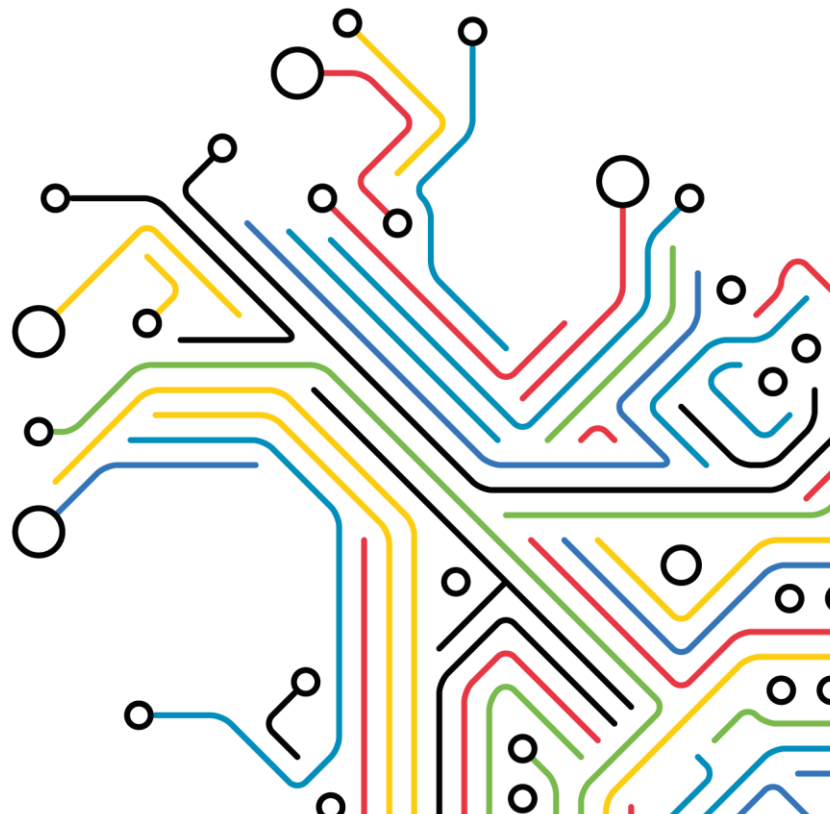




Determinação de Perfis de Perdas a partir dos de Fatores de Ajustamento para Perdas aprovados para 2024

Relatório

Dezembro 2023





Controlo Documental

Identificação Documento

Nome Projeto	Perfis Perdas 2024
Ordem Interna	PP2023-0076
Título Documento	Determinação de Perfis de Perdas a partir dos de Fatores de Ajustamento para Perdas aprovados para 2024
Nome do Ficheiro	Relatório Perfis Perdas FA 2024 Dezembro v2S

Controlo Versões

Edição	Revisão	Data	Descrição	Revisor
Versão v1		20.12.2023	Base	J. Nuno Fidalgo
Versão v2		27.12.2023	revisão	João Saraiva

Responsável pelo Documento

Nome	Contacto
J. Nuno Fidalgo	jfidalgo@inesctec.pt
João Paulo Saraiva	jsaraiva@fe.up.pt

Lista de Distribuição

Entidade	Nome
E-REDES	Anderson Soares
E-REDES	Manuel Henrique Alves
E-REDES	Sérgio Ferreira Gonçalves



Índice

1	Enquadramento e Objetivos	4
2	Metodologia	4
2.1	Determinação de perfis de perdas	4
2.2	Determinação de perfis de perdas a partir dos fatores de ajustamento para perdas	7
2.3	Estimação das perdas globais	8
3	Parâmetros gerais usados no estudo	8
3.1	Resultados	10
4	Síntese e conclusões	11
5	Referências	12
6	Anexo A – Perfis de perdas.....	13
7	Anexo B – Análise dos dados disponibilizados	14

1 Enquadramento e Objetivos

O presente relatório diz respeito à determinação dos perfis de perdas de 2024, decorrente da atualização dos perfis de consumo BTN e IP e a revisão das projeções de evolução da procura de energia elétrica por tipo (MAT, AT, MT, BTE, BTN e IP). Os fatores de ajustamento para perdas para 2024, determinados em [3], foram aprovados pela ERSE [4]. Este relatório apresenta os resultados da aplicação da metodologia (diretiva ERSE N.º 19/2023) para determinação de perfis de perdas a partir dos fatores de ajustamento para perdas aprovados, considerando simultaneamente as atualizações referidas.

2 Metodologia

2.1 Determinação de perfis de perdas

A determinação dos perfis de perdas, a partir dos perfis de consumo e dos valores típicos de perdas por nível de tensão, é realizada com base nos seguintes passos principais:

1. Estimação dos diagramas médios representativos de cada tipo de consumidor para o ano em causa;
2. Agregação de consumos segundo o nível de tensão (BT, MT e AT) e determinação dos perfis anuais de consumo, considerando naturalmente a sua adaptação ao calendário do ano em causa. Na BT, serão considerados separadamente os perfis de consumo BTN, BTE e IP;
3. Determinação de perfis de consumo adaptados ao calendário do ano em causa, a partir de diagramas típicos mensais (dia útil, Sábado e Domingo). Substituição do perfil de consumo em dias feriados pelo perfil do Domingo do mês correspondente;
4. Determinação de um perfil único para o nível BT (necessário para realizar o cálculo das perdas), tendo em consideração a representatividade de cada grupo (consumo associado a cada perfil) no universo da BT. Segundo requisito da ERSE, deve existir um perfil de perdas único para toda a BT, a ser aplicado a todos os consumidores BT, independentemente do perfil de consumo a que pertencem;
5. Classificação de cada intervalo (15 min) do ano segundo o tipo de período horário (Pontas, Cheias, Vazio ou Super-vazio);
6. Determinação do perfil de perdas MAT e do perfil de perdas AT/RNT a partir dos valores médios de perdas por período horário - esta informação é disponibilizada pela REN;
7. Determinação dos perfis de perdas a partir dos perfis de consumo, das perdas base e do balanço de energia estimado. Para cada nível de tensão, as perdas serão distribuídas, pelo diagrama global anual respetivo, proporcionalmente ao quadrado do consumo quarto-horário de acordo com (1).

$$p(h) = \frac{E^2(h)}{\sum_{m,d,h} E^2(h)} \cdot p_b \cdot \sum_{m,d,h} E(h) \quad (1)$$

Nesta expressão:

- $p(h)$ – perdas (MWh) atribuídas ao intervalo h (15 min);
- p_b – perdas de referência (%) consideradas no nível de tensão em análise;
- $E(h)$ – consumo (MWh) no intervalo h ;



Note-se que $\sum_{m,d,h} E(h)$ representa o consumo total do diagrama sob análise e o produto $p_b \cdot \sum_{m,d,h} E(h)$ representa as perdas totais (MWh) que serão distribuídas em cada intervalo quarteiro-horário do diagrama tendo em conta a proporção $\frac{E^2(h)}{\sum_{m,d,h} E^2(h)}$.

No nível BT, $E(h)$ engloba todos os consumidores dos tipos BTN, BTE e IP. No nível MT, $E(h)$ agrupa todos os consumidores MT, bem como os consumos BT afetados das respetivas perdas. No nível AT, $E(h)$ inclui os consumidores do tipo AT e os consumos MT e BT afetados das respetivas perdas.

Finalmente, para cada nível de tensão, os perfis de perdas são dados pelo quociente entre as perdas e o consumo em cada intervalo de 15 min, tendo em conta a expressão (2).

$$Pf_p(h) = \frac{p(h)}{E(h)} \quad (2)$$

Nesta expressão $Pf_p(h)$ representa o perfil de perdas no intervalo h .

Nos perfis de perdas, os valores em cada intervalo de 15 min indicam a percentagem do consumo a associar a cada tipo de consumidor, de modo avaliar a energia necessária para suprir a carga em questão incluindo as perdas associadas a esse nível de tensão. Assim, assumindo a referência MAT, obtêm-se as expressões seguintes:

$$E_e^{MAT}(h) = E_c^{MAT}(h) \cdot (1 + Pf_p^{MAT}(h)) \quad (3)$$

$$E_e^{AT}(h) = E_c^{AT}(h) \cdot (1 + Pf_p^{AT}(h)) \cdot (1 + Pf_p^{AT/RNT}(h)) \quad (4)$$

$$E_e^{MT}(h) = E_c^{MT}(h) \cdot (1 + Pf_p^{MT}(h)) \cdot (1 + Pf_p^{AT}(h)) \cdot (1 + Pf_p^{AT/RNT}(h)) \quad (5)$$

$$E_e^{BT}(h) = E_c^{BT}(h) \cdot (1 + Pf_p^{BT}(h)) \cdot (1 + Pf_p^{MT}(h)) \cdot (1 + Pf_p^{AT}(h)) \cdot (1 + Pf_p^{AT/RNT}(h)) \quad (6)$$

em que:

$E_e^{MAT}(h)$ – Energia a injetar na MAT, necessária para alimentar a carga $E_c^{MAT}(h)$, no intervalo h^1 ;

$E_e^{AT}(h)$ – Energia a injetar na MAT, necessária para alimentar a carga $E_c^{AT}(h)$, no intervalo h ;

$E_e^{MT}(h)$ – Energia a injetar na MAT, necessária para alimentar a carga $E_c^{MT}(h)$, no intervalo h ;

$E_e^{BT}(h)$ – Energia a injetar na MAT, necessária para alimentar a carga $E_c^{BT}(h)$, no intervalo h ;

$Pf_p^{MAT}(h)$ - Perfil de perdas MAT no intervalo h (para consumidores MAT) – representa as perdas na rede MAT²;

$Pf_p^{AT/RNT}(h)$ - Perfil de perdas MAT no intervalo h (para consumidores AT, MT e BT) – representa as perdas nos transformadores MAT/AT;

¹ Os perfis de perdas encontram-se definidos numa base de 15 min. Nestas expressões, h representa qualquer destes intervalos.

² Os perfis Pf_p^{MAT} e $Pf_p^{AT/RNT}$ são propostos pela REN.



$Pf_p^{AT}(h)$ - Perfil de perdas AT no intervalo h ;

$Pf_p^{MT}(h)$ - Perfil de perdas MT no intervalo h ;

$Pf_p^{BT}(h)$ - Perfil de perdas BT no intervalo h ;

2.1.1 Inclusão de um termo de perdas fixas

Alguns equipamentos do sistema elétrico de energia apresentam consumos que são independentes do nível de consumo da rede pelo que se podem assumir como constantes. Estão nestas condições as perdas no ferro dos transformadores e o consumo dos equipamentos de contagem e dos fusíveis.

A partir da estimativa do montante de perdas fixas (p_{fixa} , em MWh) fornecida pelo ORD, e das perdas globais $p_b \cdot \sum_{m,d,h} E(h)$, determina-se a parte variável das perdas p_{var} utilizando (7).

$$p_{var} = p_b \cdot \sum_{m,d,h} E(h) - p_{fixa} \quad (7)$$

A componente quarto-horária das perdas fixas obtém-se, dividindo o total de perdas fixas pelo número de intervalos a considerar: 35040, para anos comuns e 35136 para ano bissexto. Por exemplo para 2024 (ano bissexto) seria:

$$p_{fixa}(h) = p_{fixa} / 35136 \quad (8)$$

A fase seguinte consiste na distribuição quadrática da componente variável das perdas (p_{var}), seguindo o mesmo processo descrito na secção anterior.

$$p_{var}(h) = \frac{E^2(h)}{\sum_{m,d,h} E^2(h)} \cdot p_{var} \quad (9)$$

As perdas totais em cada intervalo obtêm-se pela adição das duas componentes (10).

$$p(h) = p_{fixa}(h) + p_{var}(h) \quad (10)$$

Finalmente, para cada nível de tensão, os perfis de perdas são dados pelo quociente entre as perdas e o consumo em cada intervalo de 15 min:

$$Pf_p(h) = \frac{p(h)}{E(h)} \quad (11)$$

em que $Pf_p(h)$ representa o perfil de perdas no intervalo h .

2.1.2 Inclusão do efeito da produção distribuída

A produção distribuída (PD) instalada no sistema tem aumentado e espera-se que continue a crescer, o que terá o efeito de alterar os trânsitos de energia na rede de distribuição, caracterizados em termos médios pelos perfis de consumo. Nesta abordagem, o impacto da produção distribuída considera-se a partir das alterações que provoca nestes perfis.

Pressupostos considerados na metodologia:

- Estando a maioria da PD na AT ligada diretamente às subestações MAT/AT, o seu efeito predominante será na MAT, o que é irrelevante para a caracterização dos diagramas de consumo típicos da distribuição.
- Os maiores produtores MT estão ligados nas subestações AT/MT. Assim, o efeito da PD MT deverá ser contabilizado na AT.

- A PD BT encontra-se tipicamente nos locais de consumo, pelo que o seu efeito deverá ser contabilizado nos perfis da BT considerando valores líquidos entre consumo e produção ao nível dos consumos.

Nestas condições, a inclusão do efeito da PD pode ser efetiva a partir dos passos:

1. Determinação dos perfis típicos da PD por nível de tensão.
2. Determinação do diagrama de carga por nível de tensão.
3. Subtração do diagrama da PD ao diagrama de carga respetivo. No caso da BT, o diagrama da microprodução será subtraído ao diagrama de consumo da BT.
4. Os novos diagramas de consumo serão depois utilizados tal como os originais.

2.2 Determinação de perfis de perdas a partir dos fatores de ajustamento para perdas

A metodologia aqui apresentada para determinação de perfis de perdas foi aprovada pela ERSE [5].

A construção dos perfis de perdas a partir dos fatores de ajustamento para perdas é realizada através dos seguintes passos:

1. Com base nos fatores de ajustamento aprovados pela ERSE e na previsão de consumos por nível de tensão, estimar as perdas por nível de tensão e por período horário:

$$p^{BT}(ph) = fp^{BT}(ph) \cdot E_c^{BT}(ph) \quad (16)$$

$$p^{MT}(ph) = fp^{MT}(ph) \cdot E_s^{MT}(ph) \quad (17)$$

$$E_s^{MT}(ph) = E_c^{MT}(ph) + E_c^{BT}(ph) \cdot (1 + fp^{BT}(ph)) \quad (18)$$

$$p^{AT}(ph) = fp^{AT}(ph) \cdot E_s^{AT}(ph) \quad (19)$$

$$E_s^{AT}(ph) = E_c^{AT}(ph) + E_s^{MT}(ph) \cdot (1 + fp^{MT}(ph)) \quad (20)$$

em que:

ph – período horário (Ponta, Cheia, Vazio ou Super-Vazio)

$p^{BT}(ph)$ – Perdas na BT no período horário ph

$fp^{BT}(ph)$ – Fator de ajustamento para perdas da BT no período horário ph

$E_c^{BT}(ph)$ – Consumo BT no período horário ph

$p^{MT}(ph)$ – Perdas na MT no período horário ph

$fp^{MT}(ph)$ – Fator de ajustamento para perdas da MT no período horário ph

$E_s^{MT}(ph)$ – Energia de saída da MT no período horário ph. Corresponde ao consumo MT adicionado do consumo BT afetado de perdas (tal como especifica a eq. (18)).

$E_c^{MT}(ph)$ – Consumo MT no período horário ph

$fp^{AT}(ph)$ – Fator de ajustamento para perdas da AT no período horário ph

$E_s^{AT}(ph)$ – Energia de saída da AT no período horário ph. Corresponde ao consumo AT adicionado da energia de saída da MT afetada de perdas (tal como especifica a eq. (20)).

$E_c^{AT}(ph)$ – Consumo AT no período horário ph

2. Para cada nível de tensão e para cada período horário, as perdas serão distribuídas pelo período horário respectivo, proporcionalmente ao quadrado do consumo quarto-horário de acordo com (21).

$$p(h) = \frac{E^2(h)}{\sum_{ph} E^2(h)} \cdot p^{NT}(ph) \quad (21)$$

Nesta expressão:

$p(h)$ – perdas (MWh) atribuídas ao intervalo h (15 min)

$E(h)$ – consumo (MWh) no intervalo h

$p^{NT}(ph)$ – Perdas no nível de tensão NT no período horário ph

Note-se que a expressão (21) é semelhante à expressão (1), no sentido em que ambas utilizam o princípio da distribuição quadrática. No entanto, em (1), a distribuição das perdas é realizada para todo o diagrama de consumo de cada nível de tensão, enquanto em (21) esta distribuição é realizada por cada período horário.

Finalmente, para cada nível de tensão, os perfis de perdas são dados pelo quociente entre as perdas e o consumo em cada intervalo de 15 min, tendo em conta a expressão (22).

$$Pf_p(h) = \frac{p(h)}{E(h)} \quad (22)$$

Desta forma assegura-se a consistência entre os perfis de perdas e os fatores de ajustamento aprovados.

2.3 Estimação das perdas globais

A estimativa das perdas globais na rede de distribuição será realizada com base no balanço energético previsional para 2024, em conjugação com a informação relativa aos perfis dos consumidores e respetivos perfis de perdas. Esta abordagem incluirá as seguintes fases principais:

1. Construção dos diagramas perfilados de cada tipo de consumidor (AT, MT, BTE, BTN e IP). Esta construção é realizada distribuindo a energia anual associada a cada tipo de consumidor de acordo com o respetivo perfil;
2. Afetação de perdas associando cada diagrama perfilado ao correspondente perfil de perdas, e obtendo o diagrama da energia que seria necessário introduzir em MAT para suprir a carga em questão e as perdas associadas;
3. Agregação da energia total dos diagramas perfilados;
4. Agregação da energia total dos diagramas perfilados afetados das perdas;
5. Cálculo das perdas globais, que resultam da diferença entre os valores obtidos nos dois pontos anteriores.

3 Parâmetros gerais usados no estudo

Esta secção apresenta os parâmetros gerais utilizados no presente estudo, sendo destacados, naturalmente, os fatores de ajustamento para perdas, a partir dos quais serão determinados os perfis de perdas correspondentes.



O balanço energético foi atualizado relativamente ao apresentado em [2], assim como os perfis de consumo da BTN e da IP.

A Tabela 3-1 apresenta os valores do balanço previsional considerado para 2024, sendo o consumo global previsto cerca de 46001 GWh.

Tabela 3-1 – Dados do balanço energético previsional utilizados no estudo

Tipo	E (GWh)
MAT	2461
AT	6825
MT	14708
BTE	3311
BTN	17948
IP	748

Os fatores de ajustamento para perdas aprovados pela ERSE para 2024 [4] encontram-se transcritos na Tabela 3-2:

Tabela 3-2 – Fatores de ajustamento para perdas aprovados para 2024

	Ponta	Cheia	Vazio	Super vazio
γ_{MAT}	1.27%	1.25%	1.39%	1.31%
$\gamma_{AT/RNT}$	1.70%	1.67%	1.86%	1.75%
γ_{AT}	1.67%	1.56%	1.25%	1.14%
γ_{MT}	4.74%	4.35%	3.46%	3.07%
γ_{BT}	9.64%	8.97%	8.27%	6.57%

3.1 Resultados

Os resultados apresentados nesta secção dizem respeito à nova versão dos perfis de perdas, que inclui a consideração do termo fixo das perdas e a inclusão do efeito da PD.

3.1.1 Perfis de perdas

A figura seguinte apresenta, a título ilustrativo, os perfis para março e setembro.

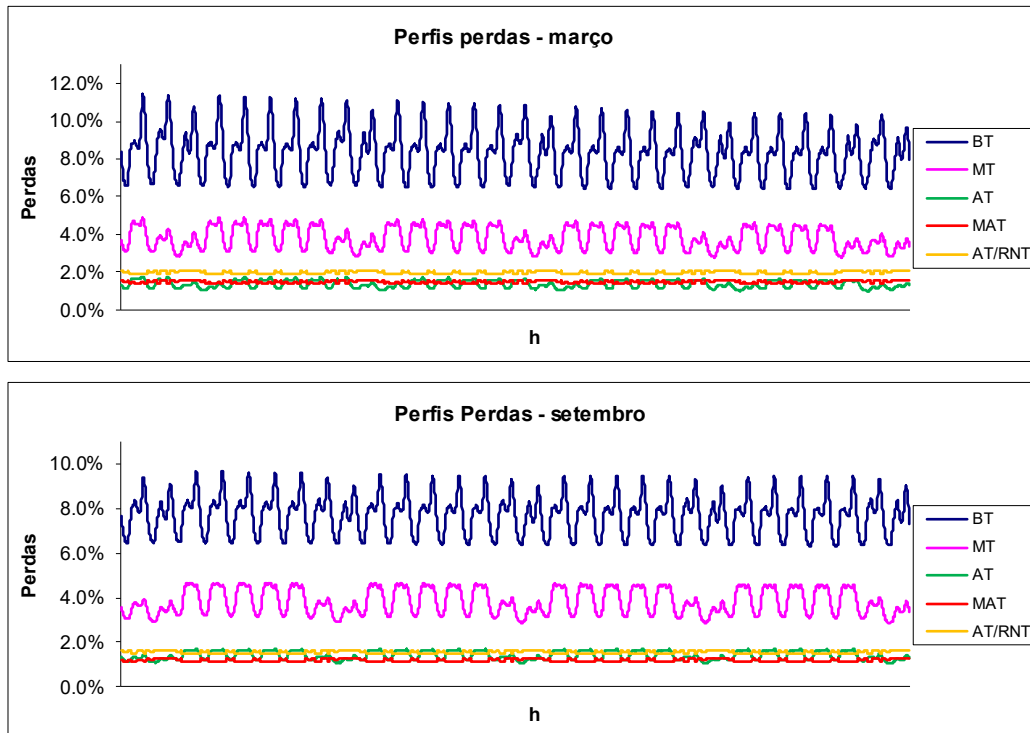


Figura 3.1 – Perfis de perdas (ilustração)

3.1.2 Estimação das perdas globais

A estimativa das perdas globais encontra-se sintetizada na Tabela 3-3 a qual também inclui os montantes previstos em termos de Energia de Saída (consumo), Energia de Entrada (consumo adicionado das perdas).

Tabela 3-3 – Perdas globais estimadas

Referências anteriores	Energia saída (GWh)	Energia entrada (GWh)	Perdas (%)
MAT	46001	50985	10.83%
AT	43540	47654	9.45%
Nova referência	Entrada na rede de distribuição		8.63%



Note-se que as perdas percentuais são um pouco mais elevadas que as apresentadas em [2]. Isto deve-se à atualização do balanço, o qual prevê uma maior percentagem do consumo na BTN, que é o nível de tensão em que as perdas são mais elevadas.

4 Síntese e conclusões

Este relatório descreve os estudos desenvolvidos para responder aos seguintes objetivos fundamentais:

- Obtenção de perfis de perdas a partir dos fatores de ajustamento para perdas;
- Estimação das perdas globais como meio elementar de validação dos perfis obtidos. As perdas foram calculadas com base, por um lado, nos perfis de perdas determinados e, por outro lado, com base nos fatores de ajustamento para perdas;

Os valores globais esperados das perdas resultaram em 9.45% para a referência AT, 10.83% para a referência MAT e 8.63% para a nova referência de perdas (Energia de entrada na AT).



5 Referências

- [1] INESC TEC, “Revisão do processo de determinação dos Perfis de Perdas”, Referência: PP2022-0156, Porto, 11 de maio de 2022
- [2] J. Nuno Fidalgo, João Paulo Saraiva, “Determinação de Perfis de Perdas a partir dos de Fatores de Ajustamento para Perdas aprovados para 2024”, INESC TEC, Relatório técnico, Projeto Perfis_PerdasFA, Novembro 2023.
- [3] J. Nuno Fidalgo, João Paulo Saraiva, “Metodologia para determinação de Perfis de Perdas e de Fatores de Ajustamento para Perdas”, INESC TEC, Relatório técnico, Projeto Perfis_PerdasFA, Setembro 2023.
- [4] ERSE, Diretiva N.º 21/2023, “Tarifas e preços para a energia elétrica e outros serviços em 2024”, dezembro 2023.
- [5] ERSE, Diretiva N.º 19/2023, “Metodologia de construção de perfis de perdas nas redes de distribuição no setor elétrico”, dezembro 2023.
- [6] J. Nuno Fidalgo, José Rui Ferreira, Manuel Matos, “Perfis de Perdas – Determinação de perfis de perdas e de fatores de ajustamento para perdas para 2023 – Relatório final”, Relatório intercalar, Centro de Sistemas de Energia – INESC TEC, novembro de 2022.
- [7] ERSE, Regulamento das Relações Comerciais dos Setores Elétrico e do Gás, Novembro de 2020.
- [8] ERSE, Guia de Medição, Leitura e Disponibilização de Dados, Janeiro de 2016.
- [9] J. Nuno Fidalgo, Manuel A. Matos, “Perfis de perdas - Determinação de perfis de perdas e de fatores de ajustamento para perdas para 2019”, Relatório final, INESC TEC, novembro de 2018
- [10] REN, “Perfis de perdas 2024 - Proposta REN.xlsx”, ficheiro Microsoft Excel contendo os valores de perdas de referência MAT e RNT/AT propostos pela REN, junho 2023
- [11] EDP Distribuição, “Análise do Impacto da Produção Embebida Ligada na Rede de Distribuição AT nas Perdas de Energia”, Direção de Planeamento de Rede (DPL), junho 2013
- [12] INESC TEC, “Estimação do impacto da produção distribuída nas perdas da rede de distribuição”, Projeto LossPD – Relatório final, Dezembro de 2019
- [13] IPMA, “Boletim Climático Portugal Continental Março 2020”, “2021”, “2022”, ISSN 2183-1076, <https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/>



6 Anexo A – Perfis de perdas

Este anexo foi disponibilizado em suporte eletrónico.



7 Anexo B – Análise dos dados disponibilizados