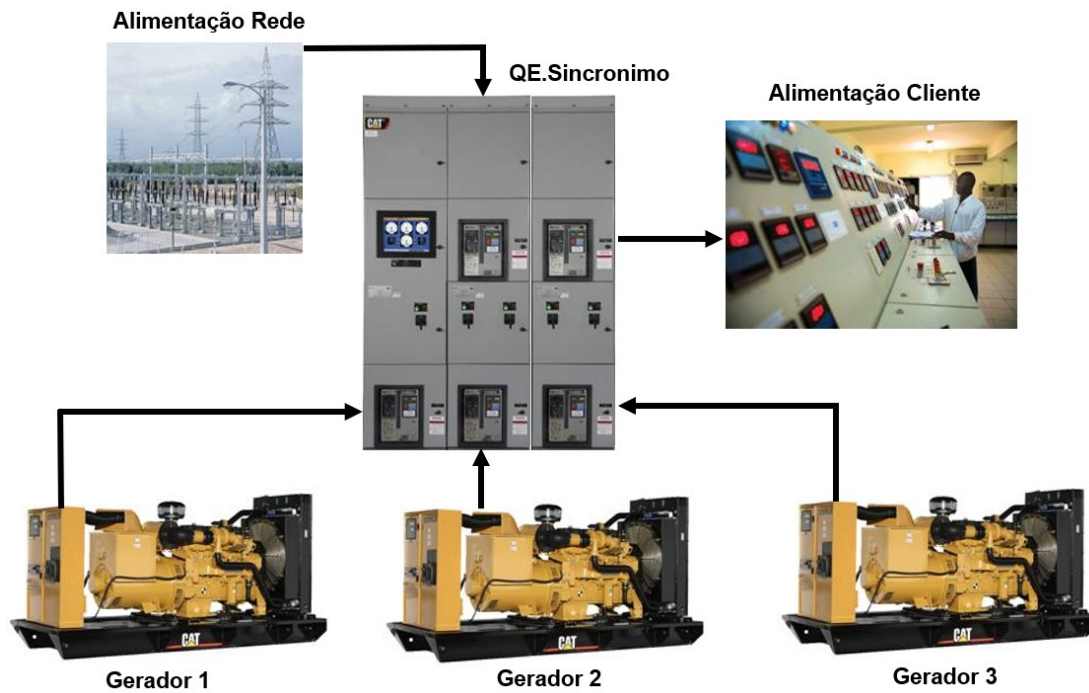


Figura 44 Exemplo ilustrativo de um sistema sincronismo rede/grupos

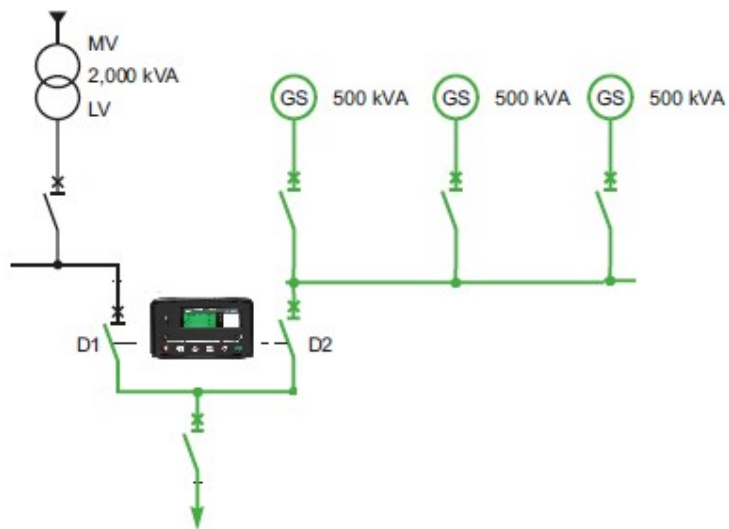
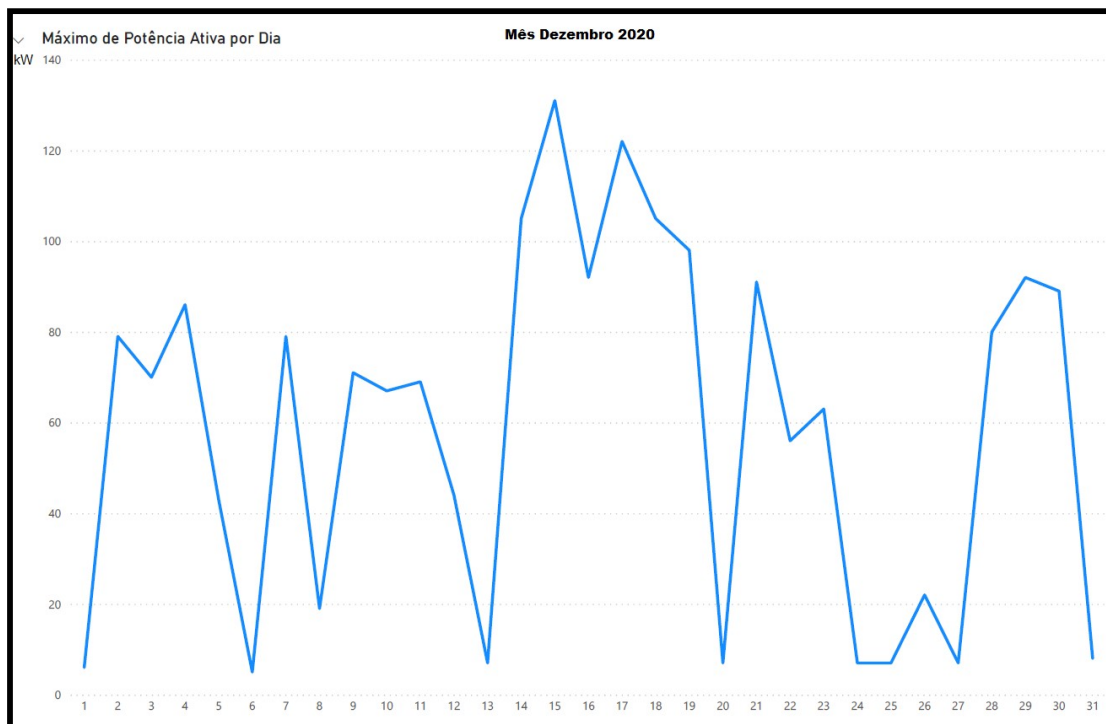


Figura 45 Exemplo do diagrama unifilar do sistema sincronismo rede/grupos

Do ponto de vista técnico, esta é uma solução com imensas vantagens, tal como já referido desde a independência de rede pública, a redução da potência contratada, redução de paragens de produção industrial, evitando prejuízos graves, que vão desde quebras de produção à perda de dados, assegurando continuidade do serviço da instalação.

Do lado económico, existe a questão da variação dos preços dos combustíveis, que pode classificar esta solução como dispendiosa, contudo de forma a simplificar o caso de estudo, selecionamos, apenas o mês de maior consumo do ano 2020.

O mês analisado, é o dezembro, relativo à unidade industrial, identificada no Capítulo 3, e descrito no ponto 3.2. Na Figura 46, verifica-se o diagrama de carga do mês de dezembro do ano 2020, e na Figura 47 e 48, obtemos o custo dos combustíveis, diesel simples e gás natural, indicados pela ERSE, no mesmo período de leitura do diagrama de carga.



**Figura 46 Gráfico diagrama de carga de dezembro 2020.**

Preços médios praticados em Portugal  
dezembro 2020

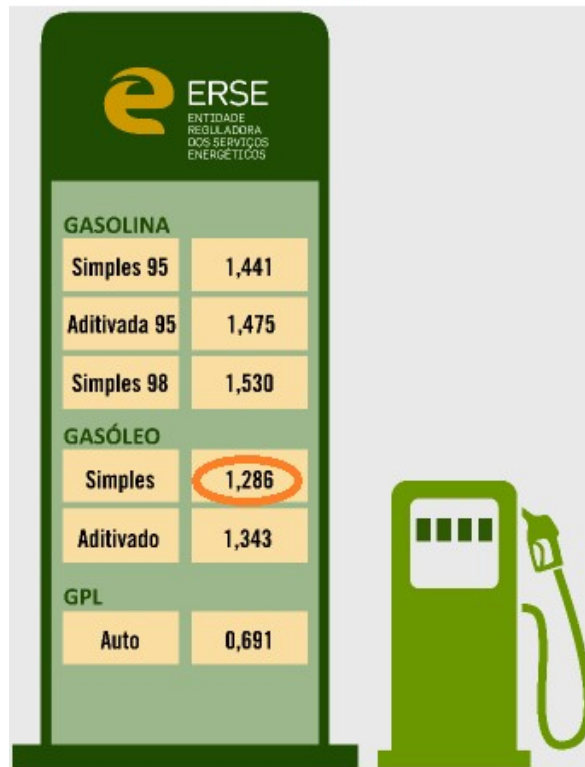


Figura 47 Preço médio praticado em dezembro de 2020 de gasóleo simples em Portugal, (Fonte: ERSE).

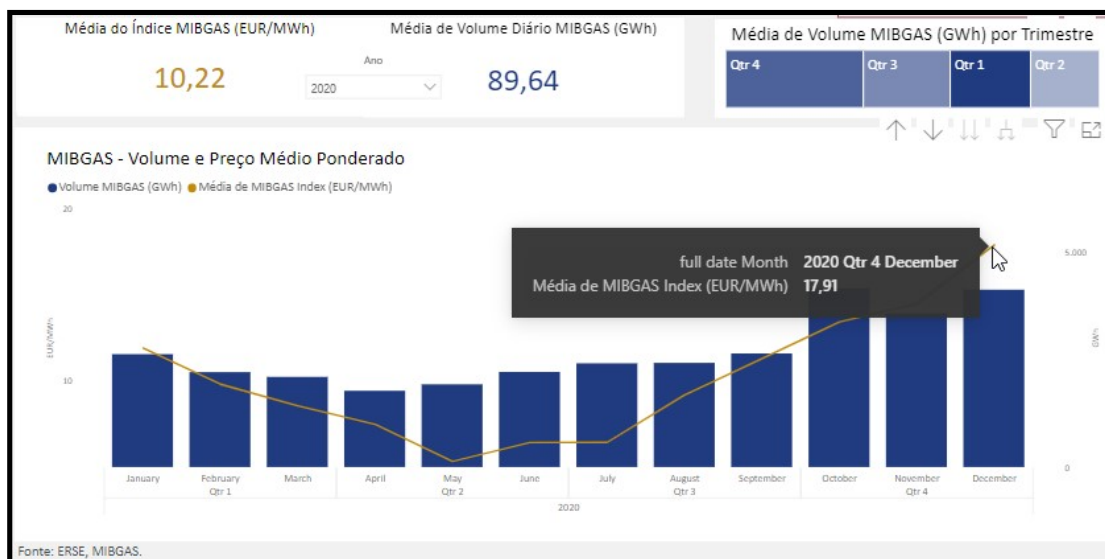


Figura 48 Gráfico preço médio ponderado no Mercado Ibérico de Gás de 01-01-2020 a 30-12-2020, (Fonte: ERSE, pesquisa em 05-02-2022).



**Tabela 11 Leituras e tarifas de eletricidade do mês dezembro 2020.**

Designação	Consumo (kWh)	Valor Unitario (€)	Nº dias	Valor Total (€)
Potência Contratada	160,00	0,030721 €	30	147,46 €
Potência Horas de ponta	33,03	0,171672 €	30	170,11 €
Ativa Ponta	3303,00	0,121184 €	1	400,27 €
Ativa Cheia	9678,00	0,099664 €	1	964,55 €
Ativa Vazio	2007,00	0,069215 €	1	138,91 €
Ativa Super vazio	492,00	0,059032 €	1	29,04 €
Reativa fornecida vazio	141,00	0,018900 €	1	2,66 €
Contribuição Audio Visual	1,00	2,850000 €	1	2,85 €
Imposto Especial Consumo Eletricidade	15480,00	0,001000 €	1	15,48 €
				<b>1.871,34 €</b>

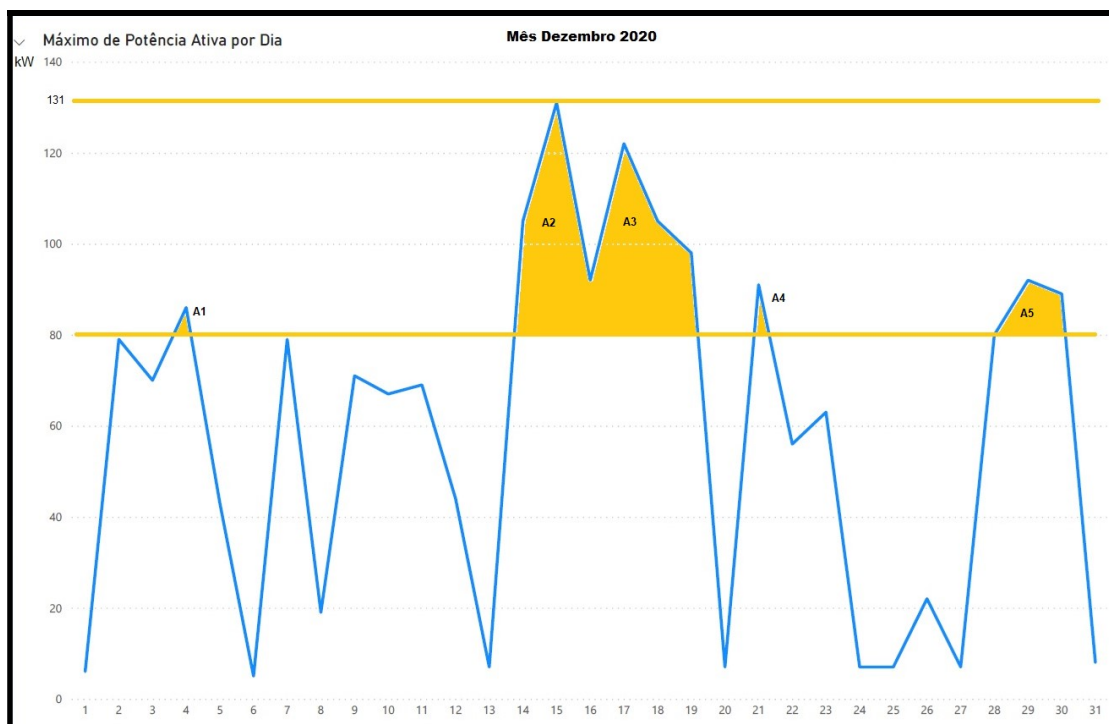
De acordo com o diagrama de cargas da Figura 50, podemos verificar os vários períodos de consumo, em que o gerador está em modo *peak shaving*. Assim que a potência ativa, atinge os 80 kW, o gerador entra em serviço e efetua a partilha de carga, com produção 51 kW, reduzindo em 38,9% da potência ativa, fornecida pela rede.

Tal como apresentado no Capítulo 2, ponto 2.6, utilizamos os dois modelos de gerador (Diesel e a GNL), da marca *Caterpillar*, para determinar o custo de produção de energia, para estes períodos de pico.

Na Tabela 12, verifica-se os valores dos consumos e custos da produção de energia elétrica (€/kWh), de cada modelo de gerador, tendo em conta, que os custos dos combustíveis, são referentes ao período em análise, indicados pela ERSE.

**Tabela 12 Comparação consumos e custos €/kWh, entre gerador Diesel VS Gás Natural, em dezembro 2020.**

Caterpillar - DE400E0 - C13 - 400kVA, 320kW - Standby - 50Hz - Diesel						
Standby Power (kW)	Standby Power (kVA)	Percentagem de carga (%)	Consumo Diesel (L/hr)	Preço médio Diesel (€/L)	Preço por hora (€)	Preço kWh (€/kWh)
200	250	63%	52,8	1,2860 €	67,9008 €	0,339504 €
Caterpillar - DG400-1 GC - 21.9 - 500kVA, 400kW - Standby - 60Hz - GNL						
Standby Power (kW)	Standby Power (kVA)	Percentagem de carga (%)	Consumo Natural Gas (m3/hr)	Preço médio GNL (€/m3)	Preço por hora (€)	Preço kWh (€/kWh)
200	250	50%	80,5	0,188944 €	15,2100 €	0,076050 €



**Figura 50** Períodos de operação gerador em *Peak Shaving*, em dezembro 2020.

Através do cálculo, das áreas sinalizadas no gráfico da Figura 50, foi elaborado a Tabela 13, que apresenta os resultados, com os custos por área e o total, tanto para GG a Diesel como a GNL.

**Tabela 13** Comparação custos *Peak Shaving* entre gerador Diesel VS Gás Natural.

Area de Pico (kW)	Peak Shaving (kW)	Diesel Preço kWh (€)	GNL Preço kWh (€)
A1	3,0	1,0185 €	0,2281 €
A2	77,3	26,2437 €	5,8787 €
A3	82,0	27,8393 €	6,2361 €
A4	5,5	1,8673 €	0,4183 €
A5	16,5	5,6018 €	1,2548 €
<b>Total</b>	<b>184,30</b>	<b>62,57 €</b>	<b>14,02 €</b>

Com os dados obtidos na Tabela 13, podemos comparar com os valores da Tabela 11, em que se verifica, o valor da potência horas de ponta, tem custo de 170,11€, (tarifas da rede), com o grupo gerador a diesel simples, tem um custo de 62,57€ e o grupo gerador a gás natural é de 14,02€.

Neste caso obtemos uma redução de 63,2%, do custo da potência horas de ponta, com a utilização em modo de *peak shaving*, de um gerador Diesel e uma redução de 91,8% com o gerador GNL.

Este Capítulo 6, apresentou a análise técnica e económica, da utilização de grupos eletrogéneos de alimentação de socorro como fonte de energia complementar, para alimentação normal de instalações elétricas. No capítulo seguinte, apresenta as conclusões mais importantes que resultaram do trabalho desenvolvido, onde são sugeridas novas ideias para trabalhos futuros e que pretendem de alguma forma contribuir para o avanço desta tecnologia, para a sua integração com as redes de energia elétrica.

## 7. CONCLUSÕES

Todo edifício comercial e industrial terá pelo menos um gerador a diesel ou a gás de socorro, como fonte de alimentação de *backup*, que é um plano de contingência para um eventual corte de energia e garantir o funcionamento das cargas críticas, tal como os sistemas de segurança, na qual podemos fazer uso da sua capacidade de geração de energia e aproveitar para fornecer energia quando o consumo de energia é elevado.

Pela informação recolhida e resumida neste relatório podemos verificar, que a base de trabalho se inicia com a pesquisa documentação técnica e legislativa, assim como o tratamento de bases de dados de consumo, tarifas de preços de energia elétrica. O diagrama de carga da instalação em conjunto com o esquema unifilar do sistema rede/grupos de socorro existente, são elementos-chave para desenvolver a melhor solução a propor.

A área de produção e autoconsumo de energia elétrica é extremamente desafiante, pois encontra-se em constante atualização. Foi desenvolvido um trabalho de estudo regulamentar, normativo, técnico/científico e tecnológico-económico, que consistiu no desenvolvimento de soluções de suporte ao projeto na realização de diagramas de sincronismo de geradores com a rede, ainda uma comparação técnico/económica entre geradores diesel versus gás natural.

A implementação dos sistemas de sincronismo com a rede em regime de “*peak shaving*” e o conseqüentemente o autoconsumo, obtemos a vantagem da redução significativa da potência a contratar (dependendo do gerador existente), uma redução da dependência da rede pública, a rentabilização do investimento efetuado no projeto e uma melhoria na qualidade de energia do edifício, pois em caso de falha de energia no período em que o gerador está em paralelo com a rede, a instalação ou parte dela (de acordo com o gerador instalado e o diagrama do sistema sincronismo) não vai sentir esse corte, permitindo a continuidade da alimentação energia elétrica, uma das melhores maneiras de reduzir a potência contratada é usando os geradores existentes para fornecer energia durante o pico de consumo da unidade industrial.

Do ponto de vista económico existe a questão, da grande flutuação dos preços dos combustíveis, que podem causar, uma solução dispendiosa, contudo no caso de estudo efetuado, verificamos que uma unidade industrial com 160 kW de potência contratada em MT, o custo da energia consumida via rede é de 0,1211 €/kWh, comparando o custo do gerador a diesel de 0,3395 €/kWh e o gerador a gás natural de 0,0761 €/kWh, as tarifas calculadas, foram de acordo com os valores praticados em dezembro do ano de 2020.

Demostramos que é possível reduzir a potência ativa a fornecer pela rede em 38,9%, assim como, a redução de custos da potência horas de ponta, em 63,2%, com gerador a diesel e 91,8%, com gerador a gás natural. Caso adicionarmos os painéis solares fotovoltaicos, que para além de serem mais ecológicos e apelativos ao reduzir as emissões de dióxido de carbono, podemos dizer que a solução híbrida, é a melhor a implementar, na qual podemos colocar os painéis PV, em autoconsumo, partilha ou exportação, em paralelo com os grupos geradores.

Desta forma obtemos inúmeras configurações do modo de operação, que se pode definir os períodos de funcionamento de cada fonte em paralelo ou não, de acordo com os benefícios económicos e operacionais, como por exemplo durante o dia no período de maior exposição solar, colocamos os painéis solares em exportação, modo venda energia a rede e os grupos geradores mantêm como sistema de socorro, em “*peak shaving*” durante a noite.

Na presente dissertação os todos objetivos propostos foram atingidos, desde a realização do estado da arte sobre a temática do trabalho, análise de consumos e custos energéticos de

uma unidade industrial, estudo técnico/económico de instalação de sistemas de autoprodução de energia solar fotovoltaica, projeto de grupo eletrogéneo para alimentação de socorro, estudo técnico-económico de utilização de grupos eletrogéneos de alimentação de socorro, como fonte de energia complementar para alimentação normal de instalações elétricas.

Os resultados obtidos e referidos neste trabalho foram de encontro a realidade existente em Portugal no ano de 2020, que podem ter um impacto mais positivo ou negativo caso seja aplicado em outros Países, que têm normas e preços de combustível diferentes, portanto de acordo com o tipo de instalação e País, a mesma solução a implementar pode ter vantagens e desvantagens diferentes ao que temos no nosso País.

## **7.1.   CONTRIBUTOS**

Para a realização deste trabalho, de forma atingir os objetivos, foi necessária uma pesquisa exaustiva, desde documentação técnica dos vários equipamentos, grupos geradores, controlador sincronismo, transferência de carga, painéis solares fotovoltaicos, inversores solares, baterias solares, *softwares* de desenho e cálculo (simulação computacional), até a documentação de legislação, regulamentos, normas, decretos de lei e diretivas aplicadas na produção de energia elétrica.

Após tratamento e análise de toda a documentação recolhida, permitiu a realização do projeto de grupo gerador de socorro e a simulação computacional para aferir a viabilidade e suporte dos sistemas solares fotovoltaicos às instalações industriais, que está em constante desenvolvimento em alteração tecnológica e legislação.

Uma das partes, senão a mais intensa, foi o tratamento de dados, de consumos e tarifas utilizados, no diagrama de cargas e tabelas de comparação de tarifas da energia elétrica, inclusive as tarifas a nível industrial em regime MT, pois não são de conhecimento público, também devido a proteção de dados, enfrentei alguma dificuldade em obter as faturas de eletricidade e o diagrama de cargas de um ano completo, de uma unidade industrial, para a devida análise.

Outro desafio, foi análise das faturas, pois o período de faturação aplicado, é do dia 16 do mês anterior ao dia 15 do corrente mês e o diagrama de carga foi fornecido por mês, do dia 1 a 30/31, logo para efetuar a ligação das datas aos consumos e respetivas tarifas, de forma

a facilitar a produção de cálculos e elaboração de gráficos, foi utilizado o *Microsoft Power BI*.

Em resumo, para realizar esta dissertação foi necessário muita dedicação e perseverança, devido a elevada variedade de equipamentos e áreas abordadas.

## *Referências Bibliográficas*

- [1] MINISTÉRIO DA ECONOMIA E DA INOVAÇÃO, “PORTARIA N.º 949-A/2006,” 2006.
- [2] MINISTÉRIO DA ECONOMIA E DA INOVAÇÃO, “DECRETO-LEI N.º 96/2017 DE 10 DE AGOSTO,” 2017.
- [3] ASSEMBLEIA DA REPÚBLICA, “61/2018 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS,” 2018.
- [4] COMISSÃO EUROPEIA, “REGULAMENTO (UE) 2016/631 DE 14 DE ABRIL,” 2016.
- [5] MINISTÉRIO DA ECONOMIA E DA INOVAÇÃO, “DECRETO-LEI N.º 172/2006,” 2006.
- [6] MINISTÉRIO DA ECONOMIA E DA INOVAÇÃO, “DECRETO-LEI N.º 162/2019,” 2019.
- [7] E-REDES, “E-REDES MANUAL DE LIGAÇÕES À REDE ELÉTRICA DE SERVIÇO PÚBLICO 1,” 2020.
- [8] M. MATOS, “DIAGRAMAS DE CARGA,” TEXTO APOIO, FEUP, VOL. 1, PP. 1–12, 2005.
- [9] A. ATIEH, S. CHARFI, AND M. CHAABENE, “HYBRID PV/BATTERIES BANK/DIESEL GENERATOR SOLAR-RENEWABLE ENERGY SYSTEM DESIGN, ENERGY MANAGEMENT, AND ECONOMICS,” ELSEVIER INC., 2018.
- [10] ERSE, “TARIFAS E PREÇOS DE ELETRICIDADE E GÁS NATURAL EM 2021 SETOR ENERGÉTICO PROCESSO TARIFÁRIO COMPOSIÇÃO DOS PREÇOS OFERTAS COMERCIAIS NO MERCADO LIBERALIZADO A FATURA DE ENERGIA,” 2021.
- [11] ERSE, “BOLETIM-ELECTRICIDADE,” 11-2021.
- [12] ERSE, “BOLETIM-COMBUSTÍVEIS,” 12-2021.
- [13] INTERNATIONAL STANDARD, ISO 8528-1, “RECIPROCATING INTERNAL COMBUSTION ENGINE DRIVEN ALTERNATING CURRENT GENERATING SETS”, 2018.

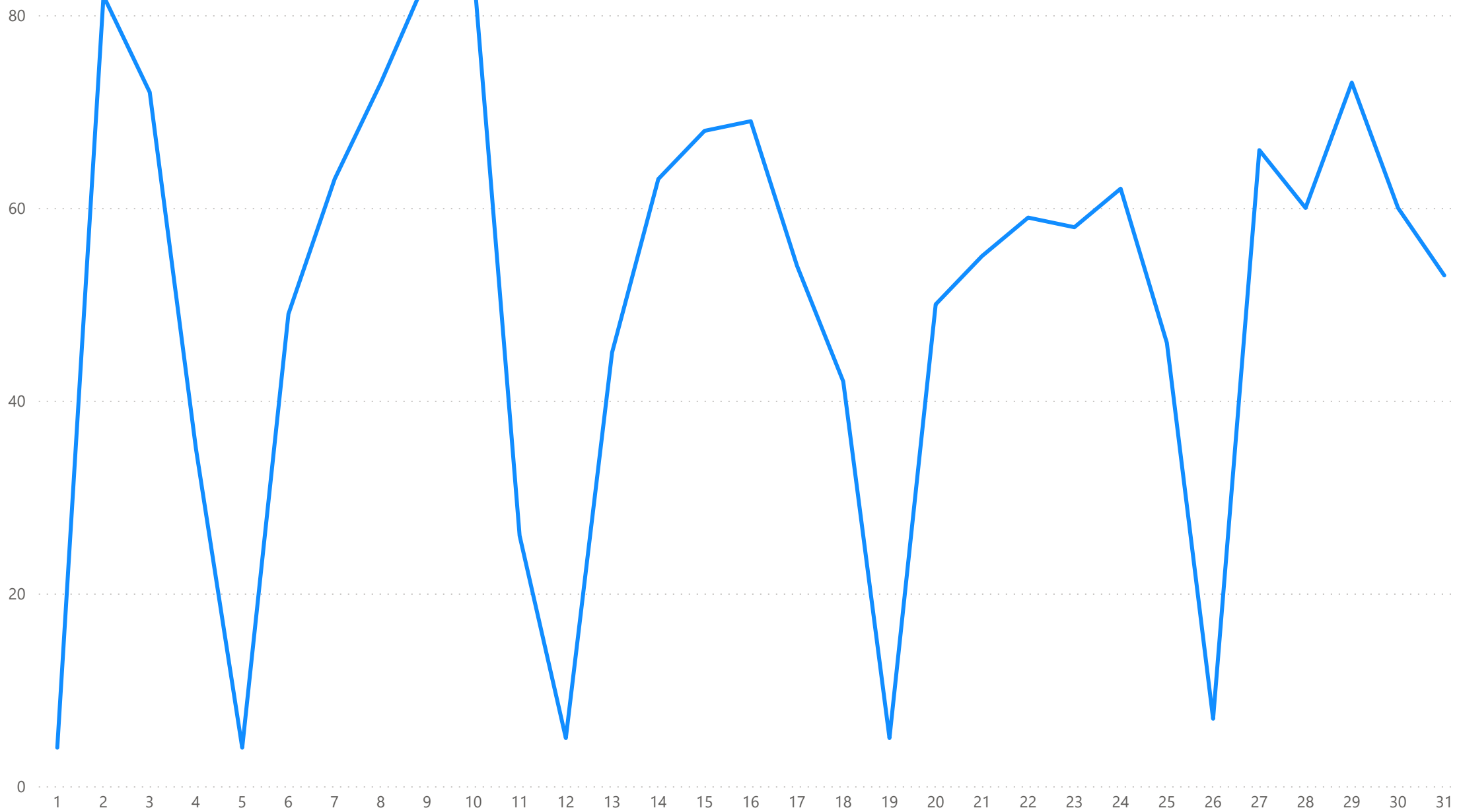
- [14] PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS. RESOLUÇÃO DO CONSELHO DE MINISTROS 27/2021,” DIÁRIO DA REPÚBLICA - I SÉRIE-B, P. 2418, 2018.
- [15] E. P. MAYANOV, A. A. GASANOV, AND A. V. NAUMOV, “THE CZOCHRALSKI METHOD (CZ): HISTORY AND DEVELOPMENT,” IZV. VYSS. UCHEBNYKH ZAVED. MATER. ELEKTRON. TEKHNIKI = MATER. ELECTRON. ENG., VOL. 19, NO. 1, PP. 59–70, 2018, DOI: 10.17073/1609-3577-2016-1-59-70.

## Anexo A. Diagrama de cargas mensais de uma unidade industrial

Mês

- janeiro
- fevereiro
- março
- abril
- maio
- junho
- julho
- agosto
- setembro
- outubro
- novembro
- dezembro

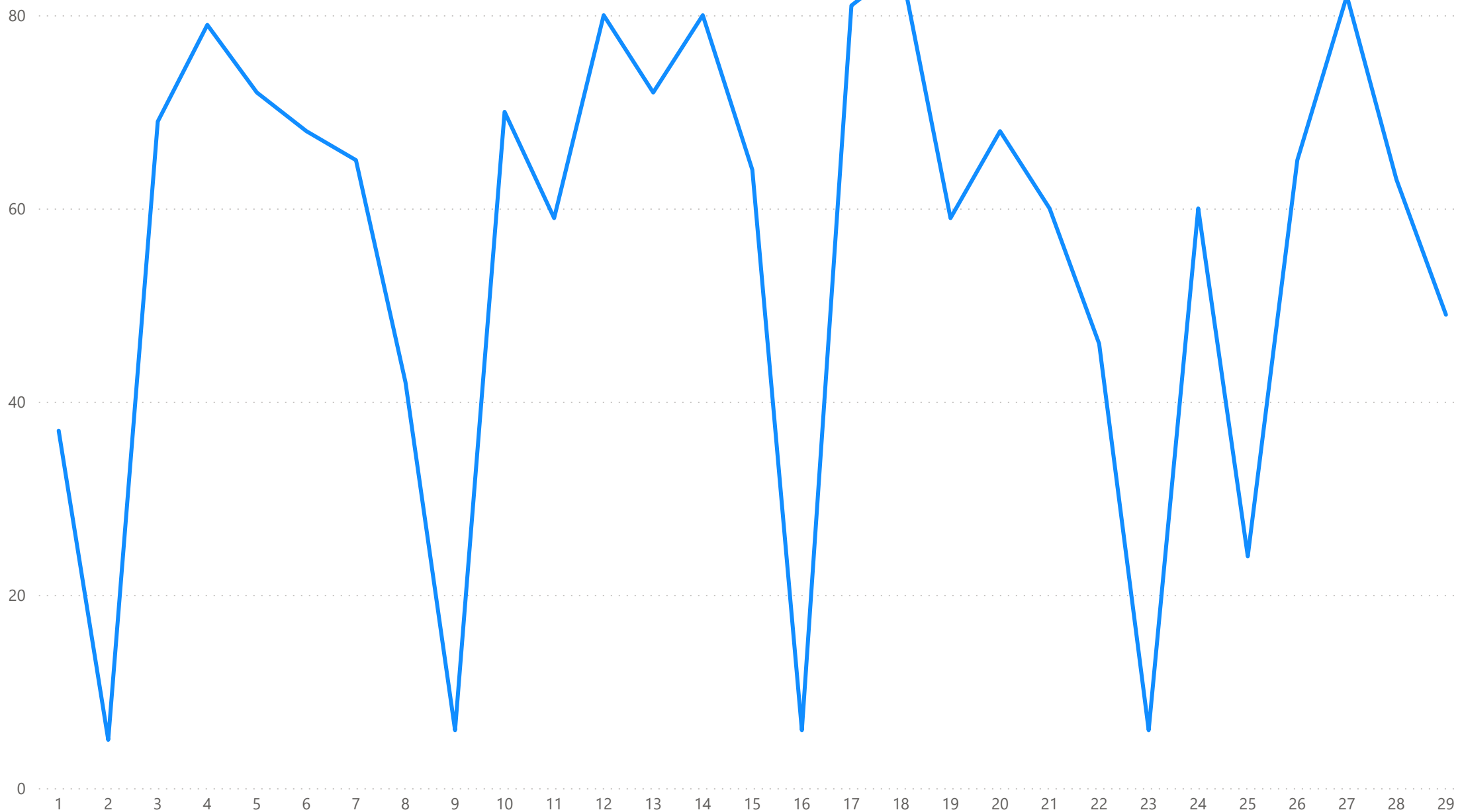
∨ Máximo de Potência Ativa por Dia



Mês

- janeiro
- fevereiro
- março
- abril
- maio
- junho
- julho
- agosto
- setembro
- outubro
- novembro
- dezembro

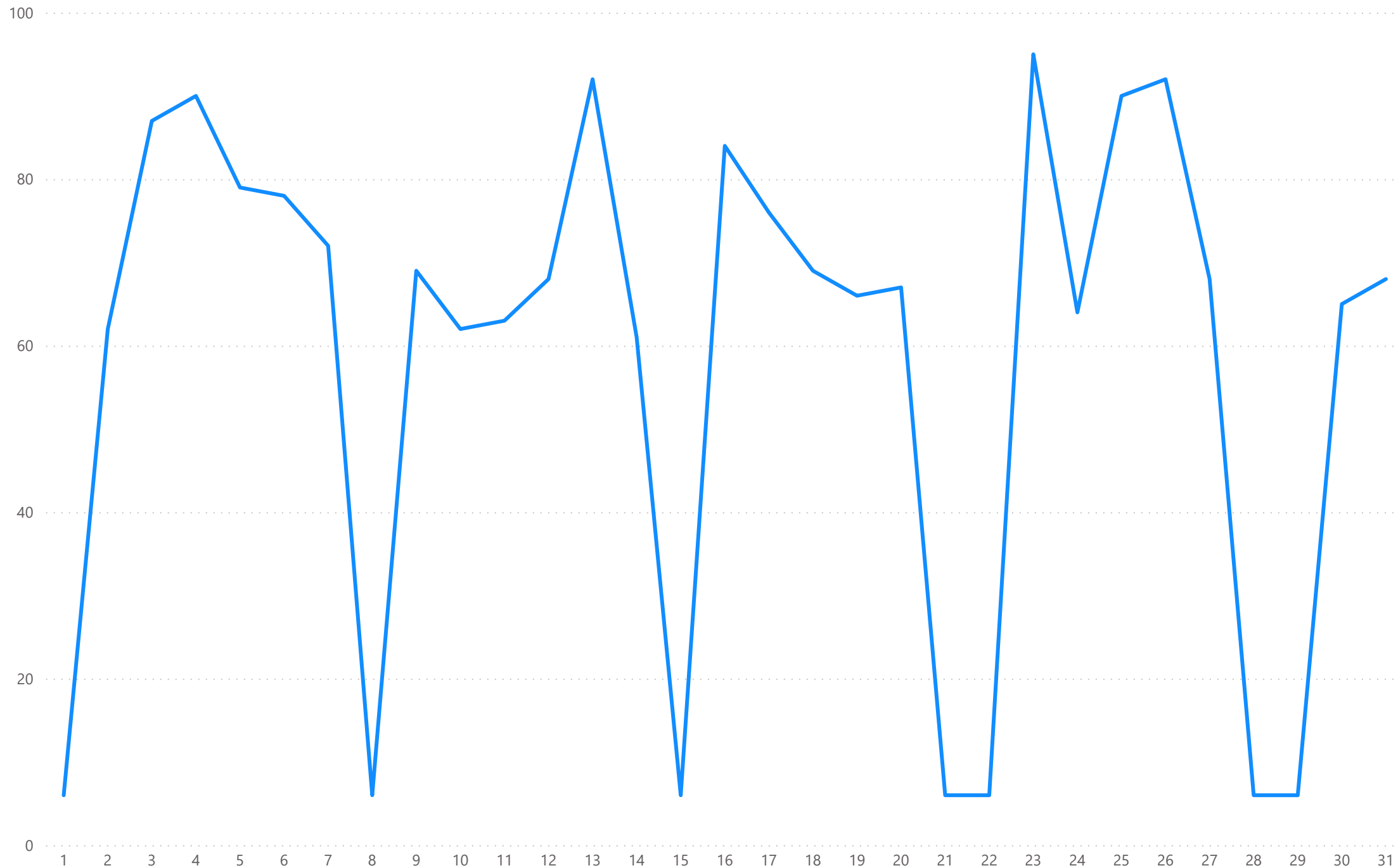
∨ Máximo de Potência Ativa por Dia



Mês

- janeiro
- fevereiro
- março
- abril
- maio
- junho
- julho
- agosto
- setembro
- outubro
- novembro
- dezembro

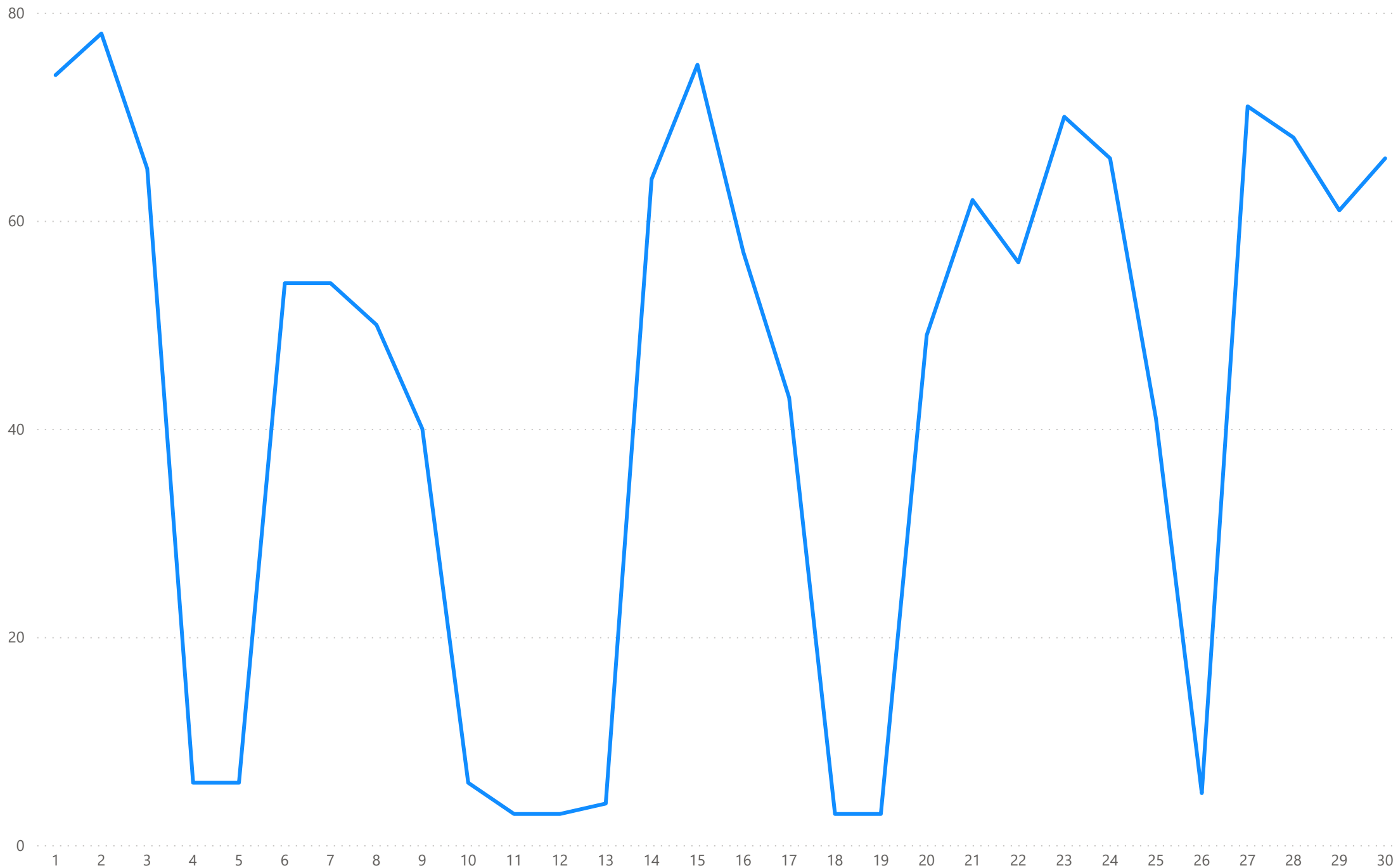
✓ Máximo de Potência Ativa por Dia



Mês

- janeiro
- fevereiro
- março
- abril
- maio
- junho
- julho
- agosto
- setembro
- outubro
- novembro
- dezembro

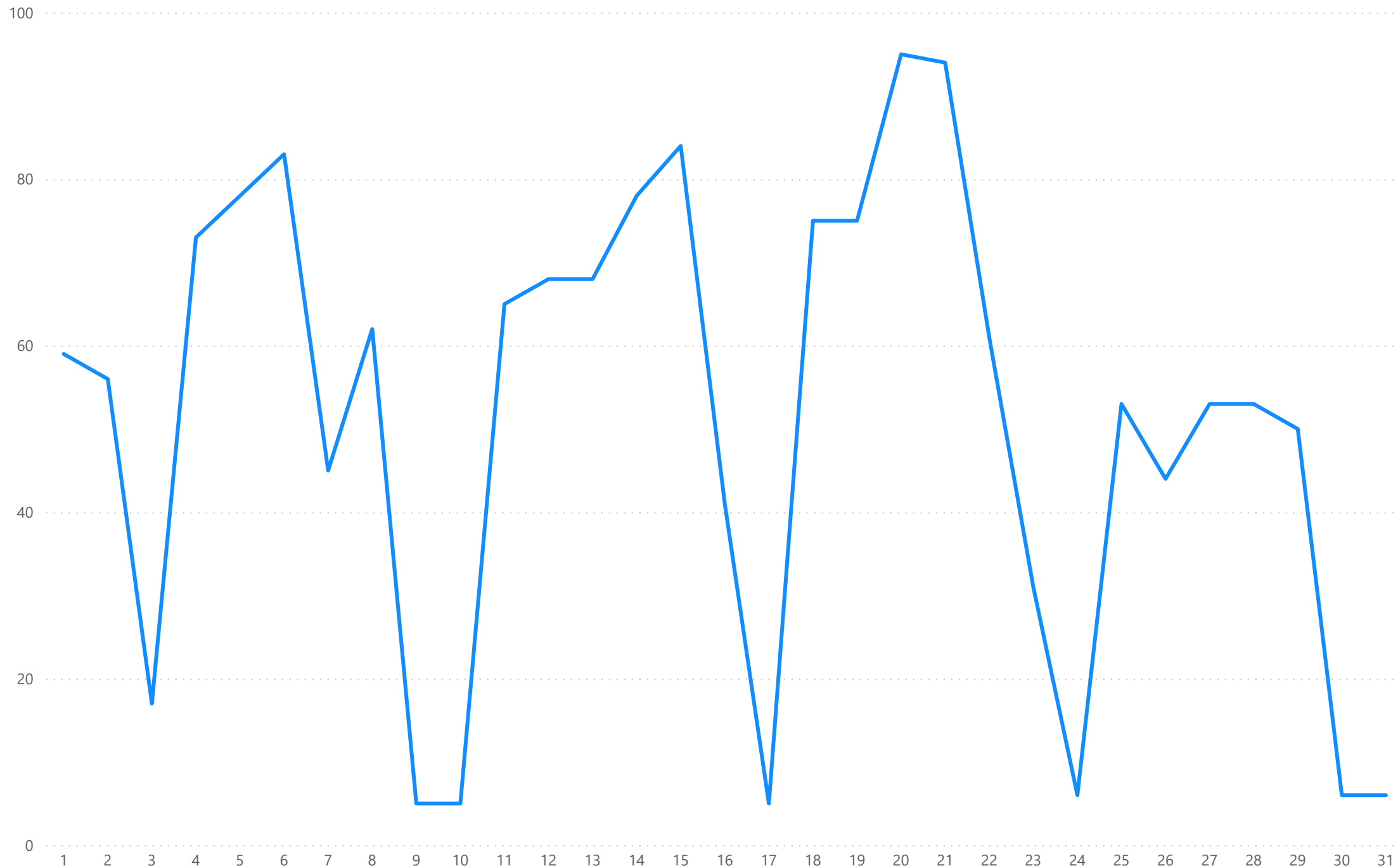
∨ Máximo de Potência Ativa por Dia



Mês

- janeiro
- fevereiro
- março
- abril
- maio
- junho
- julho
- agosto
- setembro
- outubro
- novembro
- dezembro

▼ Máximo de Potência Ativa por Dia



Mês

- janeiro
- fevereiro
- março
- abril
- maio
- junho
- julho
- agosto
- setembro
- outubro
- novembro
- dezembro

∨ Máximo de Potência Ativa por Dia



Mês

- janeiro
- fevereiro
- março
- abril
- maio
- junho
- julho
- agosto
- setembro
- outubro
- novembro
- dezembro

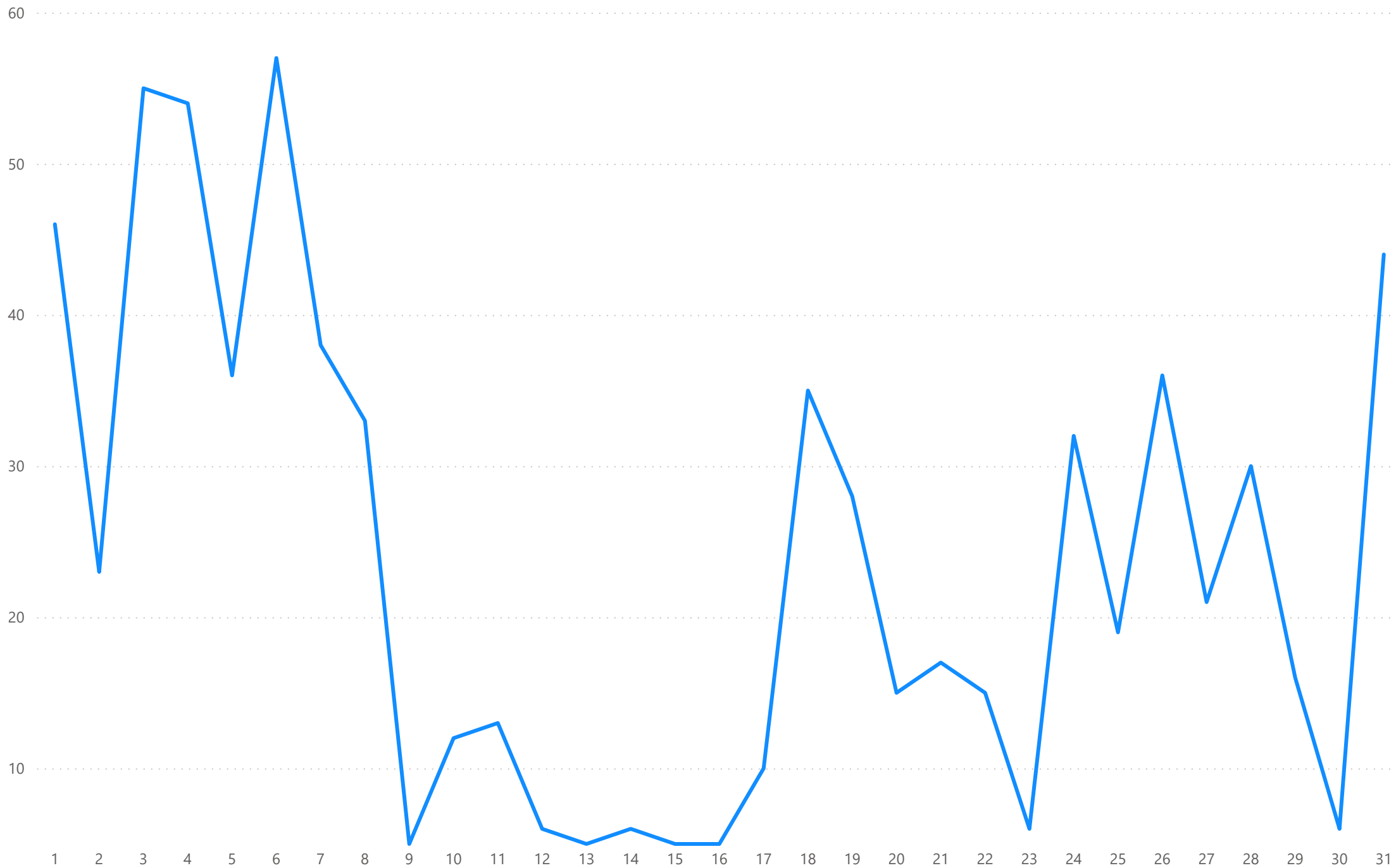
∨ Máximo de Potência Ativa por Dia



Mês

- janeiro
- fevereiro
- março
- abril
- maio
- junho
- julho
- agosto
- setembro
- outubro
- novembro
- dezembro

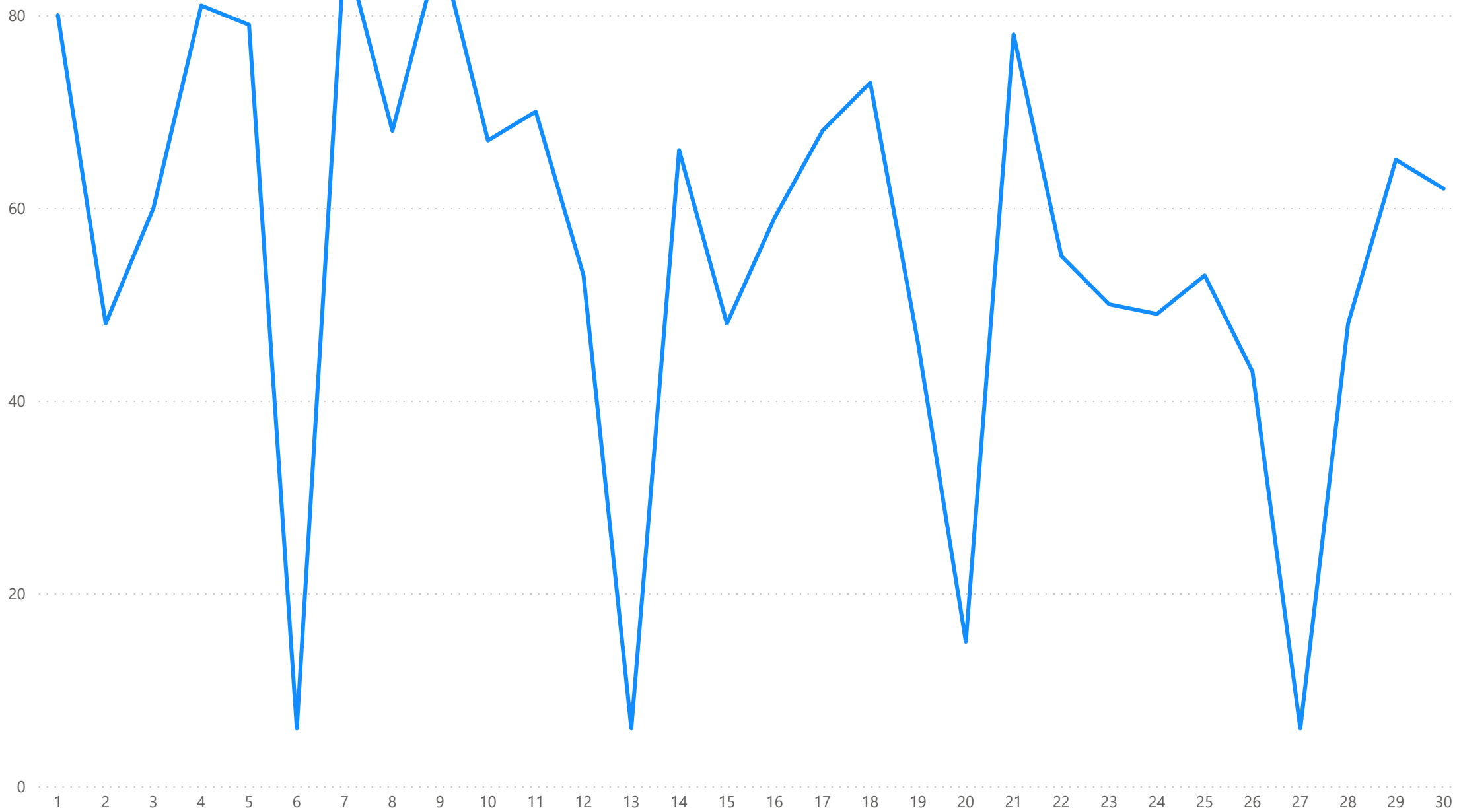
∨ Máximo de Potência Ativa por Dia



Mês

- janeiro
- fevereiro
- março
- abril
- maio
- junho
- julho
- agosto
- setembro
- outubro
- novembro
- dezembro

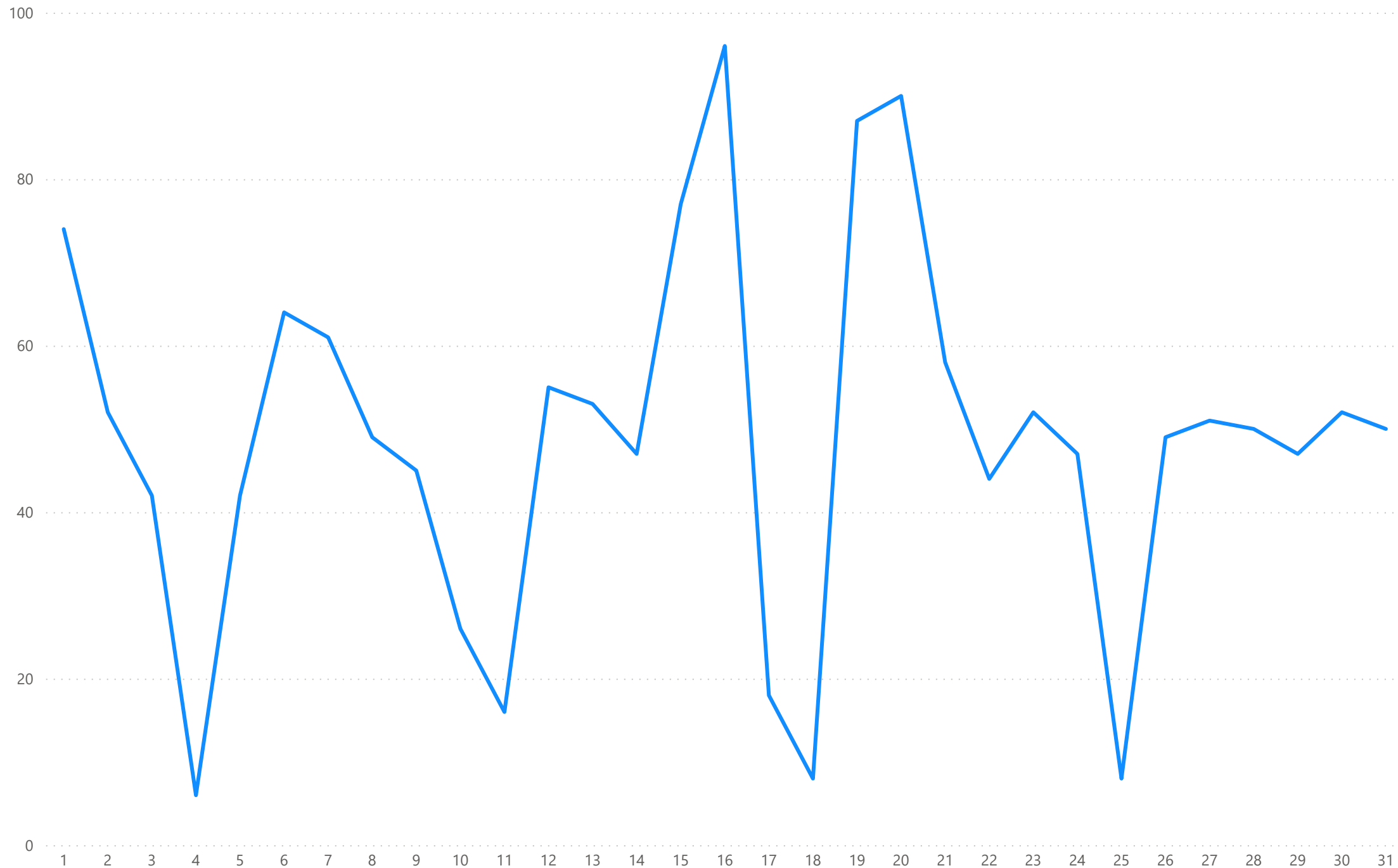
∨ Máximo de Potência Ativa por Dia



Mês

- janeiro
- fevereiro
- março
- abril
- maio
- junho
- julho
- agosto
- setembro
- outubro
- novembro
- dezembro

▼ Máximo de Potência Ativa por Dia



Mês

- janeiro
- fevereiro
- março
- abril
- maio
- junho
- julho
- agosto
- setembro
- outubro
- novembro
- dezembro

▼ Máximo de Potência Ativa por Dia



Mês

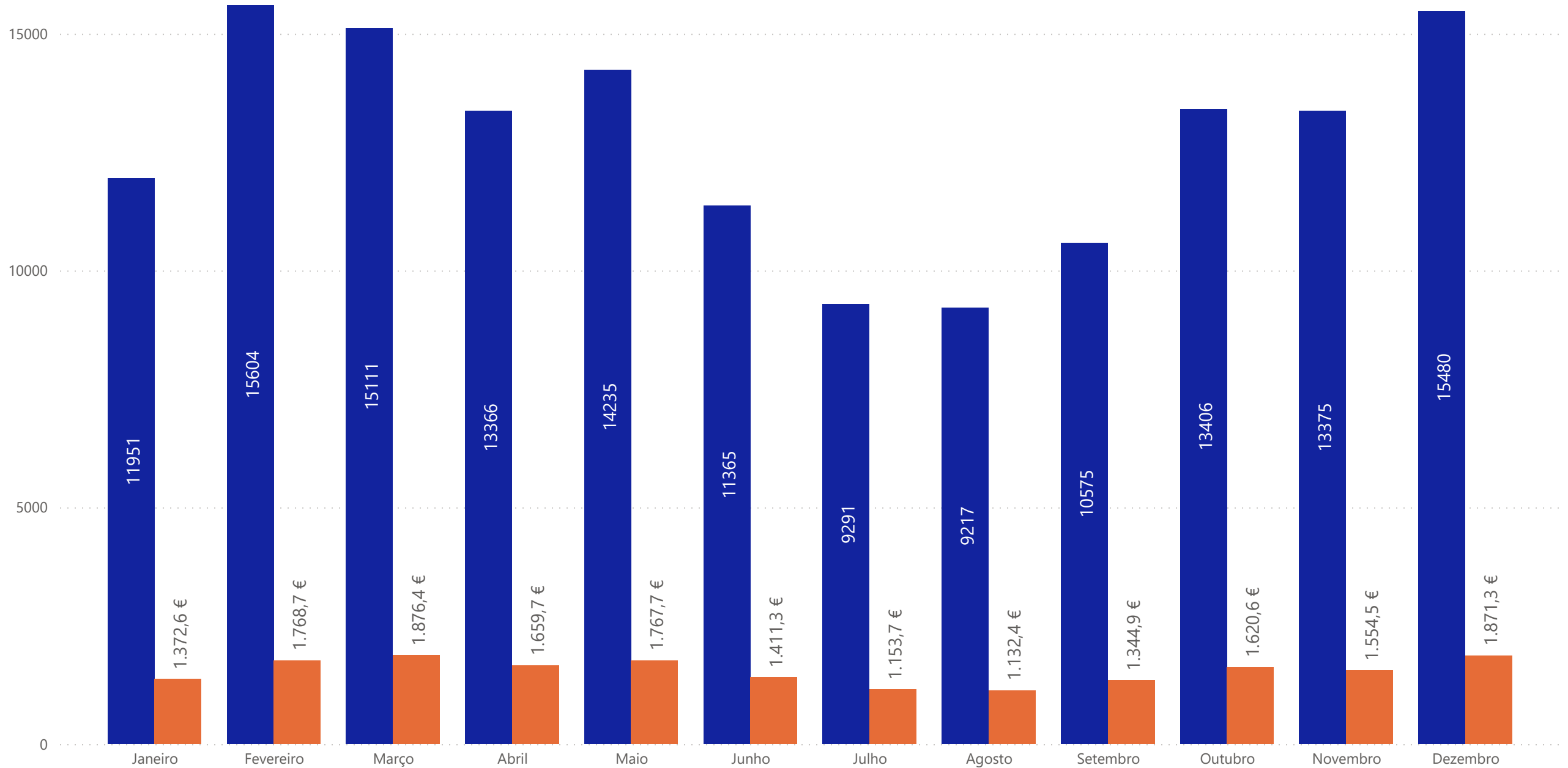
- janeiro
- fevereiro
- março
- abril
- maio
- junho
- julho
- agosto
- setembro
- outubro
- novembro
- dezembro

∨ Máximo de Potência Ativa por Dia



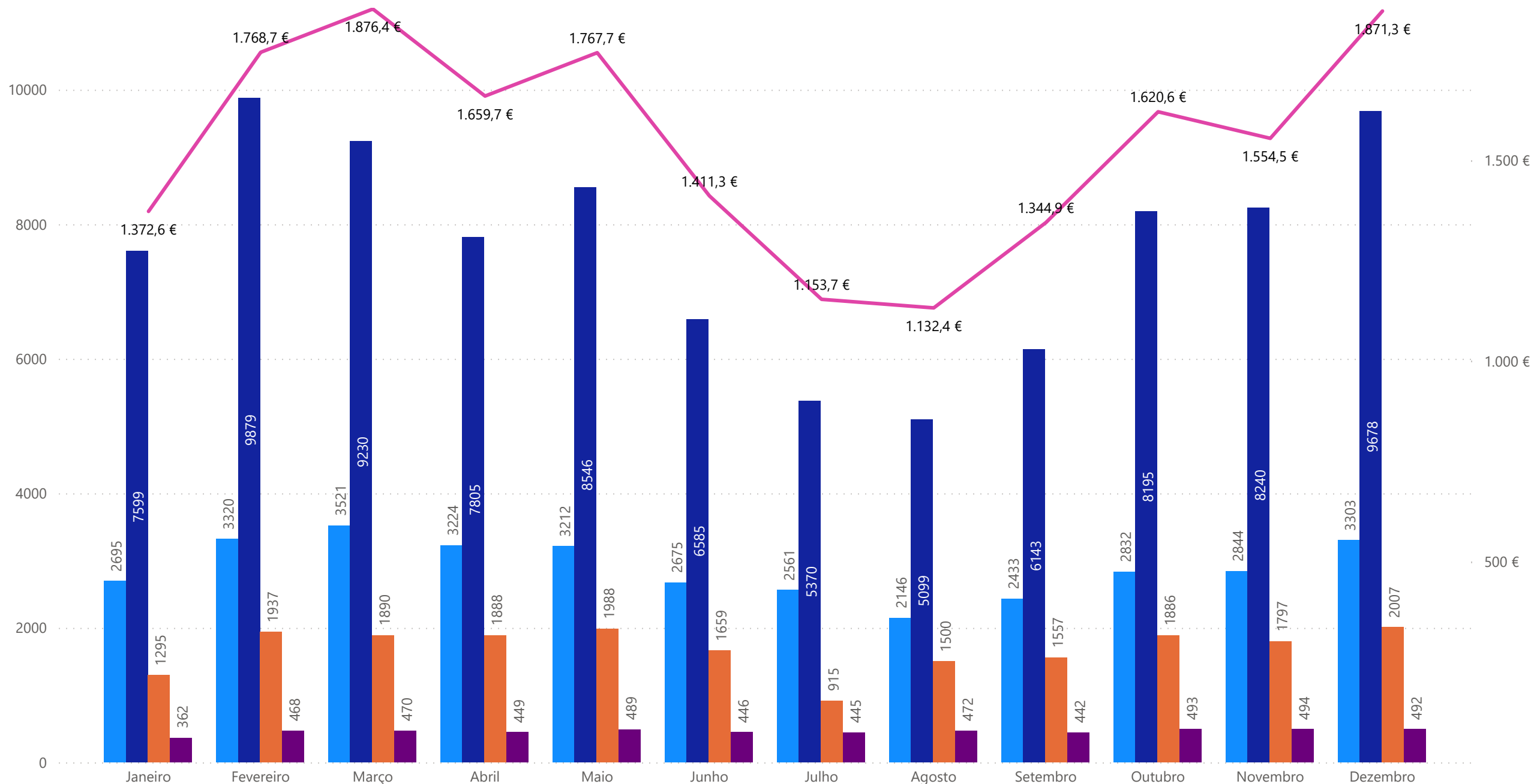
# Energia ActivaTotal (kWh), Valor Total Fatura(€) e Índice por Mês

● Energia ActivaTotal (kWh) ● Valor Total Fatura(€)



# Energia Activa Ponta (kWh), Energia ActivaCheia (kWh), Energia ActivaVazia (kWh), Energia ActivaSuper vazia (kWh), Valor Total Fatura(€) e Índice por Mês

● Energia Activa Ponta (kWh) ● Energia ActivaCheia (kWh) ● Energia ActivaVazia (kWh) ● Energia ActivaSuper vazia (kWh) ● Valor Total Fatura(€)



## Anexo B. Projeto Grupo Gerador Eletrogéneo para Alimentação Socorro

CÁLCULOS DA VENTILAÇÃO - NBR 9172 - Dezembro / 1985

Caudal do ar de refrigeração (m<sup>3</sup>/min) 221,2  
 Caudal do ar de admissão (m<sup>3</sup>/min) 10,7

Área livre de entrada de ar (m <sup>2</sup> )	
V <sub>E</sub> (m/s)=	3
Q <sub>E</sub> (m <sup>3</sup> /min)=	231,9
$A_{LE} = \frac{Q_E}{V_E * 60}$	
A.L.E.	1,29 (m <sup>2</sup> )

Área livre de saída de ar (m <sup>2</sup> )	
V <sub>S</sub> (m/s)=	3
Q <sub>S</sub> (m <sup>3</sup> /min)=	221,2
$A_{LS} = \frac{Q_S}{V_S * 60}$	
A.L.S.	1,23 (m <sup>2</sup> )

Area total de entrada de ar (m <sup>2</sup> )	
f =	0,65
$A_{TE} = \frac{A_{LE}}{f}$	
A.T.E.	1,98 (m <sup>2</sup> )

Area total de saída de ar (m <sup>2</sup> )	
f =	0,65
$A_{TS} = \frac{A_{LS}}{f}$	
A.T.S.	1,89 (m <sup>2</sup> )

RESULTADOS - ESCOLHA DAS GRELHAS

Extração de ar quente

Grelhas 1000x1000mm -20dB  
 Área útil: 1,00 m<sup>2</sup>  
 Grelhas 1320x1100mm -20dB  
 Área útil: 1,45 m<sup>2</sup>

Área útil de extração de ar quente = 2,45 m<sup>2</sup> Cumpre a área necessária

Admissão de ar fresco

Portas 2100x2000mm -35dB  
 Área: 4,41 m<sup>2</sup>  
 Área útil de ventilação: 2,23 m<sup>2</sup>

Cumpre a área necessária

Local	Distância (m)	S (kVA)	FP	Método de instalação	Condutor	Isolamento	Tipo de cabo	Secção Fase (mm <sup>2</sup> )	Secção Neutro (mm <sup>2</sup> )	Proteção	Ib (A)	In (A)	Iz'	Fator Correção	Iz	Ib S In Iz	Iz (A)	Iz ≤ 1,45 Iz	Queda de Tensão (V)	Queda de Tensão (%)	Queda de Tensão (%) < 5%	Resistência do cabo (Ω)	Icc máx (kA)	PdC (kA)	Icc min (kA)
Gerador - Q.T.C	30	165	1	Ref.F. ColH5	Cobre	PVC	RW-K 3x95 + 2x95	95	95	Disjuntor	238	250	275	1	275	VERDADEIRO	325	VERDADEIRO	2,1783	0,94710%	OK	0,011368	20,23	25,00	4,36
Q.T.C - Q.G.É	20	165	1	Ref.F. ColH5	Cobre	PVC	RW-K 3x95 + 2x95	95	95	Disjuntor	238	250	275	1	275	VERDADEIRO	325	VERDADEIRO	1,4522	0,63140%	OK	0,007579	30,35	40,00	5,64

[E] QUADRO 52-C9

Condições admissíveis, em ampères, para os métodos de referência E, F e G (de acordo com o quadro 624)

Condutores isolados a poliolefino de vinilo (PVC) para:

- cobre
- temperatura da alma condutora: 70°C
- temperatura ambiente: 30°C

Quadro 52H

Exemplos de modos de instalação

Exemplo	Designação	Ref#	Método de ref#(1)	
			3	4
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) fixados às paredes	11	C	
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) fixados aos tetos	11A	C [3]	
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) em canais de cabos não perfurados	12	C [2] (3)	
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) em canais de cabos perfurados	13	E ou F [4] (3)	
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) em consolas	14	E ou F [4] ou [3] (2) (3)	G
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) fixados por braçadeiras e atados aos elementos da construção	15	E ou F [4] ou [3] (2) (3)	G
	Cabos mono ou multicondutores (com ou sem armadura) em escadas (para cabos)	16	E ou F [4] ou [3] (2) (3)	G
	Cabos mono ou multicondutores auto-suportados ou suspensos por fladores	17	E ou G	

[E] QUADRO 52-E1

Factores de correcção para agrupamento de cabos de diversos circuitos ou de vários cabos multicondutores, instalados ao ar, lado a lado, em camada simples.

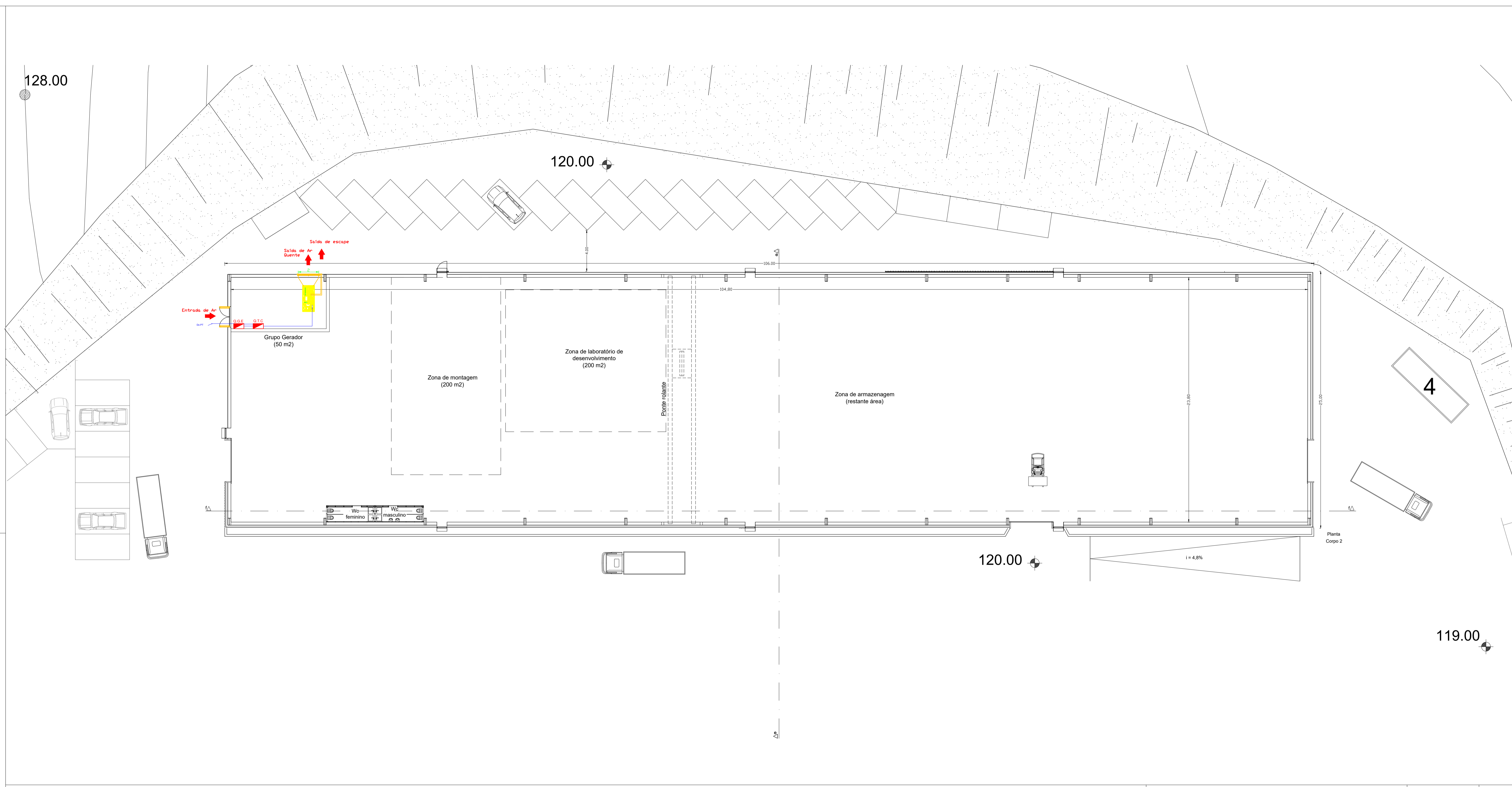
(a aplicar aos valores dos quadros 52-C7 a 52-C14)

Ref#	Disposição dos cabos	Factor de correcção												Quadros a métodos de referência
		N.º de circuitos ou de cabos multicondutores												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Encastados ou embutidos em electrobancos da construção	1,00	0,80	0,70	0,65	0,66	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	52-C7 a 52-C14 A, B, F
		1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,71	0,70	O factor de correcção não diminui a partir de 9 cabos				
2	Sobre as paredes ou pisos de apoio da construção	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,71	0,70	O factor de correcção não diminui a partir de 9 cabos				52-C1 a 52-C6 C
		0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
3	Nos tetos	1,00	0,88	0,82	0,77	0,76	0,73	0,73	0,72	0,72				52-C7 a 52-C12 E, F
		1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				
4	Sem canalizações sobre caminhos de cabos, horizontais, perfurados ou verticais	1,00	0,88	0,82	0,77	0,76	0,73	0,73	0,72	0,72				52-C7 a 52-C12 E, F
		1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				
5	Storre escaladas (para cabos), consolas, etc.	1,00	0,87	0,82	0,77	0,76	0,73	0,73	0,72	0,72				

Cálculo exatidão impedância do transformador (Ztransf.)	0,016	n
Tensão de CC (fabricante)	0,04	

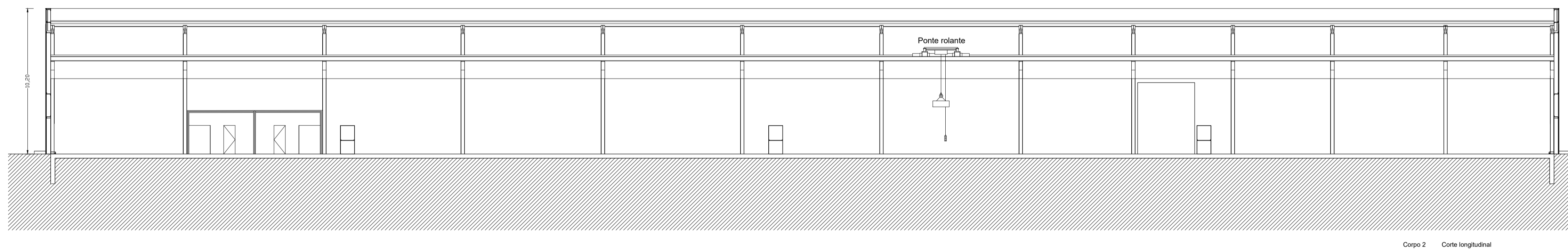
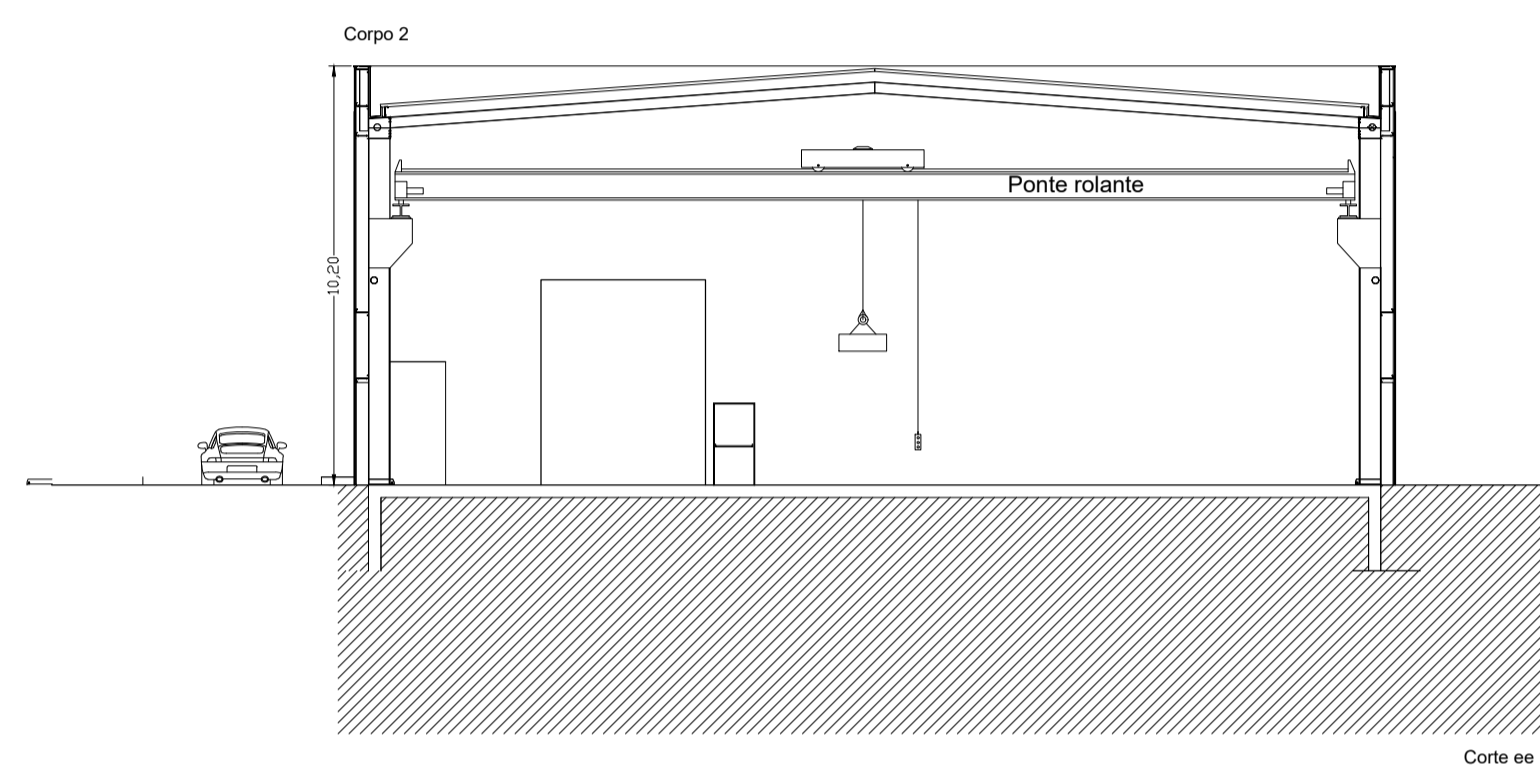
Secção nominal dos condutores (mm <sup>2</sup> )	Cabos multicondutores			Cabos monocondutores					
	Dois condutores carregados(1)	Três condutores carregados(1)	Dois condutores carregados	Três condutores carregados em triângulo	Sem afastamento(2)	Horizontal	Vertical		
Mét. ref# =>	E	E	F	F	F	G	G		
Coluna =>	1	2	3	4	5	6	7		
1,5	22	18,5	-	-	-	-	-		
2,5	30	25	-	-	-	-	-		
4	40	34	-	-	-	-	-		
6	51	43	-	-	-	-	-		
10	70	60	-	-	-	-	-		
16	94	80	-	-	-	-	-		
25	119	101	131	110	114	146	130		
35	148	126	162	137	143	181	162		
50	180	153	196	167	174	219	197		
70	232	196	251	216	226	281	254		
95	282	238	304	264	275	341	311		
120	328	276	352	308	321	396	362		
150	379	319	406	356	372	456	419		
185	434	364	463	409	427	521	480		
240	514	430	546	485	507	615	569		
300	593	497	629	561	587	709	659		
400	-	-	754	656	689	852	795		
500	-	-	868	749	789	982	920		
630	-	-	1 005	855	905	1 138	1 070		

(1) - Para S ≤ 16 mm<sup>2</sup>, admitiu-se que os condutores eram de secção circular e para S > 16 mm<sup>2</sup>, de secção sectorial (aplicável também a condutores de secção circular).  
(2) - Afastamento não inferior ao diâmetro exterior do cabo monocondutor (De).

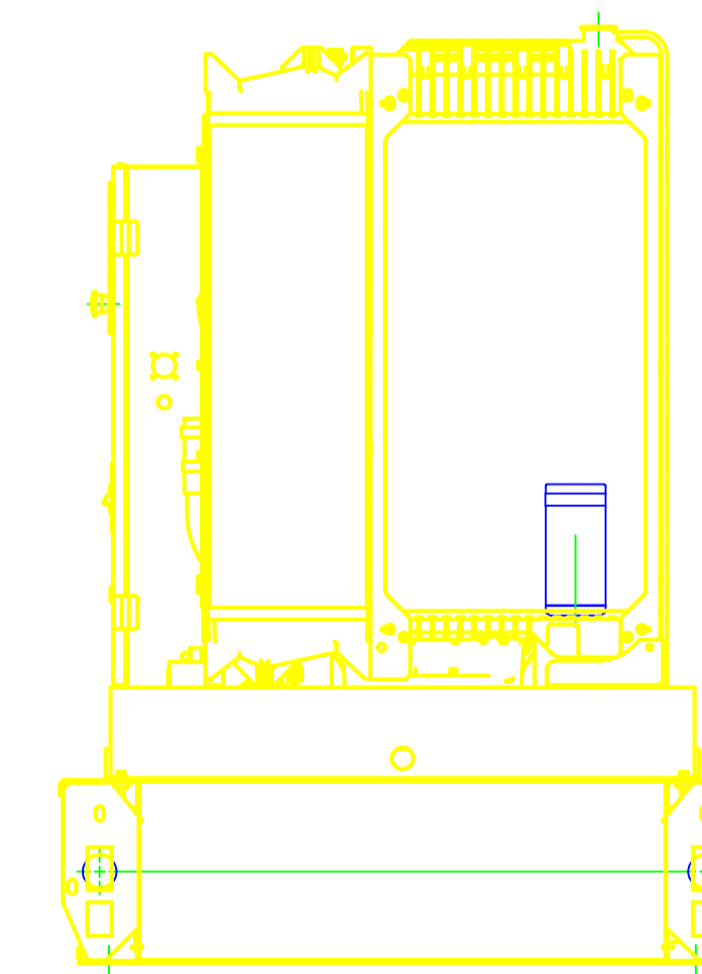
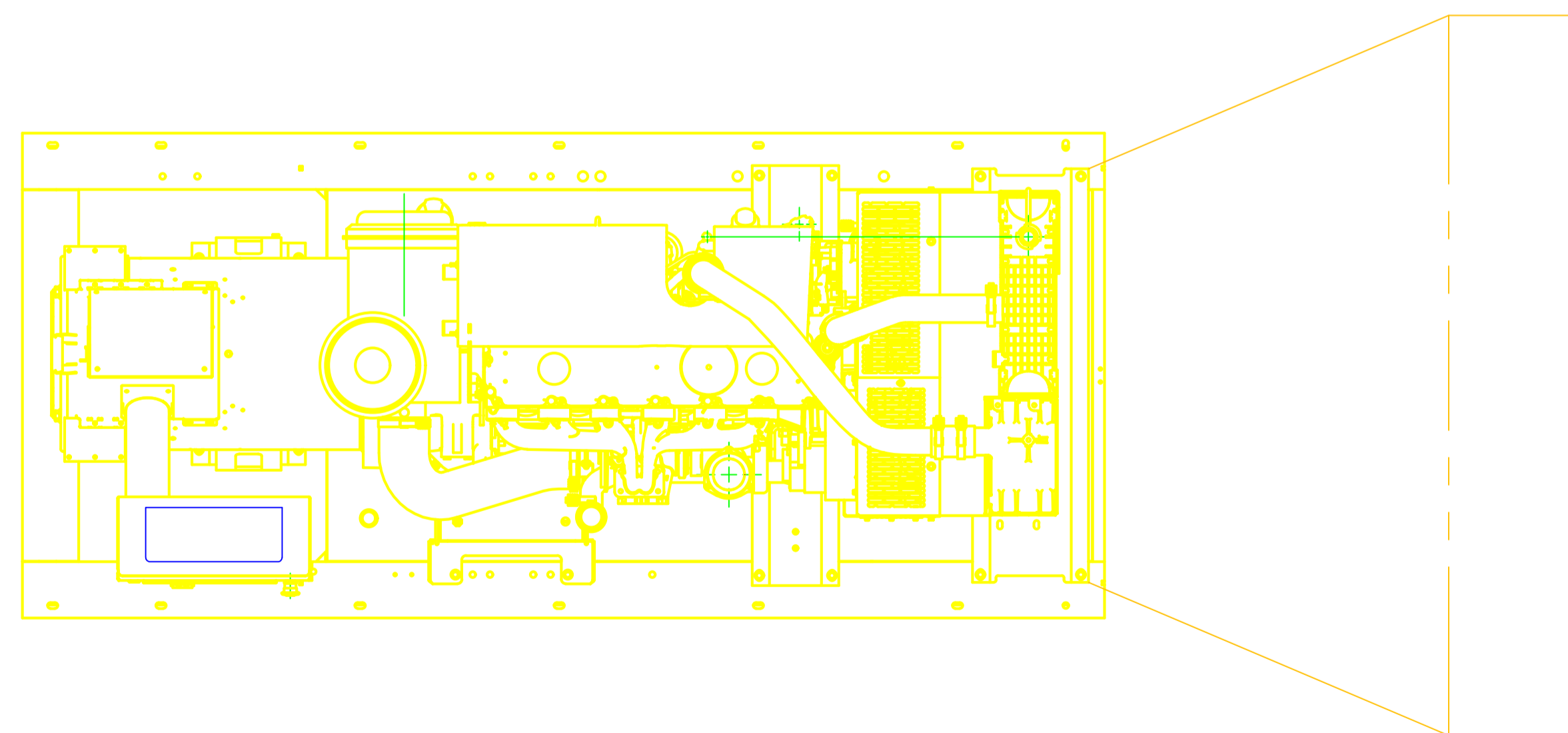
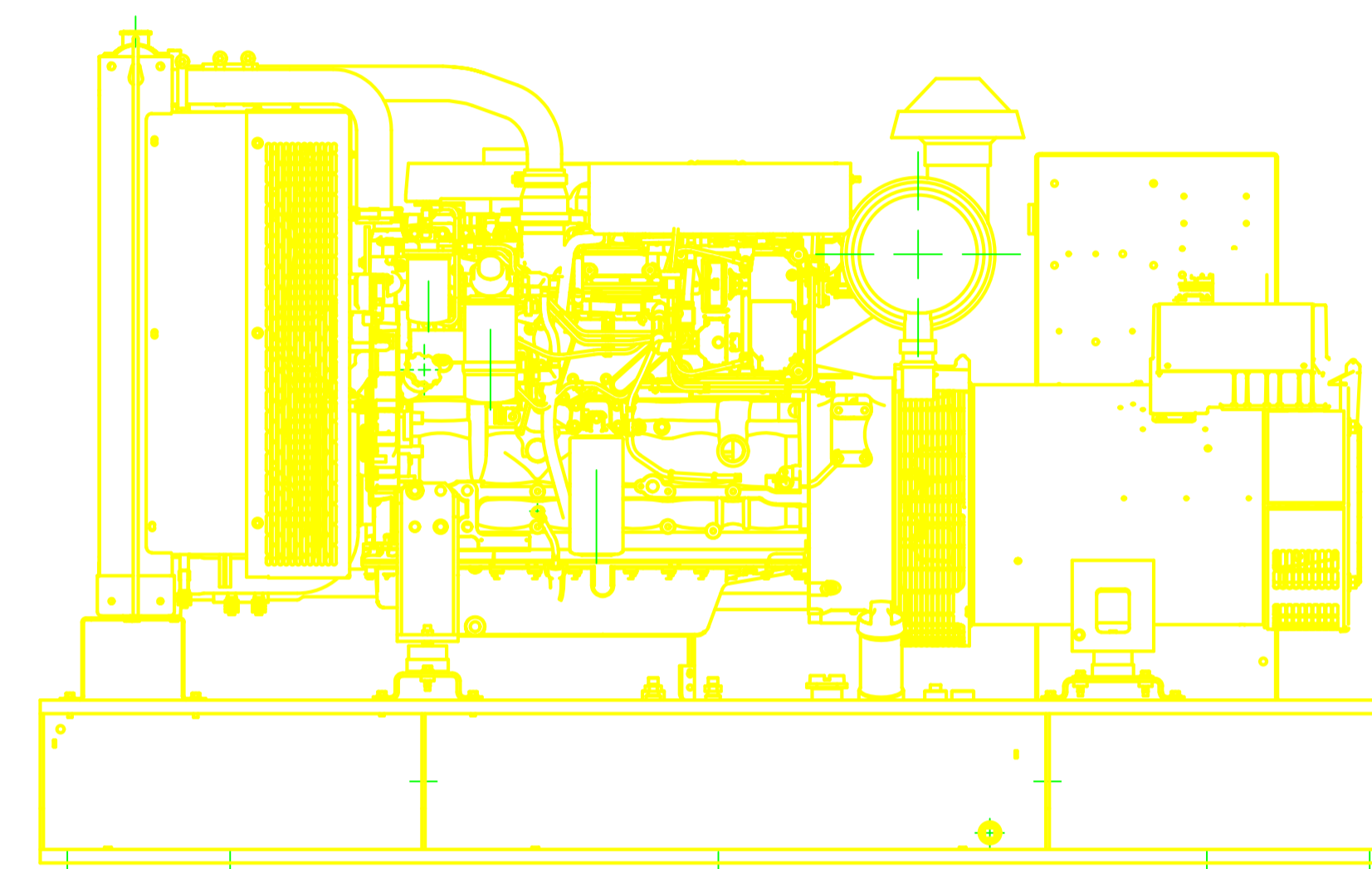
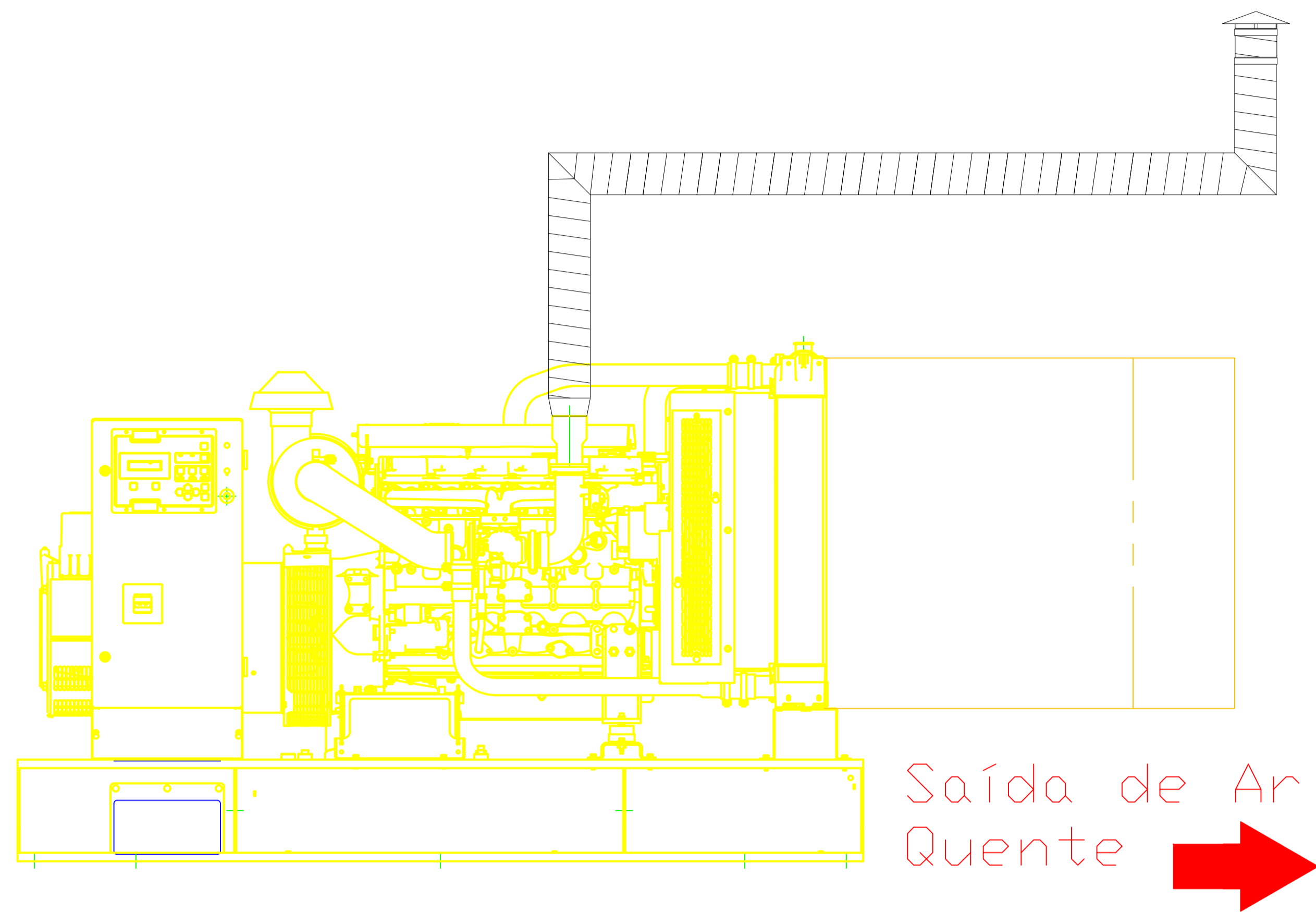


- Legenda:**
- 4\_Acesso trabalhadores
  - 6\_Arquivo de apoio a recepção
  - 7\_Wc: complementar fem e masc.
  - 8\_Entrada de matéria - prima
  - 10\_Circulação de veículos
  - 11\_Linha de montagem de tubos

REQUERENTE: TEDSEE	ESCALA: 1:100	 <b>01</b>
TITULO: Unidade industrial	FASE: Corpo 2	
LOCALIDADE: Porto	DATA: 31/05/2022	
DESENHO: Planta do Piso (Área Técnica Grupo Gerador)		
TECNICO RESP: —		
APROVOU: —		



REQUERENTE:	TEDSEE	ESCALA:	1:200	 FOLHA Nº <b>02</b>
TÍTULO:	Unidade industrial	LOCALIDADE:	Porto	
DESENHO:	Corte cc/ Corte dd	FASE:	Corpo 2	
TÉCNICO RESP.:	—	DATA:	31/05/2022	
APROVOU:	—			

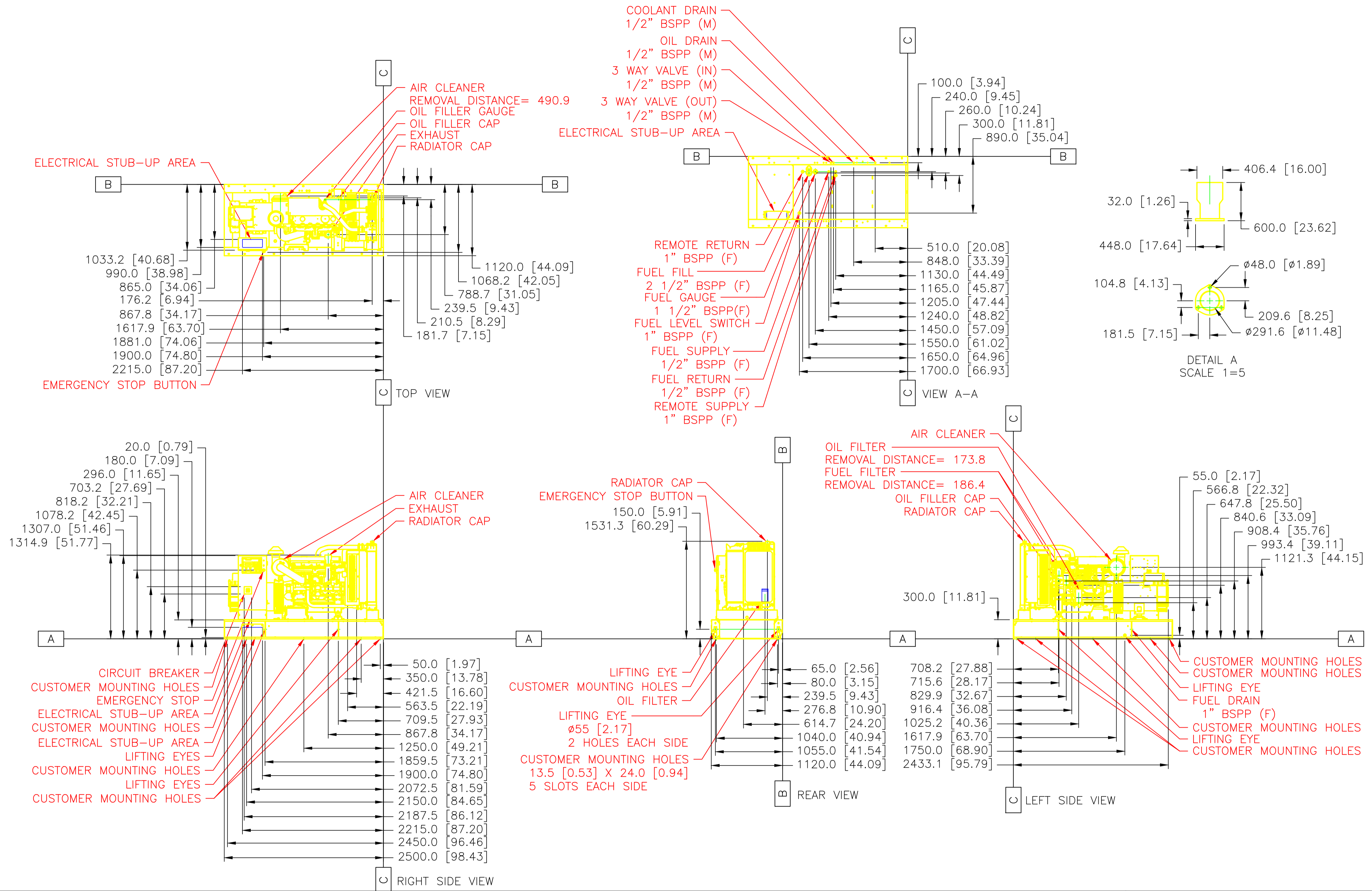


Legenda:

- 4\_Acesso trabalhadores
- 6\_Armoio de apoio a recepção
- 7\_W.a: complementar ferra e masc.
- 8\_Entrada de matéria - prima
- 10\_Circulação de veículos
- 11\_Linha de montagem de tubos

REQUERENTE:	TEDSEE
TÍTULO:	Unidade industrial
LOCALIDADE:	Porto
DESENHO:	Ventilação & Escape Gerador
TECNICO RESP.:	—
APROVOU:	—

ESCALA:	1:100
FASE:	Corpo 2
DATA:	31/05/2022

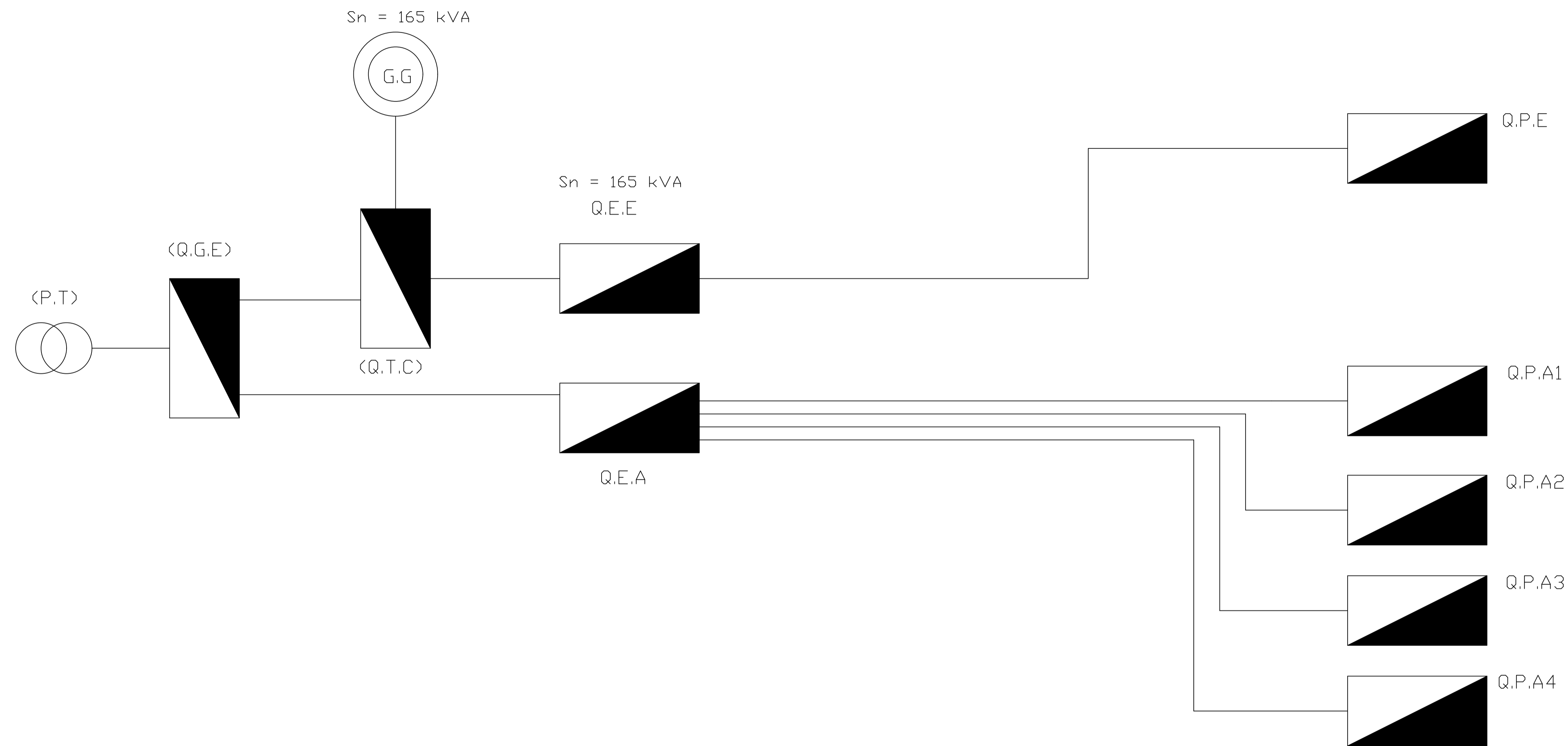


**Legenda:**

- 4\_Acesso trabalhadores
- 6\_Armoio de apoio a recepção
- 7\_W.c. complementar ferra e misc.
- 8\_Entrada de matéria - prima
- 10\_Circulação de veículos
- 11\_Linha de montagem de tubos


REQUERENTE: TEDSEE	ESCALA: 1:100	FOLHA Nº
TÍTULO: Unidade industrial	FASE: Corpo 2	
LOCALIDADE: Porto	DATA: 31/05/2022	04
DESENHO: Dimensões Grupo Gerador		
TECNICO RESP: --		
APROVADO: --		

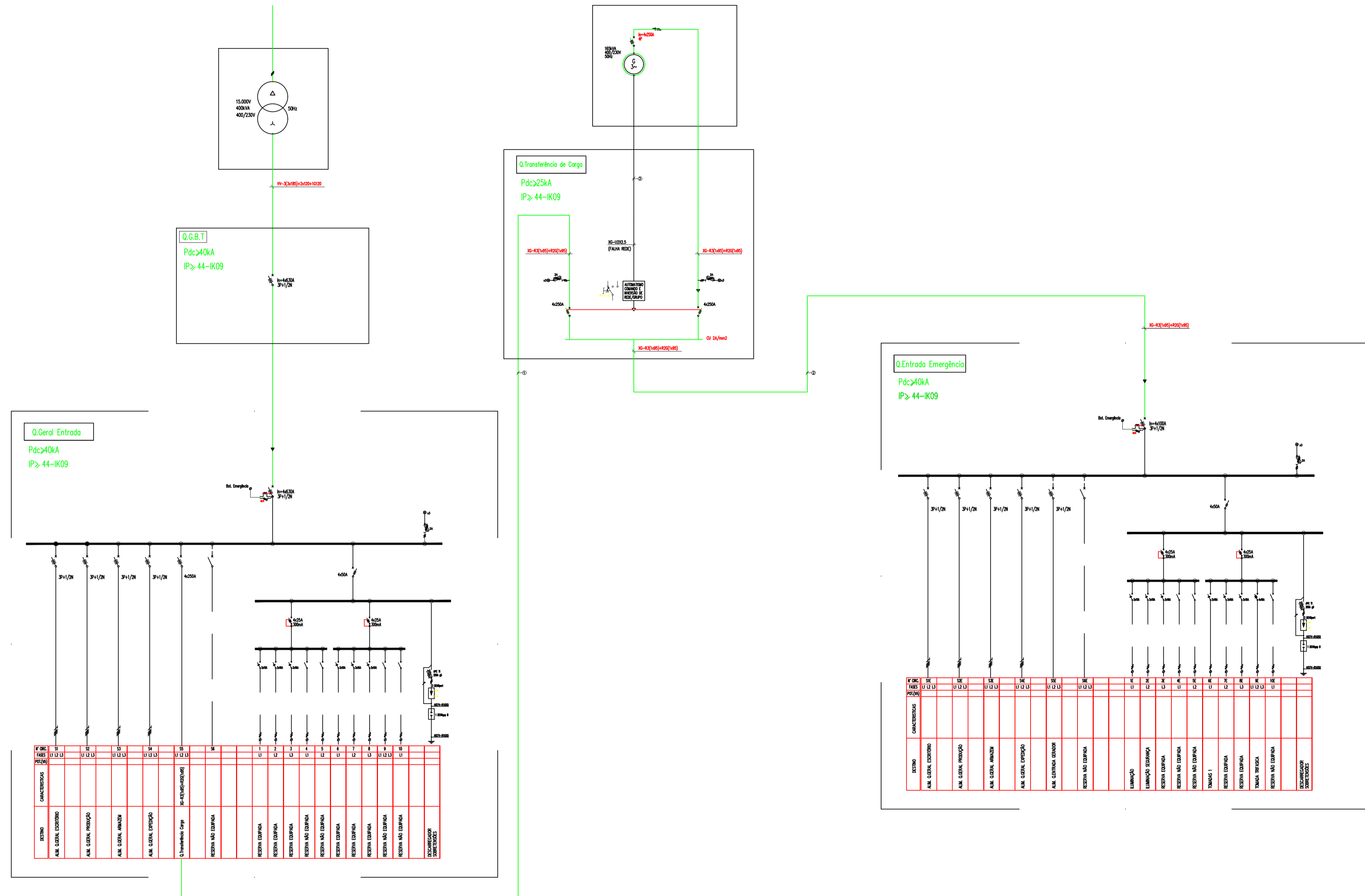
# Diagrama de interligação de quadros



**Legenda:**

- 4\_Acesso trabalhadores
- 6\_Arquivo de apoio a recepção
- 7\_W.c. complementar fcm e masc.
- 8\_Entrada de matéria - prima
- 10\_Circulação de veículos
- 11\_Linha de montagem de tubos

REQUERENTE:	TEDSEE	ESCALA:	1:100	 <b>05</b>
TÍTULO:	Unidade Industrial	FASE:	Corpo 2	
LOCALIDADE:	Porto	DATA:	31/05/2022	
DESENHO:	Esquema Unifilar Quadros Elétricos			
TECNICO RESP.:	—			
APROVOU:	—			



- Legenda:**
- 4\_Acesso trabalhadores
  - 6\_Amuro de apoio a recepção
  - 7\_W.c. complementar fem e masc.
  - 8\_Entrada de matéria prima
  - 10\_Circulação de veículos
  - 11\_Linha de montagem de tubos

REQUERENTE:	TEDSEE	ESCALA:	1:100
TÍTULO:	Unidade Industrial	LOCALIDADE:	Porto
DESENHO:	Interligação Quadros Elétricos	FASE:	Corpo 2
TECNICO RESP.:	—	DATA:	31/05/2022
APROVOU:	—	FOLHA Nº:	06