



Nuno Filipe Esteves Azevedo da Silva

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores -
ISEP

Habitações em CC – Uma Mudança de Paradigma em Direção a Uma Maior Eficiência Energética

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia de Energias Renováveis

Orientador: Cristina Inês Camus, Professora Adjunta,
ISEL

Co-orientador: Mário Ventim Neves, Professor Auxiliar,
FCT

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Luís Figueira de Brito Palma

Arguente: Prof. Doutor Pedro Miguel Ribeiro Pereira

Vogal: Prof. Doutora Cristina Inês Camus



Março de 2017

[Título de Habitações a CC – Uma Mudança de Paradigma em Direção a Uma Maior Eficiência Energética]

Copyright © Nuno Filipe Esteves Azevedo da Silva, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Começo por agradecer à minha orientadora, Professora Dr.^a Cristina Inês Camus, pela confiança em mim e no tema proposto, tal como pelo incentivo que permitiram direcionar e realizar este projeto.

Um grande obrigado a todos os docentes que me acompanharam nesta fase académica, que começou como sendo um Mestrado em Energias Renováveis – Conversão Elétrica e Utilização Sustentável (MERCEUS) e evoluiu para o Mestrado em Engenharia das Energias Renováveis (MEER), quero agradecer-lhes pelos ensinamentos passados, académicos e não só, que me irão ser de grande valia na nova etapa que me espera.

Um agradecimento especial à minha família pela confiança, pelo apoio incondicional e pela presença ao longo deste período tão importante da minha vida.

Um obrigado a todos os meus colegas e amigos que de um modo ou outro me ajudaram a seguir para a frente neste projeto. Obrigado!

Agradeço, também, a todos os que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

O óbvio é aquilo que ninguém enxerga, até que alguém o expresse com simplicidade.

Khalil Gibran

Resumo

Todas as pessoas, a um certo nível, estão dependentes da energia, sendo que uma das formas de energia à qual mais estamos habituados é a energia elétrica em Corrente Alternada (CA), de tal forma é esta habituação que nem pensamos que tipo de energia elétrica estamos a usar em nossas casas, assumimos que seja CA e sempre deva ser CA.

O grande objetivo desta dissertação é dizer que não tem obrigatoriamente de ser assim, existem outras formas de gerar, transportar e consumir energia elétrica, isto é, utilizar a energia elétrica em Corrente Contínua (CC), e esta forma de utilização de energia elétrica pode mesmo trazer consigo diversas vantagens, sendo algumas dessas vantagens um comprovado aumento da Eficiência Energética (EE), menor necessidade de equipamentos conversores, melhor qualidade de energia consumida ou mesmo um menor risco para a saúde, resultante de uma menor exposição a campos eletromagnéticos.

Embora seja vantajosa a utilização de CC, como é possível ver na dissertação esta utilização nem sempre é a mais viável, sendo apontados aspetos a mudar e um rumo a seguir de modo a promover a utilização de CC e com isto uma maior EE.

Num momento em que se fala, e se discutem soluções, de Energias Renováveis (ER), EE, *microgrids*, *smart grids*, edifícios *Net Zero Energy Buildings* (NZEB) e *Internet of Things* (IoT), pretende-se estudar as vantagens e desvantagens que a utilização de CC poderia trazer, tal como analisar os normativos existentes, em maior pormenor o normativo Português, de modo a analisar que alterações devem ser consideradas quando se pretende fazer um projeto de infraestrutura elétrica de uma habitação em CC ao invés de CA.

É igualmente dado grande ênfase ao estudo do estado político ao qual se pode associar a implementação da energia elétrica em CC, pois mesmo que em termos técnicos a CC se apresente como a melhor solução, sem a devida conjuntura política e social a melhor solução não se consegue desenvolver e difundir com tanta facilidade.

Palavras-chave: Corrente Contínua, Eficiência Energética, Habitação, Infraestrutura Elétrica, Saúde.

Abstract

Every person, to a certain extent, depends on energy, being one of the forms of energy that we are all most familiar with the electric Alternated Current (AC) energy, we are familiar with it to such extent that we no longer think what kind of electric energy we are using in our households, we assume that it's AC and it will always be AC.

The ultimate goal of this dissertation is to state that it doesn't have to be this way, there exist other ways to produce, transport and consume electrical energy, doing it in Direct Current (DC), and this other way of using electric energy may bring various advantages, such as a rise in Energy Efficiency (EE), less need of converters, higher energy quality or even lesser health risks, resultant of a cut back on electromagnetic fields exposure.

Although the use of DC power has many advantages, as you may see on this dissertation its use may not always be viable, being pointed aspects that should change and a path that should be followed in order to promote the use of DC power and with it a higher energy efficiency.

In a time when you hear a lot a talk and discussion on solutions about Renewable Energy, EE, microgrids, smart grids, Net Zero Energy Buildings (NZEB) and Internet of Things (IoT), this dissertation intends to study advantages and disadvantages that the use of DC might bring, as well as analyze existing normative, in greater detail the Portuguese electrical normative (RTIEBT), in order to see witch changes should be considered, project wise, in order to design an electric infrastructure project in DC instead of AC.

It's equally given great emphasis to the study of the political state to witch it's possible to associate the implementation of DC power, given that even if in technical terms DC power is more advantageous, without the right political and social conjuncture, DC power won't be able to thrive as easily.

Keywords: Direct Current, Energy Efficiency, Household, Electrical Infrastructure, Health.

Índice de Matérias

1. Introdução.....	1
1.1 Introdução	1
1.1.1 EQUIPAMENTOS DE UMA HABITAÇÃO	2
1.1.2 ESCOLHA DE CA	11
1.1.3 REGULAMENTAÇÃO EM VIGOR	12
1.1.4 MOMENTO ATUAL	15
1.1.5 IMPORTÂNCIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	16
1.1.6 PESO DO CONSUMO DE EDIFÍCIOS	18
1.1.7 EFEITOS NA SAÚDE.....	20
1.2 Contexto e Motivação	21
1.3 Objetivos e Contribuições	22
1.4 Organização da Dissertação	23
2. Estado da Arte	25
2.1 CC e CA	25
2.1.1 CORRENTE CONTÍNUA	26
2.1.2 CORRENTE ALTERNADA	26
2.1.3 PERDAS NOS CABOS.....	27
2.2 DC Microgrids.....	29
2.3 Tecnologias e Conceitos Complementares	32
2.3.1 NZEB	33
2.3.2 IOT E IOE	34
2.3.3 SMART GRIDS	35
2.4 Tendências na Evolução dos Equipamentos Elétricos	36
2.5 Casos de Estudo de Infraestrutura em CC	38
2.5.1 NEXTEK POWER SYSTEMS	39
2.5.2 MOIXA TECHNOLOGY	40
3. Estado Político	43
3.1 2020.....	43
3.2 2050.....	44
3.2.1 MEDIDAS DE CONTINUIDADE COM 2020	45

3.2.2	MEDIDAS DE ROTURA COM 2020	45
3.3	SET Plan.....	46
3.4	Eficiência Energética em Portugal	48
3.4.1	PNAEE 2016	48
3.4.2	ECO.AP	50
3.5	Política CC	50
4.	Projeto Elétrico em CC para uma Habitação	53
4.1	Normativos	53
4.1.1	RTIEBT	53
4.1.2	EMERGE ALLIANCE	57
4.1.3	CÓDIGO DE INSTALAÇÃO DE INFRAESTRUTURA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA EM CORRENTE CONTÍNUA EM BAIXA E MUITO BAIXA TENSÃO EM EDIFÍCIOS	58
4.2	Vantagens e Desvantagens de CC vs CA	59
4.2.1	VANTAGENS	59
4.2.2	DESVANTAGENS	60
4.2.3	OPORTUNIDADES E DESAFIOS	61
5.	Conclusões.....	63
	Bibliografia	67
	Anexo A – Excertos do RTIEBT relativos a diferenças entre CC e CA	

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Fornecimento total mundial de energia primária, emissão de CO ₂ , e estimativa de evolução, entre 1990 e 2030 [1].....	1
Figura 1.2 - Evolução dos <i>standards</i> de adaptadores de energia externos [3].....	3
Figura 1.3 - <i>Hans Free Electric</i>	7
Figura 1.4 - Gerador instalado numa habitação	8
Figura 1.5 - Sistema PV e eólico instalados numa habitação	8
Figura 1.6 - Diagrama de geração e consumo de energia [12].....	9
Figura 1.7 - Exemplo de instalação da <i>Tesla powerwall</i> [13].....	11
Figura 1.8 - Exemplos de instalações elétricas desatualizadas	16
Figura 1.9 - Tecnologias para redução das emissões de CO ₂ [18]	17
Figura 1.10 - Consumo de energia final por sector e mix de energia de edifícios em 2010 [23]	19
Figura 1.11 - Distribuição de consumos numa habitação (Total 2010=14.442 GWh)	19
Figura 1.12 - Fontes domésticas de campos eletromagnéticos [26].....	20
Figura 2.1 – Sentido da corrente elétrica	25
Figura 2.2 - Exemplo de CC	26
Figura 2.3 - Exemplo de CA	26
Figura 2.4 - Onda alternada sinusoidal e valores referência	27
Figura 2.5 - Exemplo de uma <i>Microgrid</i> [30].....	30
Figura 2.6 - Edifício Solar XXI [37].....	34
Figura 2.7 - Diferentes equipamentos ligados à IoT [41]	35
Figura 2.8 - Mudança da rede atual para uma smart grid [44].....	36
Figura 2.9 - Conversores internos e externos de equipamentos elétricos	37
Figura 2.10 - Ficha de conexão USB-C	38
Figura 2.11 - Nextek Power Server Module [32].....	39
Figura 2.12 - Solução maslow [33].....	40
Figura 2.13 - Solução implementada no projeto ERIC [33]	41
Figura 3.1 - <i>SET Plan</i> Integrado [54].....	47
Figura 3.2 - Áreas e programas do PNAEE 2016 [24]	49
Figura 3.3 - Barreira para utilização de equipamentos num diferente país.....	51
Figura 4.1 - Tomada elétrica com alimentação USB	56
Figura 4.2 - Estrutura base do standard da EMerge Alliance [58].....	58

Índice de Tabelas

Tabela 1.1 - Diferentes Níveis de EE para adaptadores [3]	4
Tabela 1.2 - Equipamentos elétricos de CC e CA.....	5
Tabela 1.3 - Perdas na rede de transporte nacional [21]	18
Tabela 4.1 - Tensões de referência no RTIEBT para CC e CA	55

Lista de Abreviaturas

BDCPM	<i>Brushless DC permanent magnet</i>
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CE	Comissão Europeia
CENELEC	Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
ECO.AP	Programa de eficiência Energética para a Administração Pública
EE	Eficiência Energética
EERA	<i>European Energy Research Alliance</i>
EIIs	<i>European Industrial Initiatives</i>
EM	Estados Membro
ER	Energias Renováveis
ERIC	<i>Energy Resources for Integrated Communities</i>
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
ESSE	Empresas de Serviços Energéticos
ETSI	<i>European Telecommunications Standards Institute</i>
FEE	Fundo de Eficiência Energética
FER	Fontes de Energia Renovável
FPC	Fundo Português de Carbono
GEE	Gases de Efeito Estufa
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IET	<i>Institution of Engineering and Technology</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
ISP	Imposto Sobre Produtos Petrolíferos e Energéticos
ISV	Imposto Sobre Veículos
ITED	Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios
IUC	Imposto Único de Circulação
lm	Lúmen
M2M	<i>Machine to Machine</i>
NZEB	<i>Net Zero Energy Buildings</i>

PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PNAER	Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis
PPEC	Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica
PV	Fotovoltaico
PRI	Período de Recuperação do Investimento
R	Resistência
RITA	Regulamento de Instalações Telefónicas de Assinante
rms	<i>root mean square</i>
RSICEE	Regulamento de Segurança de Instalações Coletivas de Edifícios e Entradas
RSIUEE	Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Elétrica
RTIEBT	Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão
SAREF	<i>Smart Appliances Reference Ontology</i>
SET Plan	<i>Strategic Energy Technology Plan</i>
tep	Tonelada Equivalente de Petróleo
TRS	Tensão Reduzida de Segurança
UE	União Europeia

Letras Gregas

η	Rendimento
ρ	Resistividade do material

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo introdutório é feita uma abordagem à forma como esta dissertação foi elaborada e como está organizada.

Na secção 1.1 apresenta-se a introdução da dissertação, abordando a evolução do consumo, os equipamentos eléctricos normalmente utilizados numa habitação, uma abordagem inicial aos motivos que levaram, e mantêm, a rede de transporte e distribuição de energia eléctrica a funcionar em Corrente Alternada (CA), a importância da Eficiência Energética (EE) no objetivo da diminuição do consumo de energias não renováveis, e o peso que o consumo eléctrico urbano representa no consumo eléctrico total. Na secção 1.2 apresenta-se o contexto e a motivação do estudo técnico, económico, financeiro e político da utilização de energia em Corrente Contínua (CC) no consumo doméstico. A secção 1.3 apresenta as contribuições e os objetivos a alcançar com este trabalho. Este capítulo termina com a secção 1.4 que apresenta a organização textual da dissertação.

1.1 INTRODUÇÃO

Desde o início da sua utilização que a evolução humana tem demonstrado uma grande dependência da energia, o que resulta em uma procura constante de combustíveis para a sua produção. O homem no seu quotidiano encontra-se bastante dependente da energia para a realização de variadas tarefas, desde as mais simples às mais complexas, isto leva a que a gestão dos recursos energéticos seja hoje um dos principais desafios a nível mundial.

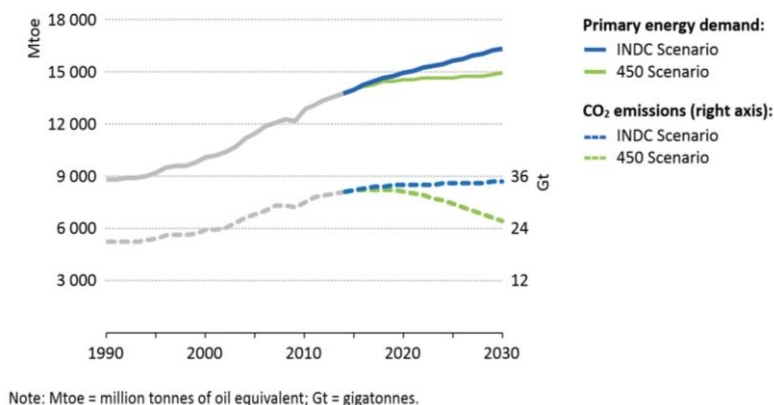


Figura 1.1 - Fornecimento total mundial de energia primária, emissão de CO2, e estimativa de evolução, entre 1990 e 2030 [1]

Neste sentido, e na necessidade constante de produção de energia eléctrica, tem-se recorrido cada vez mais às Energias Renováveis (ER) e ao aumento da EE dos equipamentos utilizados, que para além de ajudar a satisfazer as necessidades de energia, também revela uma preocupação ambiental e ecológica.

Além da importância de disponibilidade de energia e preocupação ambiental, existe outro aspeto muito relevante nas decisões que envolvem o tema da energia, a componente económica, sendo de recordar que Portugal é um país que se caracteriza por consumos de energia crescentes e forte dependência da importação de energia, nomeadamente combustíveis fósseis.

Na procura de uma melhor, mais ecológica e eficiente tecnologia de conversão de energia, muitas diferentes tecnologias têm aparecido tendo como fonte de energia o sol, o vento ou as marés. Destas, a tecnologia mais utilizada para microgeração em habitações é a fotovoltaica (PV), que converte diretamente a energia solar em energia elétrica em forma de CC, que posteriormente é transformada em energia elétrica em forma de CA de modo a ser consumida (em grande parte por equipamentos que seriam mais eficientes funcionando diretamente em CC). Uma das limitações desta tecnologia passa pela necessidade de armazenamento de energia no período em que há irradiação solar, para ser consumida quando necessária. Normalmente os diagramas de geração e consumo encontram-se desfasados.

A adoção de energias renováveis, como a PV ou a eólica, para a produção de energia veio acabar com o paradigma de que a produção de energia deveria ser feita por via de grandes centrais termoelétricas ou barragens. Contudo ainda existem bastantes paradigmas na área da energia que precisam ser ultrapassados, tal como o paradigma de que as habitações são consumidoras de energia.

Embora até ao momento este aspeto seja em grande parte verdadeiro, muitas habitações dispõem do potencial para serem microprodutoras de energia para a rede, tal como casas de férias ou habitações com grande área de exposição solar, assim não acontece agora devido, entre outros fatores, à perda dos incentivos para a instalação de microgeração (a atual legislação favorece o autoconsumo, já não existindo os incentivos para vender energia gerada a partir de microgeração à rede, e sendo os preços de venda de energia à rede por parte de privados muito inferiores aos de compra de energia a empresas distribuidoras por parte dos mesmos), pelo que se torna mais vantajoso consumir menos do que injetar energia na rede.

A microgeração nos centros urbanos traz consigo diversos benefícios, de entre os quais se realça uma diminuição da carga no transporte e distribuição de energia, o que representaria uma diminuição das perdas [2]. Considerando que a energia proveniente desta produção seria em CC, o seu consumo em CC garantiria uma maior EE.

Outro paradigma existente é o de que a infraestrutura elétrica nas habitações deve ser projetada e instalada a pensar somente em CA, esta dissertação tem por objetivo desmontar esse paradigma. Como simples exemplos da possibilidade das habitações funcionarem totalmente em CC temos as autocaravanas e iates, que permitem todo o conforto de uma normal habitação e têm como fonte primária de energia baterias que disponibilizam energia em CC.

1.1.1 Equipamentos de uma Habitação

Até ao momento, os diversos equipamentos que utilizamos nas nossas habitações têm-se adaptado à energia que está disponível nas mesmas, CA. Desde esta normalização que se tem verificado um crescente aumento de equipamentos existentes numa habitação que necessitam de transformar a energia de CA em CC para que funcionem, este ponto é igualmente verdadeiro na vertente da produção de energia, neste caso a transformação já tem de ser de CC para CA.

Podemos dividir os equipamentos existentes nas nossas habitações em três grandes grupos em virtude das suas características energéticas, os que consomem energia, os que produzem energia, e os que armazenam energia.

Consumo

Existe uma grande variedade de equipamentos elétricos que dispomos em nossas casas e que utilizamos para melhorar o conforto com que vivemos. Estes equipamentos podem ser tão simples como uma lâmpada que nos ilumina um espaço ou mais complexos como o portátil que me ajudou a escrever esta dissertação, podendo até passar por uma poltrona de massagens, ideal para descontraír após um longo dia de trabalho.

Entre os equipamentos eletrónicos com que equipamos os nossos lares, cada vez mais nos deparamos com a necessidade dos mesmos possuírem um adaptador de energia externo, sendo este adaptador uma fonte de perdas de energia, (um modo extremamente simples de constatar as perdas é verificar o aumento de temperatura do equipamento, se o adaptador aquece, ele perde energia).

Inicialmente os adaptadores não tinham de cumprir requisitos quanto à sua eficiência, contudo à medida que a sua popularidade foi aumentando e as agências governamentais se aperceberam da possível poupança energética ao melhorar a EE destes equipamentos, foram criados normativos com o intuito de aumentar a EE dos adaptadores.

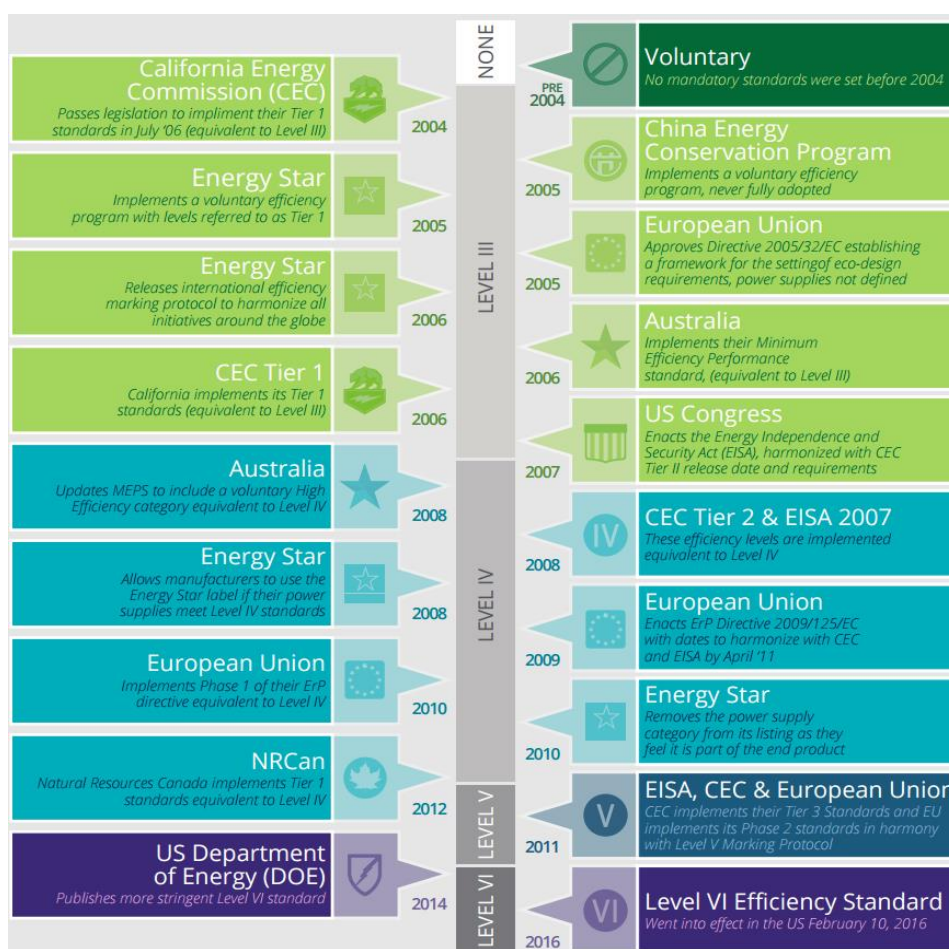


Figura 1.2 - Evolução dos standards de adaptadores de energia externos [3]

Atualmente na União Europeia (UE) o *standard* em vigor é o V, que obriga a que os adaptadores quando ligados à tomada, e não fornecendo energia a outro equipamento, consumam no máximo 0,5W, e fornecendo energia a outro equipamento a eficiência mínima deva variar de acordo com a potência e o nível de tensão do equipamento. Conforme apresentado na tabela seguinte.

Tabela 1.1 - Diferentes Níveis de EE para adaptadores [3]

Nível	Requisitos de Potência Sem Carga	Requisitos de Eficiência Média
I	Usado caso não se atinja nenhum dos restantes critérios	
II	Nunca estabelecidos critérios	Nunca estabelecidos critérios
III	≤ 10 Watts: $\leq 0,5$ W de Potência sem Carga 10-250 Watts: $\leq 0,75$ W de Potência sem Carga	≤ 1 Watt: $\geq \text{Potência} \times 0,49$ 1-49 Watts: $\geq [0,09 \times \ln(\text{Potência})] + 0,49$ 49-250 Watts: $\geq 84\%$
IV	0-250Watts: $\leq 0,5$ W de Potência sem Carga	≤ 1 Watt: $\geq \text{Potência} \times 0,50$ 1-51 Watts: $\geq [0,09 \times \ln(\text{Potência})] + 0,5$ 51-250 Watts: $\geq 85\%$
V	Modelos de CA e CC com Tensão Nominal ($>6V_{out}$)	
	0-49 Watts: $\leq 0,3$ W de Potência sem Carga 50-250 Watts: $\leq 0,5$ W de Potência sem Carga	≤ 1 Watt: $0,48 \times \text{Potência} + 0,140$ 1-49 Watts: $[0,0626 \times \ln(\text{Potência})] + 0,622$ 50-250 Watts: $\geq 87\%$
	Modelos de CA e CC de baixa Tensão Nominal ($<6V_{out}$)	
	0-49 Watts: $\leq 0,3$ W de Potência sem Carga 50-250 Watts: $\leq 0,5$ W de Potência sem Carga	≤ 1 Watt: $0,497 \times \text{Potência} + 0,067$ 1-49 Watts: $[0,0750 \times \ln(\text{Potência})] + 0,561$ 50-250 Watts: $\geq 86\%$

Se tivermos em consideração um normal adaptador de telemóvel de nível V, tensão de saída de 5 V e 5 W de potência, o mesmo deverá ter uma potência em vazio igual ou inferior a 0,3 W (embora pouco, encontra-se constantemente a consumir energia), e quando a alimentar o telemóvel, o adaptador deve apresentar uma eficiência média mínima de 68,17%.

Devido à crescente componente de eletrónica que está presente nos equipamentos que utilizamos diariamente, cada vez mais podemos afirmar que a maioria dos equipamentos eletrónicos, tipicamente equipamentos com elevada eficiência, são capazes de trabalhar diretamente com CC. Eles necessitam apenas de um transformador e retificador à entrada para obter a tensão em CC que os permite funcionar corretamente, pelo que uma simples modificação dos mesmos permitiria o seu funcionamento diretamente em CC [4, 5, 6].

Embora alguns equipamentos necessitem de um conversor CC/CC de modo a ajustar a tensão necessária para o equipamento, o problema das harmónicas e fator de potência são eliminados [4] ou, no mínimo, bastante minimizados.

Na tabela 1.2 são analisados comuns aparelhos elétricos que se podem encontrar numa normal habitação, fazendo-se uma breve comparação de funcionamento entre CC e CA.

Tabela 1.2 - Equipamentos elétricos de CC e CA

Equipamento	Exemplo	Adaptador externo	Potência CA	Potência CC	Preço	Notas
Lâmpada CA	OSRAM PL-CN 111AC-1800-830 24 G1	Não	22,5 W - 1850 lm	---	45 €	---
Lâmpada CC	OSRAM PL-CN 111-1800-830- 24D-G1	Não	---	22.5 W - 1880 lm	33 €	---
Jarro elétrico CA	Philips HD 9320	Não	2200 W	---	31 €	Capacidade de 1,7 l
Jarro elétrico CC	Waeco MCK-750 Travel Kettle 12V	Não	---	24 V: 380 W	51 €	Demora uns 15 min a ferver a 0,75 l de água
Máquina de café CA	NESPRESSO DELONGHI INISSIA EN80.CW	Não	1260 W	---	99 €	---
Máquina de café CC	HANDCOFFEE AUTO	Sim	290 W	15 V: 140 W	100 €	---
Frigorífico	Dometic RMD 8505	Não	190 W	170 W	2 246 €	---
Aspirador CA	Tristar SZ-2174	Não	1000 W	---	41 €	---
Aspirador CC	Aspirador a 12 v CARBEST	Não	---	150 W	20 €	---
Telemóvel	SAMSUNG Galaxy A3 SS 2016	Sim	7,33 W	5 W	250 €	
Tablet	Tablet 9.6" SAMSUNG TAB E	Sim	13,05 W	10 W	200 €	
Computador portátil	Asus X556UF- XO007TB	Sim	74,71 W	65 W	800 €	
Secador de cabelo CA	Philips HP 8230	Não	2100 W	---	16 €	
Secador de cabelo CC	Secador portátil Wol 12v camping	Não	---	170 W	12 €	

Nesta tabela foram comparados alguns equipamentos cuja funcionalidade é a mesma, ou que podem ser alimentados diretamente por CC e dispõem de um adaptador externo.

Embora uma comparação neste formato não seja a ideal para estudar as diferenças de consumo, visto que diferentes equipamentos que desempenhem a mesma função podem-no fazer demorando mais ou menos tempo, ou ter outras funcionalidades extra que torne impossível a comparação. Esta comparação permite no mínimo uma avaliação inicial mais rude, sendo que em alguns casos até pode ser bastante explícita, como é o caso das lâmpadas aqui estudadas.

As lâmpadas apresentadas são da mesma marca e gama, sendo o fator diferenciador das mesmas o modo de alimentação, CC ou CA. Tendo a mesma potência, variam em termos de lm fornecidos, fornecendo a lâmpada alimentada por CC mais 1,6% lm com um preço de compra de 73,3% do preço da lâmpada alimentada por CA.

É estimado que cada versão de uma lâmpada que funcione diretamente em CC tenha um ganho em eficiência na ordem dos 4% à sua equivalente em CA [8].

No caso de pequenos equipamentos eletrônicos que dispõem de um adaptador externo, podemos constatar diretamente que consumiriam menos caso fossem diretamente alimentados por CC (além de não ser necessário adquirir o adaptador externo).

Outro elemento que é muito comum nos equipamentos elétricos de que dispomos é o motor elétrico, este é uma parte central de equipamentos como o aspirador, a varinha mágica ou a máquina de lavar.

Atualmente, é possível afirmar que os motores mais eficientes no mercado são os motores em CC *Brushless DC permanent magnet* (BDCPM), que evitam perdas por magnetização do rotor e apresentam menores perdas por aquecimento, o que por sua vez diminui indiretamente o consumo energético no local visto não existir tanta necessidade em refrigerar o mesmo. Os motores BDCPM necessitam de menos material na sua construção e operam a uma maior eficiência com baixas cargas que um motor de velocidade fixa [9].

Visto uma boa parte dos equipamentos elétricos possuir motor, uma mudança para motores BDCPM alimentados por CC permitiria um aumento na eficiência do equipamento. A atual desvantagem deste equipamento é o seu maior custo.

Decorrente de um estudo realizado em 2008, e tendo como base uma comparação de consumos entre o consumo de energia elétrica em CC e CA numa habitação com 4 residentes, calculou-se um consumo de 450 kWh/mês quando os equipamentos estariam preparados para funcionar em CA, e 310 kWh/mês quando os equipamentos estariam adaptados para funcionar em CC a uma tensão de 48V [4], sendo possível observar uma poupança de energia na ordem dos 31%. Nesta simples comparação podemos constatar o potencial de aumento da EE caso os equipamentos viessem adaptados para funcionar diretamente em CC, e as casas estivessem preparadas para os receber. Um outro estudo realizado mais recentemente, 2011, apresenta uma poupança no consumo de 8,5% quando instalados equipamentos que funcionam em CC em detrimento dos seus equivalentes a funcionar em CA [5].

Num estudo mais aprofundado feito sobre a utilização de CC, uma experiência realizada pela *Duke Energy* relativamente ao uso de energia elétrica em CC na alimentação de um *data center* de dimensão “média”, um dos resultados do estudo foi um aumento da eficiência energética na ordem dos 15% quando a funcionar em CC, sendo estimado um aumento de eficiência energética na ordem dos 10 a 30% para *data centers* de menores dimensões [6].

Outras vantagens reportadas quanto à utilização de equipamentos que funcionem diretamente em CC, além do aumento global da EE, passam pela redução da interferência eletromagnética e redução de perdas devido à ausência de potência reativa [4], estes equipamentos não geram problemas de fator de potência, problemas com sequência de fases, ângulo de disparo e frequência [10].

Resumindo, embora existam diversas vantagens na utilização de infraestrutura e equipamentos que funcionem diretamente em CC, a realidade atual é que a esmagadora maioria dos equipamentos está preparada para ser alimentada por CA, pelo que uma instalação híbrida em CA/CC, como é proposta em vários artigos, pode estar mais adequada ao momento atual, sendo que esta instalação reduziria múltiplas conversões de energia, seja na CC como na CA, e permitiria uma fácil ligação de equipamentos de CC ou CA em simultâneo [10].

Produção

Além do tradicional modo de obtenção de energia para as nossas habitações, ligação à rede elétrica nacional, existem outros meios de obtermos a energia necessária para alimentar os equipamentos elétricos de que dispomos nas nossas habitações.

Seja por um motivo de mais-valia económica, consciencialização ambiental, diminuição da dependência numa só fonte de energia ou aumento da qualidade da energia consumida, muitas pessoas têm optado por instalar equipamentos de geração de energia.

Esta microgeração de energia para uma habitação pode ser feita por recurso a um gerador movido a combustíveis fósseis, ou por fontes de energia renováveis, em que os painéis solares se destacam (em Portugal a própria EDP fornece serviços de instalação de sistemas solares [11]). Existem até soluções que juntam o exercício físico à geração de energia limpa, temos como exemplo a *Hans Free Electric*, criada pelo movimento *Billions in Charge*, que como podemos observar na Figura 1.3 é um equipamento em muito similar a uma bicicleta de ginásio otimizada para a produção de energia elétrica.



Figura 1.3 - *Hans Free Electric*

Como referido, uma possível solução energética alternativa é a instalação de um gerador que pode funcionar a gasolina, diesel ou biocombustível, (similar ao apresentado na Figura 1.4). Estas soluções costumam ser já estanques e de ligação direta à rede elétrica da habitação, sendo que o equipamento deverá disponibilizar na saída uma tensão em CA de 230 V, 50 Hz. Esta solução é mais fiável em termos de disponibilidade, pois podemos ligar o sistema quando necessarmos do mesmo, ou o próprio sistema pode ser automático e ativar-se quando identificar uma falha da energia da rede.



Figura 1.4 - Gerador instalado numa habitação

Já os sistemas de microgeração PV ou eólicos, (similares aos apresentados na Figura 1.5), passíveis de ser instalados numa habitação, disponibilizam primariamente a energia elétrica em CC, sendo necessário um inversor a jusante do mesmo de modo a transformar a energia para CA de modo a que seja utilizada. Esta necessidade de equipamento extra obriga a um maior investimento e aumenta o risco do sistema como um todo avariar.

Um dos pontos negativos deste tipo de sistemas é que, visto estarem dependentes de ER, das quais não é possível prever ao certo a disponibilidade, estes sistemas não garantem tanta certeza na disponibilidade de serviço como os geradores.



Figura 1.5 - Sistema PV e eólico instalados numa habitação

Armazenamento

Mesmo que não nos apercebamos, todos nós dispomos de equipamentos de armazenamento de energia nas nossas casas, desde as antigas, mas ainda existentes, bilhas de gás às baterias dos nossos equipamentos elétricos. De um modo ou de outro sempre armazenamos energia.

Com a mudança que temos vindo a observar relativamente a fontes de energia, mudança para renováveis, o armazenamento de energia tem vindo a ganhar maior importância. Ao contrário dos combustíveis fósseis, com as ER não controlamos quando e quanta energia iremos produzir, apenas podemos controlar quanta da energia disponível conseguimos absorver para a rede. O ideal seria toda!

Devemos portanto primar por colher o máximo de energia quando esta está disponível para a consumir quando dela necessitemos. Por esta razão, a importância do armazenamento de energia cresce com a implementação de fontes de ER, seja para autoconsumo como para produção a grande escala.

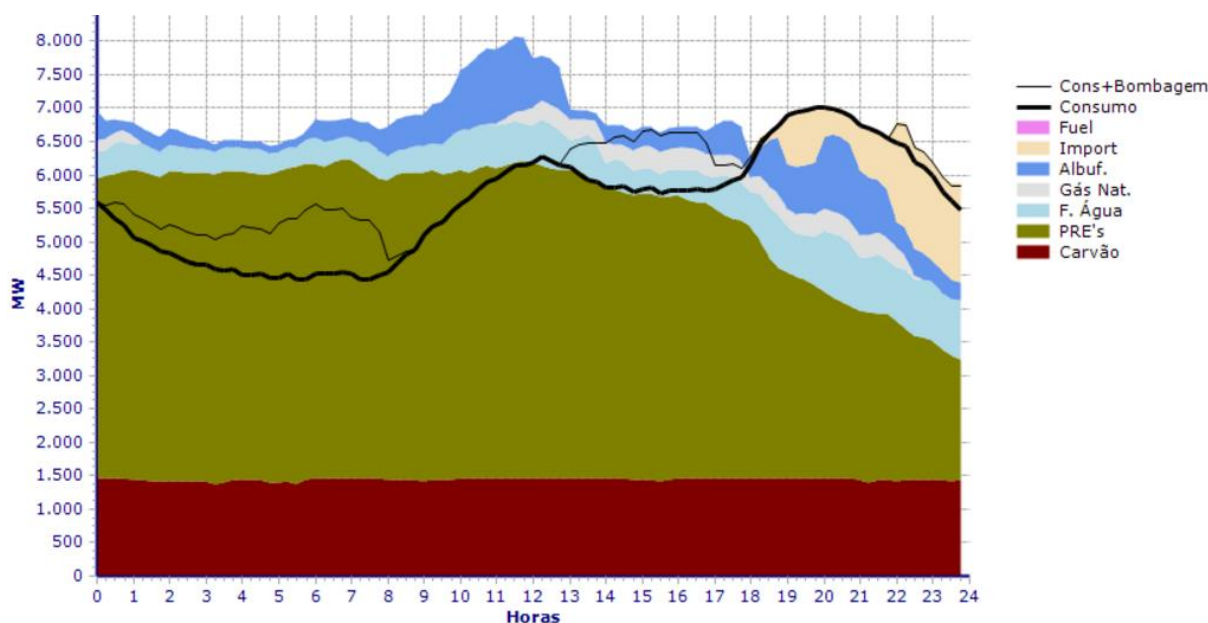


Figura 1.6 - Diagrama de geração e consumo de energia [12]

O diagrama representado na Figura 1.6 representa o consumo e geração de energia, por diferentes fontes, em Portugal num determinado dia do ano, (foi escolhido este diagrama pois a geração de energia a partir de combustíveis fósseis é relativamente linear, permitindo uma mais fácil análise da diferença de flutuações entre energia gerada a partir de fontes renováveis e o consumo).

Como podemos observar, a geração de ER não acompanha o consumo, sendo a certos momentos necessária bombagem nas barragens de modo a armazenar energia e noutros momentos importar energia de modo a responder às necessidades de consumo.

Este ponto aliado ao facto de também não ser possível controlar totalmente os consumos de energia, apenas os influenciar, leva-nos à necessidade de armazenar a energia gerada no risco de a vir a perder. Uma solução para este problema, que tem sido utilizada, passa pela bombagem de água para as albufeiras quando as eólicas fornecem energia que não é consumida.

Em todo o armazenamento, quanto maior for a quantidade pretendida armazenar maior poderá ser a eficiência no processo de armazenamento. Contudo, embora mais eficiente, levanta mais exigências técnicas, seja da unidade de armazenamento em si como da componente de transporte, isto é tão verdade com bens como alimentos, como com energia, em grandes quantidades temos armazéns ou barragens, em pequenas quantidades temos um frigorífico ou uma UPS.

Existem diversos modos de armazenar energia elétrica, sendo que o mais comum de encontrar é através de baterias elétricas. De modo a ter uma melhor ideia da variedade de escolha, são apresentadas as seguintes tecnologias de armazenamento de energia que são potenciais candidatas para instalação numa habitação:

- Baterias elétricas (de Chumbo, Lítio, Níquel Cádmio, etc...);
- Supercondensadores;
- Baterias de hidrogénio.

Todas as tecnologias aqui indicadas têm as suas diferenças, seja em termos do modo como armazenam a energia, eficiência no armazenamento ou tempo de vida estimado, contudo algo que têm em comum é o facto de na receção e posterior disponibilização de energia serem mais eficientes quando trabalham em CC.

Embora o mais usual de encontrar nas habitações sejam equipamentos de armazenamento de energia elétrica com pequena capacidade, o lançamento por parte da *Tesla* de uma bateria elétrica desenhada especificamente para habitações com uma capacidade de armazenar 6,4 kWh, a *Tesla Powerwall*, pode vir a mudar a realidade atual. Uma habitação que adote este tipo de solução terá como vantagens as seguintes:

- Possibilidade de armazenar energia quando esta é mais barata (devido à microgeração ou períodos horários em que a energia é mais barata), para consumo quando mais cara;
- Diminuir o pico de consumo da habitação à rede, e com isto diminuir a potência contratada (e valor pago sobre a mesma), ao fornecedor de energia;
- Possibilidade de autonomia caso ocorra falha de fornecimento de energia da rede;
- Maximização do potencial económico relativamente à energia produzida (caso a habitação disponha de microgeração).

Como desvantagens podemos considerar os seguintes pontos:

- Investimento inicial para instalação de todo o sistema;
- Ocupação do espaço por parte do sistema;
- Necessidade de técnicos especializados para instalação, e manutenção do sistema.

Contudo, não se podendo considerar uma vantagem ou desvantagem, as baterias têm as suas próprias limitações, nomeadamente um limite para output de energia. Temos como exemplo o *maslow* que tem um limite de de 1kW, ou a *Tesla Powerwall* de 3,3 kW, o que pode não cobrir picos de consumo instantâneos.

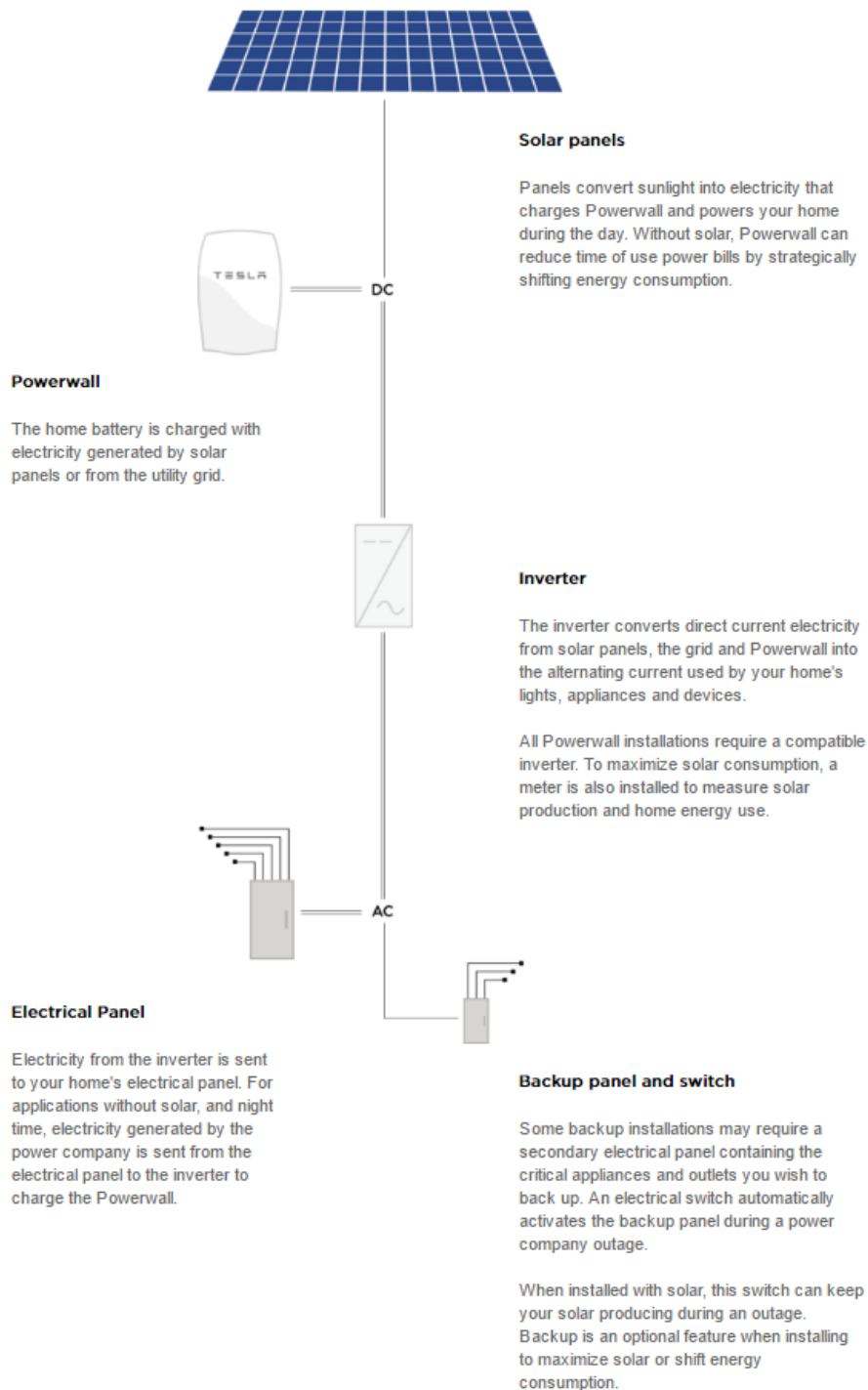


Figura 1.7 - Exemplo de instalação da *Tesla powerwall* [13]

1.1.2 Escolha de CA

Na década de 1880 deu-se uma batalha de ideias que viria a normalizar como seria transportada e consumida a energia elétrica. De um lado Thomas Edison que favorecia o uso de CC, do outro Nikola Tesla que, por seu lado, defendia a utilização de CA. Sendo que atualmente todos sabemos qual a ideia vencedora, importa no entanto relembrar o porquê, pode ser que alguns aspetos tenham alterado neste último século e meio que decorreu desde então.

Desde o surgimento da energia elétrica que o grande inconveniente da CC era a sua maior dificuldade na conversão de tensão, aumento da mesma para transporte e diminuição para consumo, algo bastante simples de realizar com a CA utilizando transformadores. E pese embora que tanto com equipamentos a funcionar em CC como CA fosse possível alcançar os mesmos objetivos e Edison até disponibilizasse uma maior gama de equipamentos que funcionassem em CC, a facilidade de transporte e posterior disponibilização de energia sempre teve um peso fundamental relativamente ao desfecho desta batalha.

Temos como ponto alto o ocorrido em 1893, no decorrer da feira mundial de Chicago, em que a CA teve uma vitória sobre CC quando a George Westinghouse usando CA se comprometeu em eletrificar a feira por \$399.000, sendo que a *General Electric* se comprometia ao mesmo por um valor de \$554.000 utilizando CC.

Outra grande vitória da CA foi o contrato de geração de energia nas cataratas do Niágara. Em Novembro de 1896, Buffalo era alimentado a partir da central elétrica das cataratas do Niágara a CA, por esta altura a *General Electric* já se tinha rendido a esta tecnologia.

Mesmo considerando que esta decisão foi a mais acertada na altura, o mesmo pode não ser tão verdadeiro agora, e com o passar dos tempos e evolução tecnológica, a decisão mais acertada poderá ser a utilização de CC ou uma infraestrutura híbrida contendo ambas.

1.1.3 Regulamentação em Vigor

A grande importância da regulamentação na engenharia prende-se com a garantia de uma qualidade final mínima e aceitável dos atos de engenharia, tal como uniformização das soluções implementadas. Claro está que esta regulamentação não pode ser estanque, devendo acompanhar e assimilar, na medida do possível, os avanços tecnológicos que venham a ocorrer o mais célere possível.

Na vertente da eletrónica tem sido possível constatar que têm ocorrido diversos avanços, um exemplo deste facto é a constante atualização dos normativos técnicos nas redes de telecomunicações, que desde 1987 passaram do Regulamento de Instalações Telefónicas de Assinante (RITA), para a 3ª versão do Manual de Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios (ITED) aprovado em 2014, (tendo passado pela versão inicial e 2ª versão) Tendo a 2ª versão do manual ITED trazido consigo a obrigatoriedade de instalação de fibra ótica nas habitações, a 3ª versão trouxe consigo um maior enfoque nos seguintes pontos [14]:

- Reformulação dos capítulos e estrutura;
- Clarificação das regras de projeto;
- Redução dos custos de implementação;
- Novas soluções de instalação;
- Regra técnica para os edifícios construídos;
- Novos materiais e soluções;
- Métodos de ensaio.

Contudo, na componente de projeto da rede elétrica esta atualização aos avanços tecnológicos não tem sido tão evidente, sendo que até à entrada em vigor das Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT) em 2006, com alteração em 2015, os regulamentos em vigor eram o Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Elétrica (RSIUEE) e o Regulamento de Segurança de Instalações Coletivas de Edifícios e Entradas (RSICEE), datados de 1974.

Iniciando pela estrutura do documento em si, que se encontra dividido em 8 capítulos principais, sendo cada um deles subdivididos, existem diversas alterações entre o novo normativo e os anteriores, entre as quais podemos destacar as seguintes [15]:

- **Locais da habitação**

- A classificação de locais passa a ficar dividida em 3 grandes grupos, influências inerentes ao ambiente, influências inerentes à utilização das instalações e influências inerentes à construção dos edifícios;
- Passam a ser previstos e definidos volumes de proteção para instalações sanitárias, saunas e piscinas, tal como regras de proteção para as mesmas;
- Passam a ser melhor definidas as normas relativamente às instalações de sistemas de segurança, desde a necessidade dos caminhos de cabos serem resistentes ao fogo, aos diversos aspetos relativos à iluminação de segurança, passando pelos requisitos do quadro de segurança;
- Nas instalações coletivas passa a existir uma maior liberdade na escolha da estrutura das colunas montantes, os equipamentos têm que obrigatoriamente ser de classe II de isolamento e instalação de ductos, sendo que a queda de tensão nas colunas montantes até à entrada das respetivas frações pode ser no máximo de 1,5%;

- **Tensão**

- Passam a ser adotados domínios e os seguintes valores máximos de tensão para cada domínio, domínio I em CC 120 V e em CA 50 V, domínio II em CC 1500 V e em CA 600 V, para sistemas ligados diretamente à terra, para a tensão entre fases, esta não pode exceder os 1000 V;

- **Corrente**

- As correntes admissíveis passam a estar expostas no regulamento e para consultar as mesmas é necessário consultar mais dados, tais como, isolamento dos condutores, número de condutores carregados ou modo de instalação dos mesmos;

- **Cablagem**

- Passa a ser adotada a seguinte coloração dos condutores de fase: Castanho-Preto-Cinzento;
- Passa a ser proibido reduzir a secção do condutor de neutro em canalizações trifásicas de secção igual ou inferior a 16mm². Em secções de fase superior, caso haja redução

do neutro passa a ser obrigatório haver proteção contra sobreintensidades do condutor de neutro adequada à sua secção. Em caso de deteção terá de ocorrer o corte das fases;

- Passa a ser permitido que numa conduta ou calha possam ser instalados mais do que um circuito de potência desde que os condutores sejam isolados para a tensão nominal mais elevada dos circuitos em causa;
- Passa a ser permitido o uso de condutores de alumínio nas instalações fixas, sendo a secção mínima para os circuitos potência e iluminação de 2,5 mm²;

- **Caminho de cabos**

- Passa a ser obrigatória a utilização de tomadas de alvéolos protegidos nos locais de habitação;
- Passa a ser obrigatório limitar os circuitos a 8 pontos de utilização, sendo que uma tomada dupla conta apenas como um ponto;
- Salvo certas exceções, no caso de uma instalação elétrica servir diversos pisos de um mesmo edifício, passa a ser obrigatória a existência de um quadro elétrico por piso que desempenhe nesse piso a função de quadro de entrada;

- **Sistemas de proteção**

- Os quadros elétricos devem ser de classe II de isolamento ou de isolamento equivalente;
- Passa a ser previsto que o corte geral de emergência possa ser realizado de diversas formas, como através de bobinas MN ou MX;
- Passa a ser obrigatória a instalação de condutor de proteção em todos os circuitos e o uso de tomadas com contacto de terra em locais de habitação;
- Passa a ser permitida a utilização, como eléctrodos de terra, de elementos tais como as armaduras de betão e canalizações de água;
- Passa a ser permitida a ligação do neutro de baixa tensão à terra de proteção dos postos de transformação com um único eléctrodo desde que se satisfaçam certas condições;
- Passa a ser obrigatória a instalação de descarregadores de sobretensão sempre que existam equipamentos sensíveis junto da origem da instalação.

Uma outra diferença entre normativos provém da atualização ao RTIEBT realizada em 2015 e referente a disposições de segurança para instalações especiais, de destacar as instalações elétricas para a alimentação de veículos elétricos em corrente alternada.

Como podemos ver nestas alterações ao regulamento, embora a energia elétrica em CC tenha vindo a ganhar cada vez mais espaço nas nossas habitações, o normativo que define as regras técnicas quanto à instalação de infraestrutura elétrica pouco, ou nada, se adapta de modo a regulamentar ou encaminhar o desenvolvimento desta tecnologia.

1.1.4 Momento Atual

O momento atual em que vivemos resulta de todas as escolhas realizadas e mantidas até agora conjugadas com as possibilidades e esperanças de concretizar para o futuro.

Temos como principais elementos a infraestrutura já existente, os equipamentos que utilizamos e sua evolução tal como visões de novos modos de distribuir e consumir energia elétrica, tal como as *smart grids*.

No momento atual o parque imobiliário existente em Portugal já se encontra muito degradado [15, 16]. Relativamente ao estado de conservação do edificado, salientam-se os seguintes dados recolhidos nos censos de 2011, e que apresentam um país com cerca de um milhão de edifícios a necessitarem de obras de reparação, dos quais [17]:

- 59.155 Estão muito degradados (representando 1,67% do edificado);
- 97.157 Carecem de grandes reparações (representando 2,74%);
- 244.303 Precisam de reparações médias (6,89% do edificado).

Nos edifícios atualmente a serem utilizados para habitação própria, encontram-se bastantes casos em que a infraestrutura elétrica sofreu de sucessivas ampliações devido ao aumento da dependência das famílias na energia elétrica, resultando a que no seu todo a infraestrutura elétrica se encontre mal dimensionada. Em casas mais antigas é ainda possível encontrar o cabo de terra ligado à canalização de água.

Um dos motivos para se observar este estado é a cultura reativa, por vezes tardia, quanto à resolução de problemas nos edifícios [16], sendo que por vezes apenas se aborda um dos problemas do edifício, não contemplando o todo.

Estes aspetos conciliados com uma vontade crescente de habitar no centro das cidades, cujos edifícios normalmente se encontram num estado mais degradado, traz-nos a uma fase em que observamos uma crescente remodelação de edifícios. Em 2001 a reabilitação de fogos representava 1,8% do total de fogos concluídos, passando para 15,6% em 2011 [17].

Alguns dos edifícios construídos há mais de 20 anos podem apresentar tendência à inadequação face a:

- Existência de conflito entre as cargas atuais e a capacidade inicialmente projetada, (resultante de uma ampliação da rede inicialmente instalada ou instalação de equipamentos com maior potência, sem a atualização do quadro elétrico);
- Critérios técnicos adotados nas diferentes fases do projeto, (resultante de uma evolução dos mesmos);
- Condições de segurança aplicáveis às instalações elétricas, produtos e seus utilizadores, (resultante de uma evolução das mesmas);
- Eficiência no uso da energia nas instalações elétricas, (resultante do não acompanhamento de avanços tecnológicos).



Figura 1.8 - Exemplos de instalações elétricas desatualizadas

Já nos equipamentos elétricos que utilizamos, como já foi referido, tem vindo a ser notório o aumento da quantidade de equipamentos utilizados numa habitação que são construídos para trabalhar em CC, e que seriam mais eficientes alimentados diretamente por CC, contudo este aspeto não se irá concretizar enquanto não for disponibilizada energia em CC nas habitações.

Quando falamos da atualidade, não devemos apenas falar do que está feito, é de extrema importância falar do que está a ser pensado, sendo um dos temas mais discutidos atualmente o das *smart grids*, sejam elas em CC ou CA. Nos últimos anos tem-se verificado igualmente várias iniciativas a promover a utilização de energia em CC, desde projetos piloto a normativos técnicos. Temos como exemplo a *EMerge ALLIANCE* ou os sistemas *maslow* instalados pela *Moixa Technology* no *Fleming Hall* da Universidade de Brunel em Londres.

1.1.5 Importância da Eficiência Energética

Existem dois grandes meios disponíveis de modo a reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) mantendo a mesma qualidade de vida no que diz respeito ao consumo de energia, um deles e talvez o mais popular, é a geração de energia por via de fontes renováveis em detrimento de combustíveis fósseis, o outro a diminuição do consumo de energia por via de um aumento da EE.

De modo a atingirmos uma solução o mais completa possível, não chega apostar em apenas um destes meios, deverá ser adotada uma solução que contemple ambos, o segredo está em escolher a velocidade com que se pretende avançar com cada um dos meios tendo em consideração os recursos disponíveis, sejam eles monetários, legislativos ou de mão-de-obra especializada.

Aumentando rapidamente a capacidade de produção, transporte e distribuição de ER enquanto deixamos a EE seguir a velocidade ditada pelo mercado é sem dúvida uma solução eficaz e “vistosa”, contudo esta levará a uma infraestrutura de produção, transporte e

distribuição de energia sobredimensionada à medida que a EE for aumentando, resultando numa situação final de infraestrutura desnecessária, que obrigou a um investimento excessivo em material e mão-de-obra especializada de modo a ser construída, e que necessitará de um custo superior para manutenção.

Uma solução mais eficiente poderá passar por uma maior aposta na EE, embora esta solução seja mais “discreta” nos seus resultados, no final teremos uma infraestrutura mais equilibrada e na qual foi necessário um menor investimento.

Conforme se pode ver pela Figura 1.9 em baixo, já em 2007 a EE é identificada como a tecnologia com maior potencial para reduzir as emissões de GEE, sendo previsto um aumento constante na EE até 2030, este aumento será tanto maior quanto maiores forem as sinergias entre o avanço tecnológico e a rápida transposição desse avanço na infraestrutura e equipamentos usados pela população.

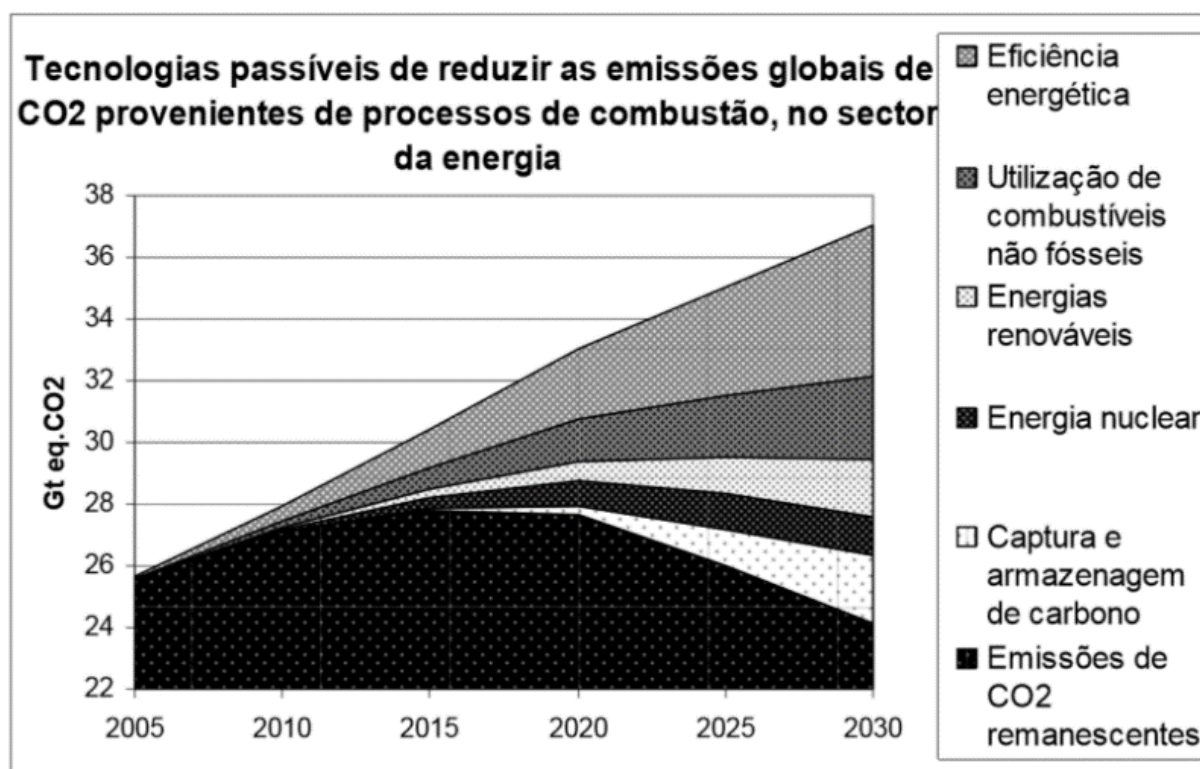


Figura 1.9 - Tecnologias para redução das emissões de CO2 [18]

Com efeito, os avanços na EE, e a implementação destes avanços, permitiram que em 2014 o crescimento no consumo de energia se situasse em 1/3 do que era inicialmente estimado [19].

Como qualquer valor, também a eficiência deve ser analisada de acordo com o contexto à qual se aplica, e quanto mais abrangente for a nossa visão melhores relações são possíveis de tirar.

Seguindo o que se observa em termos mundiais, o consumo de energia em Portugal Continental tem vindo a aumentar significativamente, como um exemplo temos que, de 1997 a 2009 o fornecimento de energia aumentou cerca de 60%, o que resultou num consumo total de

49.865 GWh em 2009. Se considerássemos um aumento na eficiência dos consumidores de 0.1% resultando numa redução de 0.1% no consumo desse ano, representaria 49.865 MWh que não teriam sido necessários produzir, o que equivale ao consumo anual de 13.477 habitações médias portuguesas (consumo considerado de 3.700 kWh/ano [20]).

O valor há pouco indicado seria verdadeiro se não considerássemos as perdas associadas ao transporte e distribuição de energia para o cliente final, que embora diminuam percentualmente com a evolução tecnológica representando uma maior EE, fazem sempre parte da equação.

Já considerando os dados de 2009, 1,05% de perdas no transporte [21] e 7,35% da distribuição [22], podemos considerar que cada Wh poupado por um equipamento energeticamente mais eficiente corresponde a 1,091 Wh produzido por uma fonte de energia não localizada no local de consumo, logo o aumento da eficiência no consumidor em 0.1% resultaria numa poupança na produção de 54.403 MWh, o que equivale ao consumo anual de 14.704 habitações médias portuguesas (consumo considerado de 3.700 kWh/ano [20]).

Tabela 1.3 - Perdas na rede de transporte nacional [21]

	Perdas Losses (GWh)	Consumo referido à emissão Total demand (GWh)	Taxa de perdas Losses rate (%)
1997	601	31 946	1,88
1998	602	33 808	1,78
1999	665	35 803	1,86
2000	680	37 903	1,79
2001	713	40 015	1,78
2002	717	40 666	1,76
2003	738	43 060	1,71
2004	677	45 499	1,49
2005	648	47 942	1,35
2006	562	49 175	1,14
2007	577	50 062	1,15
2008	585	50 595	1,16
2009	523	49 865	1,05

Uma das áreas de negócio que melhor poderá entender a importância da EE são as empresas de transporte de energia, podemos constatar isto pela constante luta na diminuição das perdas no transporte.

Como foi possível observar, com o aumento da eficiência menos energia tem de ser produzida, tendo em conta o mix energético atual, por cada Wh que um milhão de habitações poupe equivale a algo mais de 1 MWh que não necessita de ser produzido recorrendo a combustíveis fósseis. Não parecendo ter grande impacto em pequena escala, a EE quando considerada em grande escala tem um impacto surpreendente.

1.1.6 Peso do Consumo de Edifícios

Os edifícios, e as atividades que as pessoas lá realizam, representam acima de 30% do consumo global de energia e quase 60% do consumo mundial de energia elétrica [9], o que torna este um sector de grande importância quando abordamos o tema da EE.

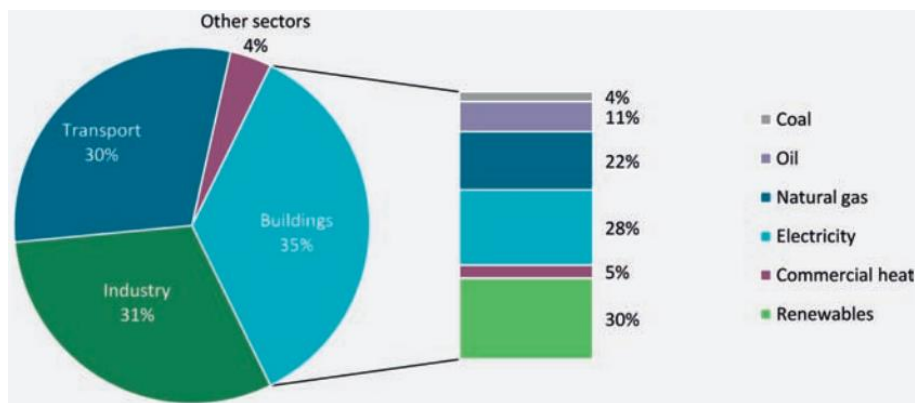


Figura 1.10 - Consumo de energia final por sector e mix de energia de edifícios em 2010 [23]

Existem diversos pontos de consumo de energia em edifícios, este consumo pode ser devido à climatização, iluminação ou lazer. Dependendo da abordagem, podemos considerar a energia utilizada na construção do edifício, e dos equipamentos que o equipa, como energia consumida pelo edifício.

Segundo um estudo promovido pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) em 2010 relativamente ao consumo de energia no setor doméstico, estimou-se que uma habitação média consome cerca de 3.700 kWh/ano distribuídos conforme apresentado [20]:

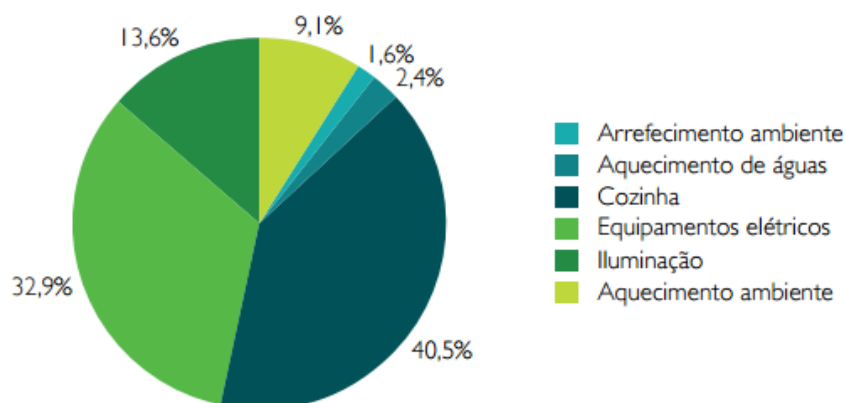


Figura 1.11 - Distribuição de consumos numa habitação (Total 2010=14.442 GWh)

Este estudo já contempla os resultados do programa de *Phase-out* de lâmpadas incandescentes iniciado em 2009, que apresentou como resultados acumulados para o ano 2010 a introdução em utilização de cerca de 15 milhões de lâmpadas fluorescentes compactas por substituição de lâmpadas incandescentes, resultando numa poupança de energia na ordem dos 40.530 tep [24].

Pese embora a importância global que os edifícios apresentam no consumo mundial de energia, e como tal exista um grande interesse político numa maior eficiência energética por parte dos mesmos, o aumento da EE ainda não é a maior prioridade por parte dos seus donos e habitantes, isto porque o custo imediato com a energia de um edifício ainda é muito baixo quando comparado com outros custos também imediatos, sejam eles a instalação de um sistema de microgeração ou a substituição de janelas com baixo isolamento térmico.

1.1.7 Efeitos na Saúde

Desde os últimos 30 anos que tem existido uma preocupação relativa à exposição constante de pessoas a campos eletromagnéticos e seus efeitos prejudiciais à saúde humana, tais como riscos cancerígenas e de distúrbios neurocomportamentais.

Em 1979 este tópico foi muito discutido na sequência de um artigo que relacionava o risco de leucemia infantil e exposição a campos eletromagnéticos [25].

Embora nem todos os estudos realizados sobre o tópico sejam consensuais [26], no decorrer desta preocupação, e estudos sobre o assunto, a Agência Internacional de Pesquisa sobre Cancro (IARC) classificou a exposição humana a campos magnéticos de frequência extremamente baixa (frequências até 100 kHz), como tendo possíveis efeitos cancerígenas (classificação 2B) em 2002.

Ao observar a Figura 1.12, é possível ter uma ideia de equipamentos, dos quais dispomos normalmente nas nossas habitações, e valores de campos eletromagnéticos que os mesmos são capazes de gerar.

Além dos equipamentos aqui apresentados, também toda a infraestrutura elétrica de uma habitação quando a distribuir em CA representa uma fonte constante de campos eletromagnéticos, o que não acontece quando a energia é distribuída em CC.

CAMPO ELÉTRICO		V/M	CAMPO MAGNÉTICO		μT
	<i>Alta Tensão</i>	200,0		<i>Máquina de Barbear</i>	500,0
	<i>Frigorífico</i>	90,0		<i>Televisão</i>	2,0
	<i>Estéreo</i>	90,0		<i>Computador</i>	1,4
	<i>Televisão</i>	60,0		<i>Alta Tensão</i>	1,2
	<i>Torradeira</i>	40,0		<i>Estéreo</i>	1,0
	<i>Computador</i>	<i>residual</i>		<i>Torradeira</i>	0,8
	<i>Máquina de Barbear</i>	<i>residual</i>		<i>Frigorífico</i>	0,3

Figura 1.12 - Fontes domésticas de campos eletromagnéticos [26]

Estes efeitos prejudiciais à saúde dependem maioritariamente da frequência e intensidade da corrente que percorre o condutor, aumentando de acordo com estes parâmetros.

Um dos modos de controlo destes riscos tem sido o respeito por parte das entidades competentes quanto às regulamentações nacionais e internacionais [27].

1.2 CONTEXTO E MOTIVAÇÃO

Um tempo de mudança traz consigo inúmeras oportunidades, e dependendo de como aproveitemos essas mesmas oportunidades, a mudança pode ser mais positiva ou até mesmo mais negativa.

O mundo está em constante mudança, e alguns dos fatores que atualmente a podem incentivar são, a crescente consciencialização por parte da população quanto às questões do clima, a necessidade de uma redução do consumo de combustíveis fósseis, uma retoma económica após um período de crise financeira que afetou todo o mundo, com especial incidência em alguns países tal como Portugal, e a existência de um parque imobiliário bastante envelhecido. Estes são alguns dos exemplos.

O sector energético é um dos que está no processo de mudança de combustíveis fósseis para renováveis, e de modo a incentivar este processo, em Portugal já verificamos a aplicação de tarifas bonificadas para a microgeração renovável, uma aposta crescente na implementação de parques eólicos, no desenvolvimento de veículos elétricos, um apelo à EE, em alguns casos normativos para a sua aplicação (como o impedimento da comercialização de lâmpadas incandescentes).

Há quem considere que a implementação de *smart citys* suportadas por *smart grids* será uma destas mudanças, e até mesmo o futuro da distribuição e consumo de energia, contudo antes de pensar nesse futuro devemos pensar quais as melhores fundações para o mesmo, e a escolha entre CC e CA deve ser discutida antes de iniciar a implementação de uma infraestrutura que posteriormente será muito difícil e monetariamente onerosa de alterar, devemos tomar essa decisão sem que o nosso pensamento esteja restringido por tudo o que está já implementado, devemos ser o “macaco que não tem medo de subir a escada”.

Desde a implementação em massa do atual modelo de transporte, distribuição e consumo de energia elétrica baseado na energia em CA, que a eletrónica de potência tem passado por vários avanços tecnológicos que nos permitem colmatar lacunas prévias, tal como a utilização de energia em CC a muito altas tensões, com alta eficiência e preço do material mais reduzido.

Tendo em conta este maior equilíbrio entre CC e CA, tal como as possíveis mudanças tecnológicas, pode ser altura de se rever a escolha da tecnologia para o consumo de energia, e definir um objetivo/filosofia energética, de modo a estabelecer a melhor estratégia para o atingir.

Um dos motivos que me levou a escolher este tema é o mesmo que me levou a escolher este mestrado, a convicção da necessidade de mudar os nossos hábitos de consumo para um consumo mais inteligente, eficiente e sustentável.

Existindo a possibilidade de serem alimentados por CC, boa parte dos equipamentos eletrônicos de que dispomos nas nossas habitações deixariam de necessitar de um conversor CA-CC, o que significaria um aumento na eficiência tal como menor consumo de matéria-prima para a construção dos conversores. Se cada vez mais utilizamos equipamentos digitais nas nossas habitações em detrimento de analógicos, porque não mudar também o tipo de energia que os alimentam?

Um dos primeiros passos de modo a diminuir o consumo de energias fósseis deve passar pela eficiência conjugada pela microgeração distribuída. A todo o momento é produzida energia a partir de combustíveis fósseis que poderia ser evitável, esta produção e posterior transporte obrigam à criação de meios, que consomem energia, materiais e recursos humanos. A EE numa habitação levará não só a uma diminuição da necessidade de produção de energia, tal como a uma diminuição em termos de perdas no transporte de energia e menor investimento na infraestrutura de transporte para os grandes centros urbanos.

Nesta altura de mudança no mundo energético, é importante fazer uma escolha informada acerca do tipo de infraestrutura elétrica a utilizar, se em CC, CA ou um híbrido de ambas, pois após implementada a solução será muito oneroso mudar o que está feito.

A escolha entre CC e CA definirá a fundação em que a infraestrutura deverá assentar, pelo que deve ser realizada antes de um próximo passo.

1.3 OBJETIVOS E CONTRIBUIÇÕES

Nesta dissertação é pretendido analisar as diferenças associadas à utilização de energia em CC relativamente a CA, seja em termos de normativos relativos à infraestrutura a implementar, equipamentos a utilizar, ou prescindir, e cuidados a ter na execução de projeto.

É igualmente pretendido analisar as vantagens que a utilização de energia em CC nos pode proporcionar, avaliar a exequibilidade de implementação de habitações com infraestrutura elétrica em CC e analisar o estado político relativo a esta tecnologia.

Os objetivos principais deste trabalho são:

- Fazer uma estimativa de poupança de consumos de uma habitação quando a funcionar em CC relativamente a CA;
- Fazer uma análise política quanto à questão da EE e a utilização de energia em CC;
- Analisar os normativos Portugueses relativos à instalação de infraestrutura elétrica em habitações, analisando as diferenças entre projeto em CC e CA;
- Identificar oportunidades de melhoria para a mais fácil implementação de infraestrutura elétrica preparada para funcionar com CC.

Em termos de contribuições, é pretendido que este trabalho contribua com uma visão relativa ao grande potencial de uma maior EE ao utilizar CC, em especial tendo em conta o crescente uso de eletrónica nos equipamentos elétricos, tal como vantagens que a utilização de CC possa

trazer em termos de implementação de novas tecnologias, qualidade da energia utilizada, uma menor pegada ambiental e vantagens relativamente à saúde.

1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é constituída por 5 capítulos e está organizada da seguinte forma:

Capítulo 1 – Introdução

Neste capítulo é realizada uma abordagem introdutória do tema em análise, do seu contexto, motivação para realizar este trabalho, dos objetivos do trabalho e uma breve explanação da organização do mesmo.

Capítulo 2 – Estado da Arte

Neste capítulo é feito um estudo detalhado dos avanços tecnológicos ligados à energia em CC, novos sistemas de distribuição e consumo de energia elétrica, tecnologias complementares à utilização de energia em CC, tal como tendências na evolução dos equipamentos elétricos usados numa habitação.

Capítulo 3 – Estado político

Neste capítulo é feito um estudo detalhado da situação política quanto ao tema da EE, sua importância na redução do consumo de combustíveis fósseis e abordado o enquadramento da implementação de energia em CC e espaço para a sua introdução.

Capítulo 4 – Projeto elétrico em CC para uma habitação

Neste capítulo é pretendido fazer notar as diferenças entre um projeto elétrico em CC para um em CA, estudando os regulamentos existentes (dando mais ênfase ao RTIEBT), identificar vantagens e inconvenientes, tal como oportunidades de melhoria para a implementação da tecnologia.

Capítulo 5 – Conclusões

Neste capítulo são apresentadas as conclusões da dissertação. Serão, ainda, apresentadas propostas de trabalhos futuros.

2. ESTADO DA ARTE

Desde o início da utilização da corrente elétrica que a tecnologia para utilização de energia em CC e CA tem evoluído.

Sendo um dos objetivos da dissertação comparar diferenças entre CC e CA em diversas fases, neste capítulo é pretendido dar a conhecer a base de ambas as tecnologias, tal como o estado atual da utilização da CC e interação com outras tecnologias complementares que já se encontram presentes no nosso dia-a-dia, ou estão a ser introduzidas, tais como o armazenamento de energia ou a *Internet of Things* (IoT).

2.1 CC E CA

A corrente elétrica é o fluxo ordenado de partículas portadoras de carga elétrica, por definição, é a variação de carga elétrica que atravessa a secção reta de um condutor por unidade de tempo.

$$i(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq(t)}{dt} \quad (2.1)$$

Em que $i(t)$ é expressa em Coulomb por segundo (C/s), ao que chamamos Ampère (A).

De acordo com o sentido convencional da corrente elétrica num condutor elétrico, esta movimenta-se de um ponto com potencial elétrico mais elevado para um ponto com potencial elétrico mais reduzido, contudo na realidade são as cargas negativas, os eletrões, que se movem, sendo o movimento dos eletrões no sentido do ponto com potencial elétrico mais reduzido para o ponto com potencial elétrico mais elevado.

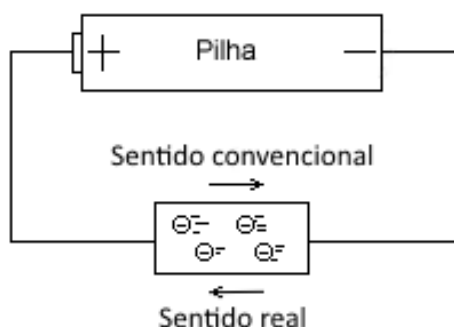


Figura 2.1 – Sentido da corrente elétrica

2.1.1 Corrente Contínua

A corrente elétrica, tal como outras grandezas, pode ser constante ou variável no tempo, sendo a CC uma corrente elétrica constante no tempo. Usualmente este tipo de corrente é fornecido por fontes de energia renováveis, tais como o PV, ou baterias elétricas.

A CC é o fluxo ordenado de cargas elétricas no mesmo sentido, não variando o sentido de acordo com o tempo. Sendo que as fontes que fornecem CC possuem dois polos constantes estabelecidos, um positivo e outro negativo, as cargas movem-se constantemente no mesmo sentido, ao contrário da CA que vai alterando o sentido de movimento das cargas.

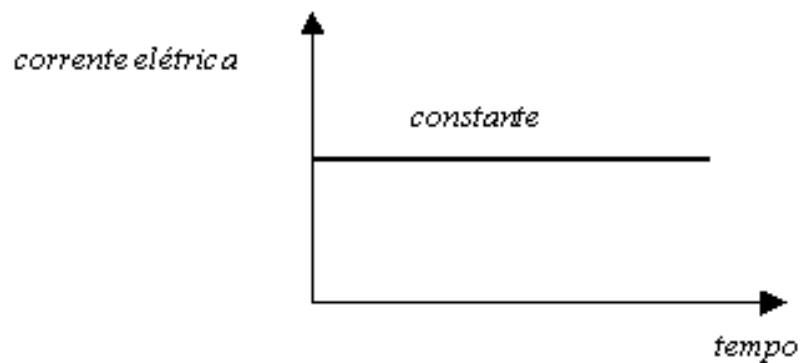


Figura 2.2 - Exemplo de CC

2.1.2 Corrente Alternada

Como exemplo de corrente variável no tempo temos a CA sinusoidal, a corrente elétrica também pode ter outras formas como a triangular, contudo a sinusoidal é a mais utilizada e a que normalmente dispomos nas nossas habitações.

A CA é o fluxo ordenado de cargas elétricas cujo sentido varia no tempo.

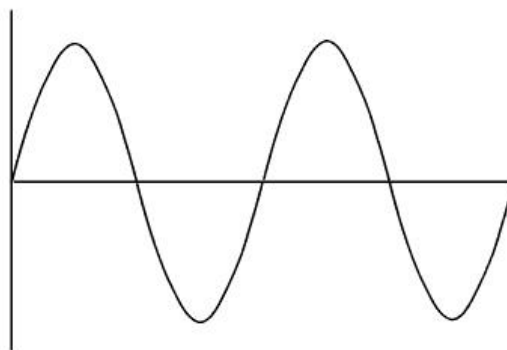


Figura 2.3 - Exemplo de CA

Sendo a CA uma grandeza que varia no tempo, é importante conhecer alguns aspetos da mesma, tal como o seu valor médio ou o eficaz.

Usualmente o valor médio de uma função é obtido calculando a média dessa mesma função num dado período de tempo. No caso do cálculo do valor médio da CA, se considerarmos um período da onda, ou “n” períodos, o valor médio é nulo, pelo que neste caso para o cálculo do valor médio apenas é considerado meio ciclo.

$$I_{med} = \frac{2}{\pi} \cdot I_{pico} = 0,637I_{pico} \quad (2.2)$$

Em CA o valor médio representa o valor que em CC deveria existir para em ambos os casos ser transportada a mesma quantidade de energia num determinado período de tempo.

Contudo, em termos de cálculos de circuitos geralmente é utilizado o valor *root mean square* (rms) da CA, também compreendido como valor eficaz.

$$I_{rms} = I_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_T i^2(t) dt} = \frac{I_{pico}}{\sqrt{2}} = 0,707I_{pico} \quad (2.3)$$

Este valor é o valor quadrático médio da corrente, e representa o valor de corrente que seria necessário fornecer a uma resistência em CC para esta dissipar a mesma energia por efeito Joule que a dissipada quando a mesma resistência é alimentada por CA, ou potência consumida por uma carga resistiva.

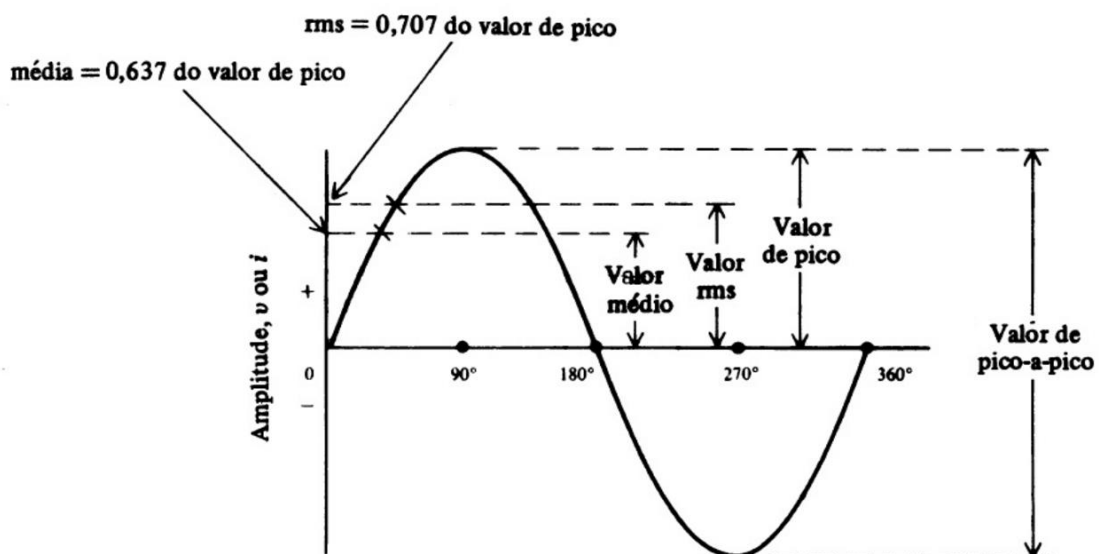


Figura 2.4 - Onda alternada sinusoidal e valores referência

2.1.3 Perdas nos Cabos

Em termos gerais, energia perdida é toda aquela que não realiza o trabalho pretendido. Podemos tomar como exemplo a energia que gera calor, num aquecedor esta energia realiza o trabalho pretendido logo é útil, contudo num cabo ou transformador a energia transformada em calor já representa uma perda.

As perdas mais comuns de encontrar em componentes elétricos, perdas por efeito Joule, representam a energia que é dissipada sob a forma de calor, como o que ocorre num condutor elétrico quando este é percorrido por uma corrente elétrica.

Fazendo um exercício simples poderemos constatar que para iguais níveis de corrente eficaz, a circular num cabo com iguais características físicas, observam-se maiores perdas por efeito Joule num cabo em que circule CA comparando com um em que circule CC.

Considerando a fórmula para cálculo das perdas por efeito Joule num cabo a seguinte:

$$P_J = Z \cdot I^2 \quad (2.4)$$

Em que as perdas variam com a impedância do cabo em si e a corrente que o atravessa.

A fórmula para o cálculo dessa mesma impedância:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L + X_C)^2} \quad (2.5)$$

E a fórmula de cálculo da reatância indutiva:

$$X_L = 2\pi fL \quad (2.6)$$

Desprezando a reatância capacitiva, podemos considerar que a fórmula para o cálculo das perdas por efeito Joule num cabo em que circule CA será a seguinte:

$$P_{JCA} = \sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2} \cdot I^2 \quad (2.7)$$

Já num cabo em que circule CC:

$$P_{JCC} = R \cdot I^2 \quad (2.8)$$

Comparando as fórmulas 2.7 e 2.8, é possível afirmar que para a mesma corrente nominal a percorrer um mesmo cabo, é possível observar maiores perdas quando este cabo é percorrido por CA, sendo os parâmetros que influenciam este aumento de perdas a frequência da corrente que percorre o cabo e a indutância do mesmo.

Resultante do baixo valor da indutância de um cabo elétrico e da frequência da rede, os valores relativos às perdas por efeito Joule na infraestrutura de uma habitação são extremamente reduzidos e normalmente negligenciáveis.

Num outro exercício para estimar as perdas num condutor que alimenta um equipamento eletrónico, neste caso considerando a alimentação de um telemóvel, temos o seguinte:

A resistência R, expressa em Ω/m , é calculada por:

$$R = \frac{\rho}{S} \quad (2.9)$$

Em que ρ representa a resistividade do material, expresso em $\Omega \cdot m$, e S a sua secção, expressa em m^2 , (a resistência de um condutor pode variar com a temperatura, sendo que normalmente é calculada para 20° C).

Para estimar as perdas por efeito Joule associadas ao carregamento de um telemóvel, equivalente ao apresentado no ponto 1.1, quando este é alimentado por CC ou CA numa tomada de uma habitação, considerando que o cabo que liga esta tomada é de cobre, tem 20m, e secção de 2,5 mm^2 , temos que a resistência do condutor será igual em ambos os casos;

$$R = 40 \cdot \frac{1,7 \cdot 10^{-8}}{2,5 \cdot 10^{-6}} = 0,272 \Omega \quad (2.10)$$

Quanto à reatância indutiva do cabo, será considerado o valor de 0,31 mH/km para a indutância do cabo, pelo que:

$$X_L = 2\pi \cdot 50 \cdot (0,31 \cdot 0,02) = 1,95 m\Omega \quad (2.11)$$

Sendo que em CC a corrente que transitaria no cabo seria de 1 A e em CA seria de 0,15 A, temos que a perdas por efeito Joule seriam de 0,272 W em CC e 0,023 W em CA.

Se adicionarmos as perdas ao consumo do equipamento, para carregar um telemóvel em CC é necessária uma menor potência total, 5,272 W em CC e 7,353 W em CA, o que irá representar menos energia consumida.

Como é possível observar, o valor das perdas na infraestrutura é extremamente reduzido comparativamente com o consumo dos equipamentos, logo normalmente negligenciável, de tal modo que pouco deverá influenciar quanto à escolha entre CC e CA.

Ainda no cálculo da resistência de um condutor em CC ou CA, existem outros aspetos que não foram considerados em cima e que podem alterar o valor da resistência, contudo estes aspetos normalmente são desprezados [28]:

- Caso os condutores de um cabo sejam entrelaçados, o comprimento de cada condutor será ligeiramente superior ao do cabo em si;
- Em CA, a corrente não se distribui uniformemente pela secção do condutor, o que é conhecido como efeito pelicular, que resulta da distribuição não uniforme do fluxo magnético no interior do condutor. Isto causa que a resistência em CA seja superior à resistência em CC num mesmo condutor;
- Em CA existe igualmente um efeito de proximidade que reforça a distribuição não uniforme do fluxo dentro do condutor, devido à indução mútua entre os condutores de uma linha. Este efeito é em geral desprezável à frequência de 50 ou 60 Hz;
- A resistência de condutores magnéticos varia com a intensidade da corrente.

Outro ponto importante quando se compara a utilização de CC e CA, é a possibilidade de distribuir energia em CC numa habitação com apenas com 2 condutores, segundo o esquema TN-C, sendo que em CA é sempre necessário um mínimo de 3 condutores. Sendo um pormenor em termos de projeto, vai influenciar nos custos do mesmo.

2.2 DC MICROGRIDS

Uma das mudanças estruturais que mais pode afetar um edifício e que contudo é muito pouco publicitada é o modo como o edifício é alimentado em termos de energia elétrica.

Tal como na EE, alterar a infraestrutura elétrica de um edifício não é considerada uma alteração “vistosa”, contudo a infraestrutura elétrica é uma peça chave na ligação do edifício à rede elétrica nacional, ou possivelmente num futuro não muito distante a uma *smart grid*, inicialmente a um nível mais local, e posteriormente a nível nacional.

O aumento da penetração de energia proveniente de fontes de energia renováveis na nossa rede, e a sua imprevisibilidade na geração, tem aumentado a dificuldade no despacho da mesma, o que causa que para um melhor aproveitamento de toda a energia disponível de fontes de energia renováveis seja necessário adotar novas metodologias e tecnologias.

Na procura por um consumo mais sustentável de energia surgiu o conceito de *microgrid*, que consiste numa solução energética para um consumidor, ou conjunto de consumidores, integrando em uma escala mais reduzida variados elementos energéticos tais como Fontes de Energia Renovável (FER), acumuladores de energia, cargas consumidoras de energia e um elemento controlador de todo o fluxo energético. Esta microgrid deve ser capaz de funcionar ligada à rede elétrica nacional, bem como autonomamente em modo *islanding*.

O grande objetivo deste conceito é uma maior sustentabilidade no sector energético, seja por diminuição de perdas em transporte e distribuição de energia, ou o assimilar de energia produzida por FER, tudo isto mantendo uma elevada qualidade na energia a disponibilizar ao consumidor.

Podendo ser considerada uma unidade independente, capaz de coordenar cargas e fontes de energia, as *microgrids* foram pensadas para reduzir a quantidade de barramentos a serem controlados por parte dos operadores de energia, e simplificar uma infraestrutura de comunicação a um nível superior [29].

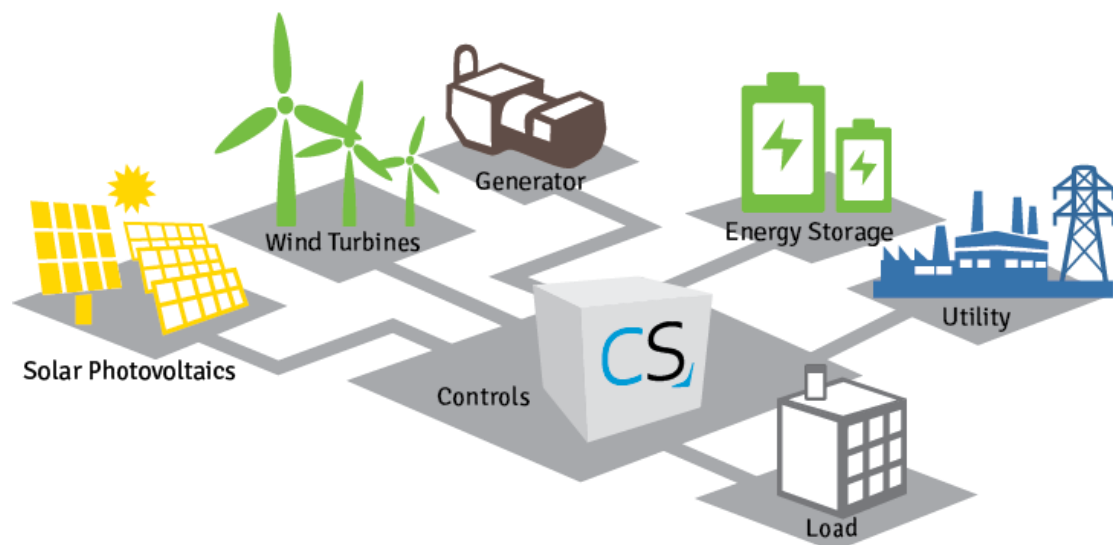


Figura 2.5 - Exemplo de uma *Microgrid* [30]

Existem diferentes tipos de *microgrids*, as que se suportam em CC, as que se suportam em CA e as que se suportam em ambas, as híbridas, sendo que a grande característica que distingue as *microgrids* é o facto de elas se encontrarem ligadas à rede elétrica num único ponto, e poderem ser desligadas sempre que ocorrer uma anormalidade na rede elétrica [10].

Maximizar a microgeração distribuída de energia a partir de FER torna a rede elétrica mais segura e sustentável, esta microgeração pode ser integrada em qualquer ponto da rede, sendo que quanto mais perto do ponto de consumo, menores serão as perdas de energia na transmissão [10], a adoção generalizada de uma solução conforme a apresentada poderia favorecer este propósito.

Pensando um pouco mais à frente, podemos indicar que uma nova abordagem no modo como geramos e consumimos energia nos nossos edifícios, usando uma infraestrutura chamada *DC Microgrids*, está intimamente ligada a como deveremos gerar e distribuir energia pela rede nacional, a “*macro grid*” [6].

Como o nome indica, as *DC Microgrids* são *microgrids* que funcionam com energia em CC. Por norma estas instalações dispõem de mais que um nível de tensão, para equipamentos de maior ou menor potência, sendo que ainda não se observa a um nível global um consenso entre que níveis de tensão utilizar. Alguns dos níveis de tensão apresentados são 380 V [7, 26], 300 V [31] e 220 V [7] para equipamentos de maiores potências, e para equipamentos de menores potências, tais como lâmpadas, temos um funcionamento a 48 V [29], 24 V [26, 28, 29] ou 12 V [29].

À tensão de 380 V estudos apontam para um ganho de 30% em eficiência de uma rede em CC relativamente à normal rede de CA [29].

Ao contrário das *microgrids* em CA em que para a rede se encontrar estável é necessário ter em atenção a tensão e a frequência dos elementos fornecedores de energia, nas *DC Microgrids* para que estas se encontrem a funcionar de um modo estável, é apenas necessário que pelo menos um elemento do barramento central, em qualquer momento de operação, mantenha a tensão dentro dos limites [31], seja este elemento a rede elétrica de energia, o sistema de armazenamento de energia ou as FER.

Todos os constituintes deste sistema são de extrema importância, contudo o que talvez mais se destaque é o sistema de controlo central, este vai realizar a gestão entre a energia que é produzida ou retirada da rede, e a que é consumida ou armazenada, e define a tensão no barramento de CC.

Esta gestão pode influenciar vários aspetos do sistema tais como:

- Qualidade da energia fornecida aos consumidores;
- Energia aproveitada a partir das FER;
- Tempo de vida do sistema de armazenamento de energia;
- Utilização mais eficiente de toda a energia que circula pelo sistema;
- Preço médio da energia comprada à rede;
- Injeção de energia na rede.

Algumas das grandes vantagens das *DC Microgrids* passam por [8]:

- Maior eficiência e fiabilidade do sistema como um todo devido à diminuição dos equipamentos de conversão;
- Redução de custos na manutenção do sistema.

Se considerarmos que com a componente de geração e armazenamento de energia uma normal *micrigrid*, estando as *DC Microgrids* incluídas, pode ter um comportamento em algo

similar, numa escala bastante inferior, à geração distribuída, temos como vantagens suplementares as seguintes [34]:

- Aumento de disponibilidade de serviço de energia elétrica;
- Auxílio no alisamento do diagrama de consumo de energia;
- Diminuição nas perdas de energia no transporte e distribuição;
- Permite uma implementação modular de sistemas de geração de energia de acordo com requisitos futuros;
- Redução na necessidade de investimento em infraestrutura elétrica de transporte de energia.

As desvantagens que as *microgrids* podem trazer, as *DC Microgrid* incluídas, são [34]:

- Maior dificuldade na gestão do trânsito de energia;
- Maior dificuldade na operação da rede;
- Maiores riscos de segurança dos trabalhadores;
- Maiores problemas com os níveis de curto-circuito da rede;
- Maior dificuldade no controlo da tensão.

Há quem considere que as *microgrids* híbridas distribuídas com fontes de ER são o futuro dos próximos sistemas de potência, e que há uma crescente necessidade de investigação e apoio governamental nesta área [10], contudo as *microgrids* híbridas poderão ter uma vida curta com a evolução de equipamentos que funcionem em CC, o que poderá levar a que a componente de CA destas *microgrids* se perca no esquecimento até se tornar, tal como os antigos leitores de cassetes, obsoleta.

2.3 TECNOLOGIAS E CONCEITOS COMPLEMENTARES

A energia em CC é igualmente compatível, e pode até beneficiar, com diferentes avanços tecnológicos e novos conceitos na área da EE, tal como com as *smart grids*, sendo que a utilização da primeira poderá facilitar o estabelecimento das restantes.

Aproveitando esta relação de protocooperação entre as tecnologias e conceitos, poderemos observar uma mais rápida implementação das mesmas, podendo o resultado final ser superior à soma das mais-valias individuais de cada tecnologia.

Existem diversas evoluções tecnológicas e novos conceitos que, embora o seu foco central não seja o aqui estudado, podem complementar ou ser complementadas por uma adoção por parte do utilizador de uma infraestrutura em CC para o consumo de energia.

Sendo o objetivo aproveitar ao máximo as potencialidades de uma tecnologia, serão aqui apresentados alguns exemplos de tecnologias existentes no mercado, ou emergentes no mesmo, e o modo como podem beneficiar de, e para, uma infraestrutura em CC. Além das tecnologias aqui apresentadas, existem outras que beneficiariam com a existência de uma infraestrutura em

CC, como é o caso das FER e equipamentos de armazenamento de energia que funcionam primariamente em CC.

2.3.1 NZEB

Com o intuito de diminuir a nossa pegada ecológica, nasceu o conceito de edifícios *Net Zero Energy Buildings* (NZEB), este é um edifício cujo balanço entre energia produzida e energia consumida é nulo ou quase nulo.

Segundo a *Energy Performance of Buildings Directive*, “A NZEB is a building that has a very high energy performance. The nearly zero or very low amount of energy required should be covered to a very significant extent by energy from renewable sources, including energy from renewable sources produced on-site or nearby” [35].

Já no DL 118/2013 artigo 16º, relativamente aos edifícios NZEB, podemos ler que “São edifícios com necessidades quase nulas de energia os que tenham um elevado desempenho energético e em que a satisfação das necessidades de energia resulte em grande medida de energia proveniente de fontes renováveis, designadamente a produzida no local ou proximidades” [36].

De modo a obter um edifício NZEB, deve-se apostar simultaneamente em alimentação por via de energias renováveis e eficiência energética do edifício, este segundo ponto pode ser auxiliado pela opção de uma infraestrutura elétrica em CC.

Não existe uma fórmula segura para atingir um edifício NZEB, pois este nasce de um equilíbrio entre produção e consumo de energia, existem sim ações a tomar que promovem este equilíbrio, tais como:

- Equipamentos e sistemas mais eficientes;
- Sistemas de gestão técnica otimizados;
- Armazenamento de energia e padrões de desempenho;
- Melhoria da qualidade da construção.

Em Portugal temos como exemplo de um edifício NZEB o Solar XXI, um edifício construído em 2006 no campus do LNEG, em que como principais características para uma maior sustentabilidade energética temos as seguintes [37]:

- Otimização térmica da envolvente;
- Aumento da área de captação de ganhos solares - fachada solar a Sul, com um sistema de ganho direto para aquecimento;
- Dispositivos de sombreamento exteriores nos vãos orientados a Sul;
- Fachada PV para aproveitamento elétrico (100 m² e 12 kWp);
- Recuperação de calor por convecção natural na fachada fotovoltaica para aquecimento ambiente;
- Coletores solares para aquecimento ambiente;

- Sistema de arrefecimento passivo por tubos enterrados;
- Iluminação natural.



Figura 2.6 - Edifício Solar XXI [37]

2.3.2 IoT e IoE

De um modo muito simples, a IoT é uma rede de objetos físicos ligados à internet, estes objetos contêm tecnologia que os permite interagir com o ambiente externo e estado de operação [38].

Esta tecnologia tem por objetivo aumentar o conforto da população e a sustentabilidade, seja ela energética, ambiental ou mesmo alimentar.

Como exemplos já existentes de dispositivos que funcionam numa IoT temos as caixas de multibanco ou estações meteorológicas espalhadas por todo o mundo.

O aumento da facilidade de acesso à internet, seja por banda larga, Wi-Fi ou ligação por cabo, aliado à evolução da tecnologia e diminuição do preço da mesma têm facilitado uma adesão a este novo conceito. Um equipamento, seja ele uma máquina de lavar, um fogão, estores elétricos, uma lâmpada ou mesmo um veículo a motor que disponha de ligação à internet, placa de rede e capacidade de processamento poderá muito facilmente ser controlado remotamente por um utilizador, ou gerido por um programa central de modo a aumentar a sua eficiência. O equipamento pode ser gerido diretamente, ou pode ser gerido por um controlador central ao qual esteja ligado, e este controlador sim ligado à internet.

Um primeiro passo em direção à IoT, que está a ser tomado por parte da Comissão Europeia (CE), é a definição por parte da *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) do *Smart Appliances Reference Ontology* (SAREF) como arquitetura *standard* para comunicação *Machine to Machine* (M2M).

O SAREF cria uma nova linguagem de referência para dados relacionados com energia, esta linguagem deverá ser utilizada por equipamentos domésticos, (desde lâmpadas a máquinas de lavar), e permitirá aos mesmos trocarem informações com sistemas de gestão de energia. Este *standard* foi estabelecido em 2015 resultante de um estudo adjudicado por parte da CE [39].



Figura 2.7 - Diferentes equipamentos ligados à IoT [41]

A um nível superior à IoT podemos encontrar a IoE. Embora o conceito à primeira vista pareça igual, na IoT temos uma ligação de e entre “coisas”, já na IoE a ligação não se limita a “coisas”, inclui também [40]:

- Pessoas;
- Dados, ou por outras palavras, o processamento de dados obtidos em informação útil;
- Processos envolvendo dados, coisas e pessoas.

Quando se fala da IoT ou IoE, um dos maiores receios é a segurança, seja relativamente ao funcionamento dos equipamentos em si, não queremos que alguém aceda ao carro que conduzimos e o trave de repente numa autoestrada, ou relativamente aos dados fornecidos ou gerados pelo equipamento. Neste ponto, ao estabelecer uma tecnologia com potencial de vulnerabilidade deverão ser impostas normas a cumprir quanto à segurança da informação, estas normas deverão estar adaptadas de acordo com o nível de segurança exigido. Tal como não é necessário cumprir o mesmo nível de segurança numa transação bancária pela internet como na leitura de um blog, deverão ser estabelecidos diferentes níveis e normas de segurança a cumprir para o caso da IoT de um veículo ou de um relógio.

2.3.3 Smart Grids

A deterioração das fundações do modelo de rede atual combinada com o aumento de novas exigências estão a alterar o caminho seguido pela rede elétrica. Este aspeto aliado ao desenvolvimento e implementação de novas fontes de energia, componentes eletrónicos e tecnologias de informação e comunicação estão a possibilitar o aparecimento de uma rede moderna e inteligente, a *smart grid* [38].

Segundo o *European Technology Platform for Smart Grids*, uma *smart grid* é uma infraestrutura de rede elétrica que consegue, de um modo inteligente, integrar as ações de todos os elementos ligados à mesma, sejam geradores ou consumidores de energia, ou mesmo

elementos que consomem e injetem energia, de modo a fornecer energia de um modo mais eficiente e sustentável e seguro [42].

Já na visão do IEEE, a *smart grid* é um empreendimento revolucionário envolvendo novas capacidades de comunicação e controlo, fontes de energia, modelos de geração e adesão a estruturas regulatórias de jurisdição [43].

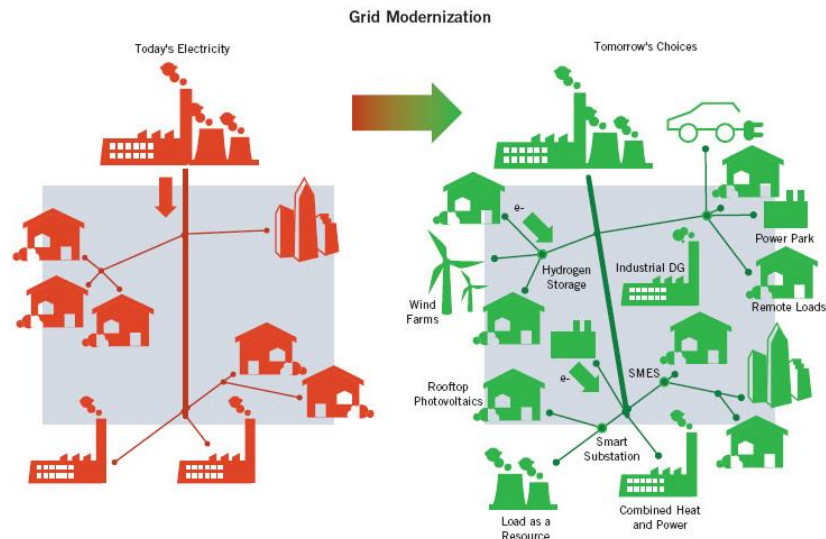


Figura 2.8 - Mudança da rede atual para uma smart grid [44]

Um constrangimento enorme no desenvolvimento de uma *smart grid* passa pela carência na integração e interoperabilidade de equipamentos, dados e aplicações [38].

Uma base para esta integração e interoperabilidade de equipamentos pode passar pela interligação dos mesmos em CC, isto anularia a necessidade que existe em CA de sincronização da fase e frequência de todos os elementos que injetam energia num dado ponto da rede, e a gestão do trânsito de energia entre os diversos elementos teria como principal condicionante a tensão em cada ponto, o que seria mais facilmente controlável.

Já na componente da troca de dados, dada a necessidade de interação entre os diferentes periféricos de uma *smart grid* e na busca de uma maior eficiência da rede, a IoT será a nova realidade da rede elétrica, conforme apresentado em [38].

2.4 TENDÊNCIAS NA EVOLUÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

ELÉTRICOS

Edifícios e *smart homes* são, e prevê-se que continuem a ser, uma componente vital no sistema elétrico nacional. O uso de *apps* e plataformas *web* que permitam a monitorização do consumo total de energia de uma habitação, ou individual dos equipamentos, tal como o controlo do horário de consumo poderão permitir aos consumidores um maior controlo dos seus consumos, às empresas geradoras e distribuidoras de energia uma melhor resposta à procura de energia, e até diminuir em termos globais os picos de consumo de energia elétrica da rede, o que garante um benefício a todas as partes integrantes da rede elétrica.

Se tivermos em conta a evolução dos equipamentos eletrónicos de que dispomos, podemos observar que cada vez menos dispomos de equipamentos que funcionem puramente em CA, sendo que os mais usuais são equipamentos que funcionam diretamente em CC e equipamentos que embora sejam alimentados por CA dispõem de um conversor interno para CC [45].

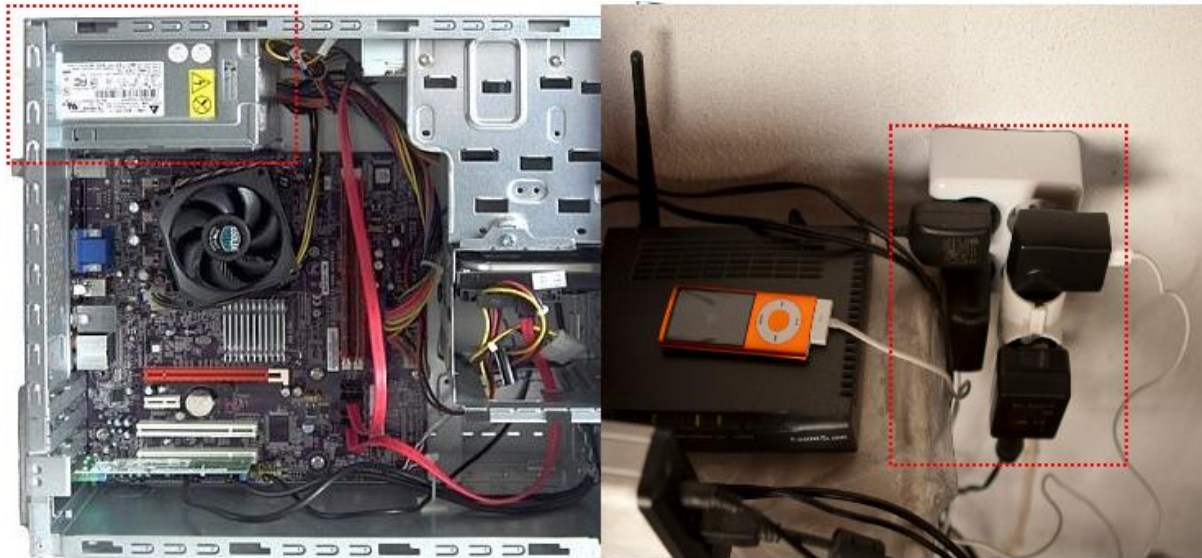


Figura 2.9 - Conversores internos e externos de equipamentos elétricos

No caminho para esta realidade temos observado uma evolução dos equipamentos elétricos dos quais dispomos nas nossas habitações, como as normais máquinas de lavar, que anteriormente funcionavam quando carregávamos num botão, evoluíram para máquinas que iniciam o seu trabalho, e consumo associado, no horário que for mais conveniente para nós. As evoluções nos equipamentos tendem em seguir as necessidades e modos de vida dos seus utilizadores, quanto mais estivermos atentos e melhor nos prepararmos para estas tendências um melhor sistema elétrico poderemos idealizar.

Atualmente as pessoas têm-se tornado cada vez mais “ligadas”, mais ligadas aos grupos sociais, à informação, à tecnologia, à atualidade, à necessidade de uma maior sustentabilidade, e tudo isto lhe é dado pela internet, o que torna que elas queiram os seus equipamentos também ligados, neste caso por uma IoT.

Outro sector também muito relevante em termos de equipamentos elétricos, e extremamente relevante no consumo de energia elétrica, é a indústria, nesta área está a ocorrer o que é já considerada a quarta revolução industrial, *Industry 4.0*, e que terá como grande impulsionadora a IoT e os equipamentos por ela ligados, logo será espetável uma adequação dos equipamentos industriais à ligação por rede, em que o objetivo será uma solução global economicamente mais sustentável e inovadora.

Todo este movimento no sentido da ligação dos equipamentos pela IoT irá obrigar a que os mesmos sejam constituídos por uma maior quantidade de eletrónica responsável pelo controlo dos equipamentos, computação de processos e ligação à rede. Consequentemente esta eletrónica trará consigo uma maior necessidade de energia em CC em detrimento de CA.

USB-C

Em Março de 2015 a Apple lançou um novo *Macbook* no mercado com uma inovação que provocou algumas contestações, o facto de apenas dispor de uma porta de conexão a periféricos, uma porta *USB-C*. Sendo afirmado pela marca que esta única porta garantia todas as necessidades de alimentação e conectividade com os periféricos necessários [46].

Este tipo de ligação *USB-C* já começa a ser considerada como uma evolução para o futuro em termos de alimentação e controlo de equipamentos de baixo consumo energético, tendo capacidade de transportar num único cabo de ligação até 10 gigabits/seg e 100 W de potência elétrica. Com esta capacidade de transporte de energia e informação, esta tecnologia apresenta a capacidade de futuramente suportar equipamentos elétricos que funcionem na IoT, fornecendo-lhes numa só ligação a energia de que necessitam e a capacidade de comunicação com um controlador mais central de um modo mais seguro.

Outra grande vantagem que a ficha de conexão tem, e que é mais importante do que inicialmente aparenta, é não estar restrita a uma posição de ligação (“*this side up*”), podendo ser conectada com maior facilidade.

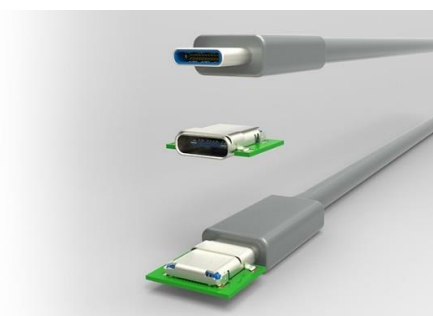


Figura 2.10 - Ficha de conexão USB-C

Um crescente número de equipamentos eletrónicos, que consomem energia em CC, já é alimentado diretamente por *USB*, pelo que esta evolução da tecnologia, que permite um maior fluxo de energia e dados, abre a possibilidade a que mais equipamentos adotem este tipo de ligação, podendo vir a existir nas habitações tomadas próprias para ligação por *USB-C* a uma rede de energia em CC destinadas a equipamentos com este tipo de ficha de conexão, dispensando assim os conversores que normalmente estão associados com equipamentos tais como os telemóveis.

2.5 CASOS DE ESTUDO DE INFRAESTRUTURA EM CC

Sempre que existe uma transformação de energia de um tipo para outro, encontram-se associadas a esta transformação perdas de energia. Sempre que carregamos um telemóvel, utilizamos um computador ou (com as novas lâmpadas LED) acendemos a luz perdemos parte da energia consumida no processo de transformação, algo que a adoção de uma infraestrutura em CC nos poderia ajudar a colmatar, tanto na parte do consumo como na grande maioria das instalações de produção em microgeração, isto porque os painéis solares fornecem energia em CC, que necessita de ser transformada em CA de modo a ser injetada na rede para consumo.

Com o crescente movimento na promoção da utilização de energia em CC têm sido realizadas algumas instalações em que utilizaram parcialmente, ou totalmente, energia em CC de modo a atestar a possibilidade de utilização desta tecnologia e seus benefícios, tal como identificar oportunidades de melhoria. Estas instalações têm sido realizadas predominantemente por empresas que dispõem de uma solução em CC e pretendem promover os seus produtos.

De seguida serão analisados alguns destes casos de estudo e os resultados observados nos mesmos.

2.5.1 Nextek Power Systems

O produto principal desta empresa é um conversor de potência centralizado que assegura uma maior eficiência na conversão.

Em termos estruturais este conversor assemelha-se a um *switch*, recebe energia vinda de diferentes tipos de fontes, tal como energia da rede em CA, energia de fontes renováveis em CC e energia de baterias em CC, escolhendo (de acordo com os parâmetros definidos) a energia a converter para as 16 saídas de distribuição de energia que funcionam a 24V, 100W, CC [32].

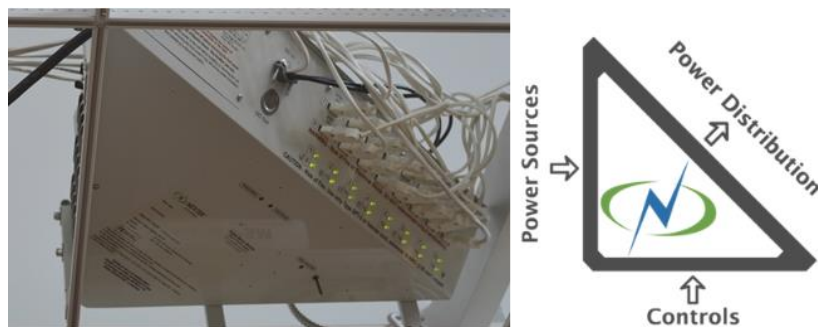


Figura 2.11 - Nextek Power Server Module [32]

Este produto, com características para facilitar a montagem em tetos falsos, é idealizado para alimentar sistemas de iluminação diretamente em CC. Centralizando a conversão dos diferentes periféricos em si mesmo garante uma maior eficiência no fornecimento de energia às lâmpadas.

Unidade do Exército Americano no Forte Huachuca

Um dos projetos que demonstram a viabilidade deste produto da Nextek vem de um contrato realizado pelo exército americano para instalar uma *Direct Coupling® Microgrid* em CC num laboratório químico com o intuito de demonstrar progresso na redução de consumo de energia, e para analisar se a solução era viável.

O Forte Huachuca situa-se a sensivelmente 92 km sudeste de Tucson, e recebe em média 6 a 7 kWh/m²/dia de energia solar por todo o ano.

Em instalações típicas de *microgrids*, a energia gerada por renováveis é convertida para CA, com as respetivas perdas associadas, neste caso foi adotada uma solução em CC suportada por tecnologia *Direct Coupling®* alimentada por PV (CC) e pela rede de energia (CA), estando

também ligada a baterias para que fosse possível o armazenamento de energia para quando a produção não fosse suficiente.

Os resultados finais da instalação foram muito positivos, tendo o sistema sido capaz de alimentar toda a instalação apenas se suportando na energia fornecida pelo PV. Sendo os resultados registados os seguintes [32]:

- Desde a sua instalação, em 2011, não foi mais consumida energia da rede (CA);
- Período de Recuperação do Investimento (PRI) observado foi de 3,13 anos;
- Poupança em energia e eficiência de 3.000 dólares por ano;
- Eficiência da *microgrid* em CC nos 97%;
- Diminuição dos riscos de acidente por eletrocussão ao alterar a alimentação do sistema de iluminação dos 110 VCA para 24VCC.

2.5.2 Moixa Technology

As soluções promovidas pela *Moixa Technology* apresentam como peça central o seu produto de capa, o *maslow*. Uma unidade de armazenamento de energia elétrica que alimenta os equipamentos ligados a jusante a uma tensão de 24 V CC destinada a alimentar lâmpadas LED e uma variada gama de equipamentos elétricos que se liguem a este nível de tensão (como um portátil).

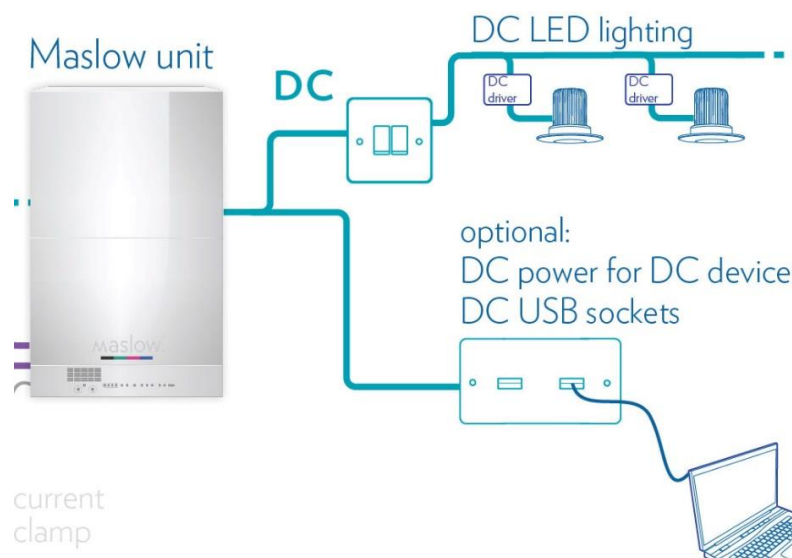


Figura 2.12 - Solução maslow [33]

Este equipamento dispõe de armazenamento de energia incorporado e pode receber energia em CA a partir da rede elétrica, tal como diretamente de painéis solares em CC, armazenando essa energia para a fornecer quando necessário. No seu modelo de maior potência, 4 a 6 kWh, a máxima potência de saída que pode fornecer são 800W nas saídas em CC mais 860W numa saída em CA [33], pelo que é necessário ter em atenção a quantidade de equipamentos que pode alimentar.

Projeto ERIC em Rose Hill, Oxford

O projeto *Energy Resources for Integrated Communities* (ERIC), é um projeto no valor de 1.3 milhões de libras e parte de uma parceria com o governo Inglês com o intuito de demonstrar as mais-valias de utilizar unidades de armazenamento de energia numa comunidade, e estudar como a adoção das baterias pode alterar a dinâmica de consumo de energia elétrica.

Este projeto pretende abranger até 100 habitações, sendo que 60 destas deverão ter instalado PV, e deverá decorrer entre Janeiro de 2015 e Abril de 2017.

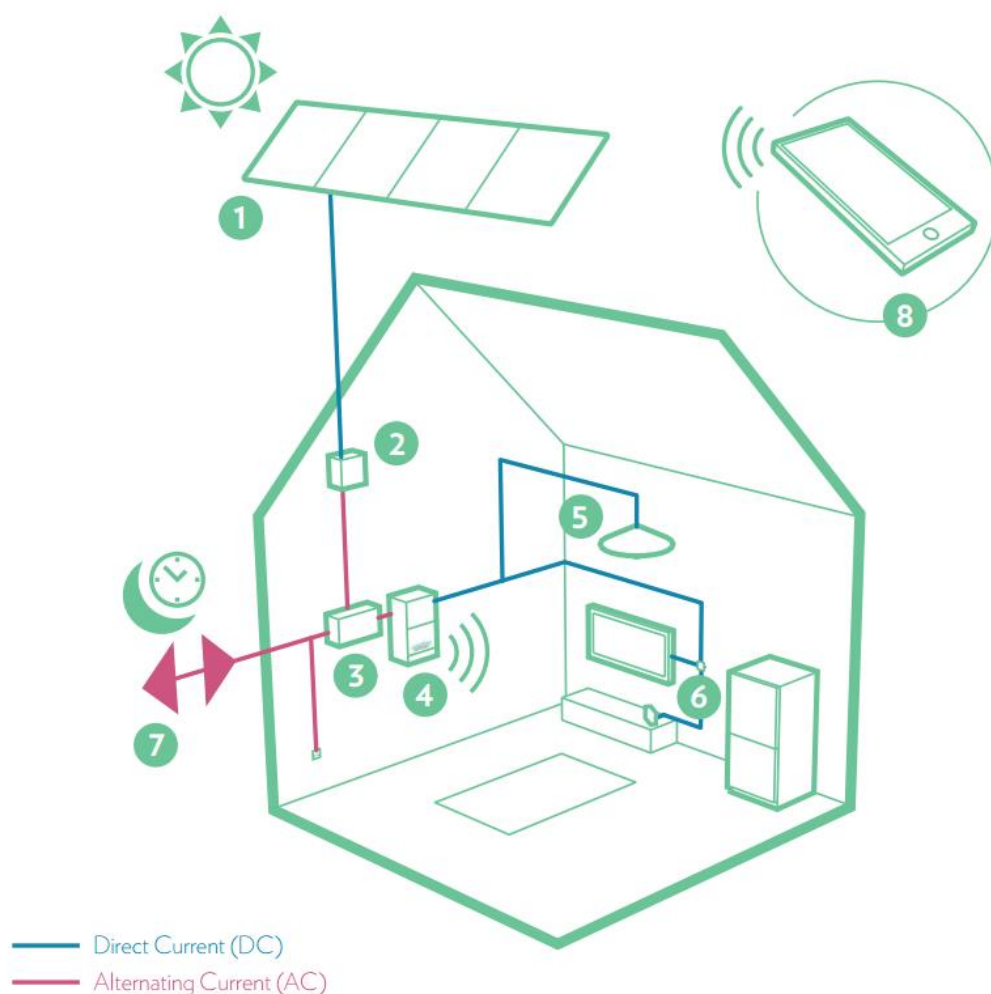


Figura 2.13 - Solução implementada no projeto ERIC [33]

Até à análise apresentada pela *Moixa*, terão sido instaladas 30 unidades Maslow em conjunto com a instalação de PV, totalizando 60 kWh de capacidade de armazenamento de energia. Com base nestas 30 instalações e dados recolhidos das mesmas, foram estimados os seguintes resultados [33]:

- Um total de poupança de 0.6 MWh/ano;
- Um aumento de 5% na utilização da energia solar;
- Poupança em energia e eficiência de 80 libras por ano, por habitação.

3. ESTADO POLÍTICO

A política tem um poder enorme no que nós iremos fazer e como o iremos fazer. Este poder vem da influência que a mesma pode ter nas nossas escolhas, seja ao informar-nos, permitir-nos, incentivar-nos, ou mesmo desincentivar-nos por via de leis, benefícios ou cargas fiscais. A política define quais as ferramentas que temos ao nosso dispor para construir um futuro melhor.

Devido a este papel fundamental que a política assume, é importante que a saibamos ler, e entender o rumo que a mesma está a tomar, tal como as questões que nos devemos preparar para resolver (idealmente antes de elas tomarem proporções demasiado grandes para reverter totalmente).

Existem riscos no caso de políticas certas não serem aplicadas no seu devido momento. Se os normativos de edifícios forem revistos a nível mundial, e a tecnologia em termos de EE avançar significativamente, sem que este avanço seja transposto para os normativos nacionais, causando uma estagnação dos mesmos, isto pode levar a um aumento do consumo de energia dos edifícios na ordem dos 33% até 2050 (comparando com os valores de 2005), ao invés de uma possível diminuição de 46% de consumo [9].

Atualmente, um foco central da política internacional prende-se com as alterações climáticas, e a necessidade de sustentabilidade. De seguida serão analisados alguns programas que demonstram as políticas que têm vindo a ser aplicadas na UE e o rumo que as mesmas pretendem levar, será igualmente abordada a possibilidade de uma nova política que se enquadre no quadro da sustentabilidade e EE.

3.1 2020

A Diretiva 2012/27/UE estabelece um quadro comum de medidas de promoção da EE na UE a fim de concretizar o objetivo de atingir 20% em matéria de EE até 2020 relativamente aos valores de 1990 [47].

Considerando o grande parque imobiliário do sector público, e energia consumida associada ao mesmo, tal como com a intenção deste sector dar um exemplo positivo no sentido da mudança, o setor público foi definido como um importante motor para incentivar a evolução do mercado para produtos, edifícios e serviços mais eficientes, bem como para induzir mudanças de comportamento no consumo de energia por parte dos cidadãos e das empresas.

De acordo com as conclusões do Conselho de 10 de junho de 2011, relativas ao Plano de Eficiência Energética de 2011, foi identificado que o sector residencial representa cerca de 40% do consumo de energia final da UE, devendo os Estados Membro (EM) estabelecer uma estratégia a longo prazo, para além de 2020, para a mobilização de investimento na renovação de edifícios residenciais e comerciais, tendo em vista melhorar o desempenho energético do

parque imobiliário. Os EM deverão incentivar os municípios e outras entidades públicas a adotarem planos integrados e sustentáveis de EE que estabeleçam objetivos claros [47].

Ao estabelecer medidas de melhoria da EE, haverá que ter em conta as economias e os ganhos de eficiência obtidos com a aplicação generalizada de inovações tecnológicas rentáveis, como os contadores inteligentes. Assim sendo, e caso se verifique que a instalação dos contadores inteligentes é rentável, pelo menos 80% dos consumidores deverão dispor de sistemas de contadores inteligentes até 2020 [47], este racional é transversal a outras melhorias tecnológicas que se apresentem.

Será necessário disponibilizar um número suficiente de profissionais fiáveis e competentes, em matéria de EE, para assegurar a aplicação eficaz e atempada da presente diretiva, designadamente no que respeita ao cumprimento dos requisitos em matéria de auditorias energéticas e à execução dos regimes obrigatórios no domínio da EE. Por conseguinte, os Estados Membro deverão criar sistemas de certificação para os prestadores de serviços energéticos, auditorias energéticas e outras medidas de melhoria da EE.

Os EM podem optar por outro tipo de medidas políticas alternativas e combinar regimes obrigatórios, incluindo programas nacionais de EE. Entre estas podem incluir-se as seguintes medidas ou combinações de medidas [47]:

- a) Taxas sobre a energia ou o dióxido de carbono que tenham por efeito reduzir o consumo final de energia;
- b) Mecanismos e instrumentos de financiamento ou incentivos fiscais que levem à aplicação de tecnologias ou técnicas eficientes do ponto de vista energético e que tenham por efeito reduzir o consumo final de energia;
- c) Disposições regulamentares ou acordos voluntários que levem à aplicação de tecnologias ou técnicas eficientes do ponto de vista energético e que tenham por efeito reduzir o consumo final de energia;
- d) Normas que visem melhorar a EE dos produtos e serviços, incluindo edifícios e veículos, exceto nos casos em que tenham carácter obrigatório e sejam aplicáveis nos EM por força da legislação da União;
- e) Sistemas de rotulagem energética, com exceção dos que tenham carácter obrigatório e sejam aplicáveis nos EM por força da legislação da União;
- f) Ações de formação e sensibilização, nomeadamente programas de aconselhamento energético, que levem à aplicação de tecnologias ou técnicas eficientes do ponto de vista energético, e que tenham por efeito reduzir o consumo final de energia.

3.2 2050

Ainda não sendo mensuráveis os resultados das medidas englobadas na Diretiva 2020, a capacidade dos países da zona euro cumprirem medidas mais exigentes, ou sido realizado um levantamento exaustivo das áreas em que cada país dispõe de uma maior margem para

melhoramento, não estão ainda vinculadas metas e medidas após 2020, existindo contudo uma intenção de reforçar esforços para combater as alterações climáticas por diversas vertentes, sendo uma delas a EE. Esta intenção encontra-se já apresentada em diversos documentos emitidos por órgãos da UE, sendo o documento mais relevante até ao momento o Roteiro 2050.

Temos como principais objetivos no Roteiro 2050 a definição de uma via para a transição da UE no sentido de se tornar uma economia hipocarbónica até 2050, a redução até 2050, de no máximo 50% das emissões mundiais de GEE relativamente a 1990, o que implica a reduções das suas emissões na ordem de 80 e 95% [48]. Muitos países em desenvolvimento terão também de reduzir de forma significativa as suas emissões [18].

3.2.1 Medidas de Continuidade com 2020

De entre as medidas delineadas para o Roteiro 2050 podemos dizer que grande maioria delas, se não todas, seguem uma linha de continuidade com as medidas presentes na Diretiva 2020. Estas medidas vão obrigar a um maior investimento por parte da UE, e seus cidadãos. Nomeadamente nos investimentos em investigação e desenvolvimento e implementação de medidas nas infraestruturas, tanto de produção e transporte de energia, como nas próprias habitações.

De entre as medidas, podemos salientar as seguintes [49]:

- a) Caso a Diretiva 2020 não se encontre totalmente aplicada por parte dos EM, uma prioridade imediata será a da sua integral aplicação;
- b) Transformação do sistema energético através da investigação e inovação para tecnologias mais competitivas;
- c) Poupança energética na totalidade do sistema, previsível uma descida na procura de energia primária de 16% a 20% até 2030 e de 32% a 41% até 2050, face aos picos de 2005-2006;
- d) Maior política externa, a nível mundial, no combate às alterações climáticas, em que a UE deverá tomar a liderança nos esforços internacionais.

3.2.2 Medidas de Rotura com 2020

Embora não se possam totalmente considerar medidas de rotura, pois todas as medidas apresentadas na Diretiva 2020 tais como as pensadas para o Roteiro 2050 têm um objetivo em comum, algumas das medidas apresentadas no Roteiro 2050 apresentam uma diferente abordagem, principalmente na intenção de dar um papel mais ativo à população no combate às alterações climáticas, este papel irá acarretar um maior custo seja por meio do valor da energia a ser pago, seja por uma necessidade de remodelar as suas habitações e aquisição de equipamentos com maior nível de EE.

De entre as medidas, podemos salientas as seguintes:

- a) Redução de no mínimo 40% nas emissões de GEE por parte das habitações até 2030, quando comparado com valores de 1990 [50];

- b) Dissociação do crescimento económico e do consumo energético [49], (podendo não se considerar uma medida em si, mas mais uma ferramenta de avaliação, esta mudança de paradigma irá permitir uma mais eficaz avaliação dos avanços em termos de EE);
- c) Aumento da taxa de renovação dos edifícios. Ainda se deverá fixar uma taxa anual de renovação dos edifícios propriedade da administração central [47].

Existem países com uma meta mais exigente relativamente à sua redução do consumo de combustíveis fósseis e emissões de GEE, temos como exemplos a Dinamarca e o Reino Unido.

Já em Fevereiro de 2011, o governo Dinamarquês definiu uma estratégia para a energia até 2050, em que o objetivo final da mesma é o de atingir uma independência de 100% dos combustíveis fósseis no mix energético nacional até 2050 [51]. Também o Reino Unido definiu um objetivo a atingir, até 2050, uma redução das emissões de GEE de no mínimo 80% relativamente aos valores de 1990 [52].

3.3 SET PLAN

Muito resumidamente, o *Strategic Energy Technology Plan (SET Plan)* é o pilar tecnológico da política energética e ambiental da UE cujo grande objetivo é o de desenvolver e implementar tecnologias de baixo carbono.

O *SET Plan*, adotado pela UE em 2008, é um primeiro passo para estabelecer uma política tecnológica na área da energia para a Europa, sendo a principal ferramenta de apoio à decisão para a política de energia Europeia, com o objetivo de [53]:

- Acelerar o desenvolvimento do conhecimento, mudança tecnológica e implementação da tecnologia;
- Manter a liderança industrial da UE nas tecnologias de baixo carbono;
- Estimular cientificamente as tecnologias de conversão de energia de modo a atingir os objetivos energéticos e climáticos de 2020;
- Contribuir para uma mudança a nível mundial para uma economia de baixo carbono até 2050.

A implementação do *SET Plan* começou com o estabelecimento das EIIs que juntam a indústria, a comunidade científica, os EM e a CE na partilha de riscos, parcerias público-privadas destinadas ao rápido desenvolvimento de tecnologias chave na área da energia a um nível Europeu.

Ao mesmo tempo, a *European Energy Research Alliance (EERA)* tem trabalhado desde 2008 de modo a encaminhar as atividades de pesquisa e desenvolvimento de organizações de investigação privadas para as necessidades e prioridades do *SET Plan*, e para estabelecer um programa conjunto ao nível da UE.

O SET Plan tem dois grandes marcos temporais, nomeadamente;

Até 2020, o SET Plan pretende acelerar o desenvolvimento e implementação de tecnologias de baixo carbono que sejam rentáveis.

Até 2050, o SET Plan pretende limitar o aumento global de temperatura a um máximo de 2°C, em particular ao partilhar o objetivo de reduzir as emissões Europeias de GEE entre 80 a 95%. O objetivo do plano neste aspeto é o de tornar as tecnologias de baixo carbono ainda mais rentáveis, e colocar a indústria energética Europeia na linha da frente do sector tecnológico de energia de baixo carbono.

No decorrer da estratégia Europeia relativa à energia adotada em Fevereiro de 2015, que dedica uma das suas cinco dimensões à pesquisa, inovação e competitividade, o *SET Plan* adotou um novo patamar, sendo que para uma melhor distinção passou a ser tratado como *SET Plan Integrado*.

O novo *SET Plan Integrado* define a nova estratégia Europeia na vertente da pesquisa e inovação, em particular [54]:

- Identifica 10 ações para pesquisa e inovação;
- Aponta para estas ações toda a cadeia de inovação, desde pesquisa básica até introdução no mercado, tanto em termos de financiamento como legislativo;
- Adapta as estruturas que suportam o *SET Plan* para garantir uma mais efetiva interação com EM e *stakeholders*;
- Propõe medir o progresso como parte do relatório anual do estado da união energética via indicadores de performance chave mais abrangentes, tais como o investimento em pesquisa e inovação, e indicadores de performance chave mais específicos para medir o progresso na performance e redução de custos para as prioridades.

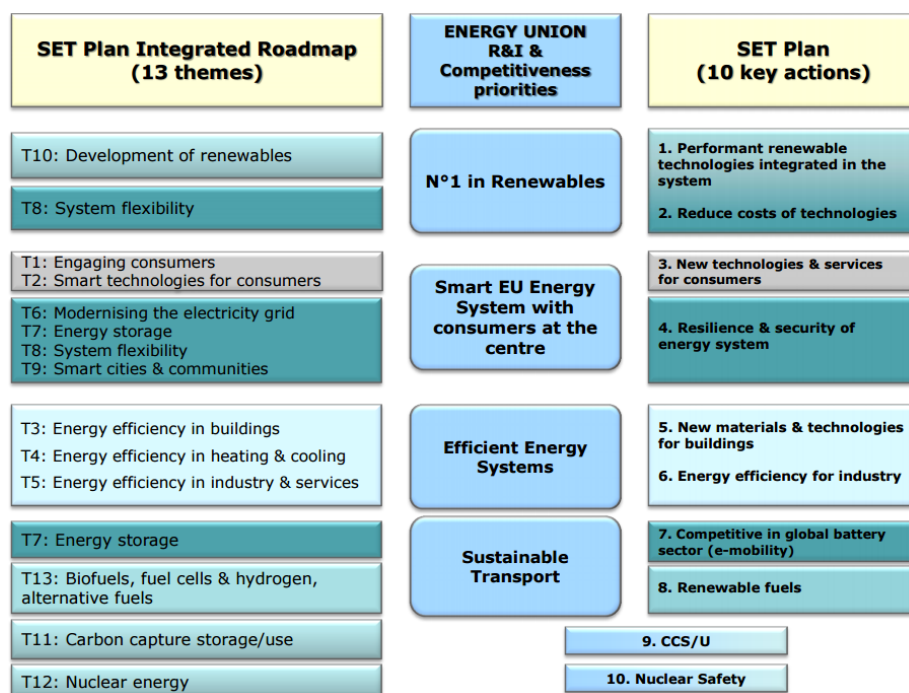


Figura 3.1 - SET Plan Integrado [54]

3.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PORTUGAL

No seguimento dos compromissos assumidos no Protocolo de Quioto, a UE, como um todo, mobilizou-se de modo a criar metas e modelos energéticos que permitam uma maior EE.

Os objetivos iniciais da UE passavam por reduzir anualmente o consumo de energia, até 2016, em 1% do consumo médio anual referente ao período compreendido entre 2001 e 2005, nesta linha de ação, Portugal assentou a sua política energética na racionalidade económica e na sustentabilidade, tendo sido criados três planos, o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE), o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER) e o Programa de eficiência Energética para a Administração Pública (ECO.AP). A definição destes planos demonstram a sua importância estratégica na política energética nacional.

Estes planos têm como objetivos gerais os seguintes [55]:

- Reduzir significativamente as emissões de GEE, de forma sustentável;
- Reforçar a diversificação das fontes de energia primária, contribuindo para aumentar estruturalmente a segurança de abastecimento do País;
- Aumentar a EE da economia, em particular no setor Estado, contribuindo para a redução da despesa pública e o uso eficiente dos recursos;
- Contribuir para o aumento da competitividade da economia, através da redução dos consumos e custos associados ao funcionamento das empresas e à gestão da economia doméstica, libertando recursos para dinamizar a procura interna e novos investimentos.

Para além da densificação das metas a atingir, os referidos planos identificam ainda as barreiras existentes, bem como o potencial de melhoria em matéria de EE e de incorporação de energia proveniente de fontes renováveis nos vários setores de atividade, com vista ao estabelecimento dos programas e medidas mais adequados à observância dos referidos compromissos tendo em conta a realidade nacional.

Estes planos representam o geral da política que está a ser seguida na área da EE, sendo os mesmos complementados por diversas Diretivas, Decretos-Lei e Portarias, tais como o Decreto-Lei n.º 108/2007 que estabelece uma taxa ambiental sobre as lâmpadas de baixa EE, a Diretiva n.º 2006/32/CE que consiste em incrementar a relação custo-eficácia da melhoria da eficiência na utilização final de energia nos EM ou a Portaria n.º 54/2008 que determina os tipos e modelos de lâmpadas de baixa eficiência energética sobre as quais incide a taxa estabelecida pelo Decreto-Lei n.º 108/2007.

Outra aspeto que alterou, é que anteriormente o PNAEE e o PNAER eram trabalhados de uma forma independente um do outro, contudo na revisão de 2013 os planos foram integrados com a intenção de permitir uma ação concertada para o cumprimento dos objetivos nacionais e europeus. Este pode ser considerado um exemplo da complementaridade que as ER devem ter com a EE.

3.4.1 PNAEE 2016

O PNAEE 2016, lançado em 2013, prevê uma poupança de 8,2% em EE a nível nacional até 2016, relativamente à média do consumo verificado entre 2001 e 2005, próxima da meta indicativa definida pela UE de 9%.

Para 2020, a meta definida é já algo mais ambiciosa, é pretendida uma diminuição no consumo da energia primária de 25% [24].

De modo a ter uma diferente visão dos resultados da EE temos como exemplo o PNAEE 2008. Neste plano, se analisarmos os resultados das medidas de “Promoção de equipamentos mais eficientes” e “Iluminação eficiente” englobadas no programa “Renove Casa & Escritório”, podemos constatar que estas duas medidas permitiram uma poupança em termos de consumo energético, entre 2008 e 2010, de 148.431 tep, valor acima da meta estabelecida para este período.

Seguindo o conceito de que a sociedade deve reduzir o consumo energético como um todo, o plano contempla seis áreas específicas:

- Transportes;
- Residencial e Serviços;
- Indústria;
- Estado;
- Comportamentos;
- Agricultura.

Estas áreas agregam um total de 10 programas, com um leque de medidas de melhoria da EE, orientadas para a procura energética.

		ÁREAS					
		Transportes	Residencial e Serviços	Indústria	Estado	Comportamentos	Agricultura
PROGRAMAS	Eco Carro	Renove Casa & Escritório	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia	Eficiência Energética no Estado	Comunicar Eficiência Energética	Eficiência no setor Agrário.	
	Mobilidade Urbana	Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios					
	Sistema de Eficiência Energética nos Transportes	Solar Térmico					

Figura 3.2 - Áreas e programas do PNAEE 2016 [24]

O leque de medidas apresentadas no PNAEE 2016 é na sua maioria composto por medidas:

- Regulatórias, tais como imposição de penalizações sobre equipamentos ineficientes, requisitos mínimos de classe de desempenho energético, obrigatoriedade de etiquetagem energética, obrigatoriedade de realização de auditorias energéticas;
- Mecanismos de diferenciação fiscal, tais como discriminação positiva em sede de Imposto Único de Circulação (IUC), Imposto Sobre Veículos (ISV) e Imposto Sobre Produtos Petrolíferos e Energéticos (ISP);
- Apoios financeiros provenientes de fundos que disponibilizem verbas para programas de EE, tais como o Fundo de Eficiência Energética (FEE), o Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica (PPEC), o Fundo Português de Carbono (FPC), Portugal 2020 e outros instrumentos financeiros comunitários.

3.4.2 ECO.AP

Com o intuito de liderar através do exemplo, e estimular a economia e a sociedade como um todo, no sector da EE foi lançado em 2011 o ECO.AP, que tem por meta obter um nível de EE na ordem dos 30% até 2020 nos organismos e serviços da Administração Pública sem o aumento da despesa pública.

As grandes medidas neste programa passam pela criação de um quadro legal para as ESE, e contratação pública de serviços energéticos de modo a cumprir as metas estipuladas.

Segundo o ECO.AP, todos os serviços e organismos do Estado bem como empresas públicas, universidades, entidades públicas empresariais, fundações públicas, associações públicas ou privadas com capital maioritariamente público, devem designar um gestor local de energia responsável pela dinamização e verificação das medidas para a melhoria da EE [56].

Por sua vez, as entidades públicas de maior consumo energético, que em conjunto representem pelo menos 20% do consumo de energia de cada ministério e que, individualmente ou agrupadas, tenham consumos superiores equivalentes a 100 MWh/ano, devem celebrar contratos de performance energética com Empresas de Serviços Energéticos (ESSE) [56].

Uma das ferramentas criadas para ajudar a cumprir as metas desejadas é o Barómetro de Eficiência Energética, que compara e divulga publicamente o desempenho energético dos organismos do Estado.

Este Barómetro avalia e ordena num ranking as entidades, promovendo uma competição saudável entre as mesmas e um controlo do quanto falta para atingir as metas, ou mesmo por quanto as poderão ultrapassar. (A ter em atenção que à altura de desenvolvimento deste trabalho o Barómetro não estava disponível, encontrava-se em remodelação, pelo que não terá sido possível analisar a informação que o mesmo deveria disponibilizar).

3.5 POLÍTICA CC

Conforme já referido, a política pode ser um meio impulsionador ou mesmo repressor de uma tecnologia.

Devido a um grande número e diversidade de barreiras, políticas como a implementação do mercado de carbono não serão suficientes para desbloquear o grande potencial para eficiência, serão necessários sim *portfolios* de políticas, adaptados a diferentes grupos e barreiras em específico, de modo a otimizar os resultados [9].

Isto torna necessário que exista vontade política de incentivar à evolução da tecnologia, e dadas condições ao utilizador de escolha entre que tipo de tecnologia utilizar. Temos como bons exemplos a evolução da tecnologia PV graças a benefícios fiscais, ou a possibilidade dos utilizadores escolherem entre ligações em fibra ótica ou cobre graças a normativos implementados.

Não se pode dizer que exista atualmente uma política que favoreça especificamente a implementação de soluções em CC, existem sim diversos atores, desde empresas a investigadores, que favorecem a utilização deste tipo de soluções e a necessidade de uma normalização da tecnologia.

Sempre que realizamos uma viagem a outro país ou interagimos com pessoas de uma diferente cultura, as diferenças entre nós têm por hábito criar barreiras para a nossa interação, para a nossa compreensão. Isto não é apenas verdadeiro em termos culturais, também o é em termos tecnológicos.



Figura 3.3 - Barreira para utilização de equipamentos num diferente país

Na Figura 3.3 podemos observar como o simples ato de ligar um carregador de telemóvel se pode tornar mais complexo pelo simples facto de não nos encontrarmos no país onde adquirimos o equipamento, neste caso um equipamento adquirido em Portugal necessita de um adaptador para se ligar à rede elétrica Inglesa.

Uma implementação a nível mundial de uma infraestrutura normalizada de consumo de energia poderia trazer consigo diversas vantagens, entre as quais:

- Simplificação do comércio internacional de equipamentos elétricos;
- Desenvolvimento dos equipamentos numa linha tecnológica, pelo que a evolução da tecnologia poderia avançar mais rapidamente;
- Aumento da experiência na implementação da solução, trazendo consigo melhores práticas de instalação, estas seriam as mesmas para países mais ou menos desenvolvidos, (beneficiando especialmente os países em desenvolvimento).

Claro está, qualquer política tem os seus pontos positivos e negativos, como pontos negativos poderemos ter os seguintes:

- A globalização de uma solução deste género tornaria todo o sistema ainda mais “pesado”, pelo que uma futura alteração da solução obrigaria a um maior esforço;
- Os investigadores poderiam focar demasiado numa solução em CC o que limitaria a procura de diferentes soluções.

Uma combinação de políticas de regulamentação, incentivos e medidas para chamar a atenção da população para o tópico tem o maior potencial para aumentar a EE em edifícios [9], pelo que existindo interesse político em promover a tecnologia de CC esta deverá ser a fórmula utilizada. Seguem algumas sugestões de políticas a implementar:

- **Regulamentação:**
 - Obrigatoriedade de garantir a pré-instalação de infraestrutura em CC numa habitação;
 - Definição de *standards* para fichas e tensões de funcionamento em CC numa habitação;
 - Obrigatoriedade de indicação nos equipamentos elétricos se os mesmos estão preparados para funcionar em CC e a que tensão;
 - Definição da alimentação de um equipamento elétrico através de CC como um critério de *ecodesign*;
 - Tal como ocorre nas viaturas, obrigatoriedade em inspeções periódicas das habitações e suas componentes para averiguar cumprimento de normativos de modo a garantir a segurança, conforto e eficiência energética das mesmas;
- **Incentivos:**
 - Devolução parcial ou total do IVA em produtos que funcionem diretamente em CC;
 - Apoio de financiamento a fundo perdido para empresas fabricantes de equipamentos elétricos residenciais destinado para investimento em criar novas gamas de produtos para funcionar em CC;
 - Atribuição de bolsas de investigação na vertente da energia elétrica em CC;
- **Divulgação:**
 - Promoção de debates técnicos entre especialistas na área;
 - Realização de seminários relativos ao uso de energia em CC, especializados para arquitetos e projetistas;
 - Realização de ações de divulgação, seja através de tempo de antena ou diferentes meios de informação, destinadas à população em geral, explicando as vantagens e cuidados a ter com energia elétrica em CC;
 - Promoção de ações de formação para engenheiros projetistas e técnicos instaladores.

4. PROJETO ELÉTRICO EM CC

PARA UMA HABITAÇÃO

A EE pode e deve começar na fase de projeto, logo é uma responsabilidade do Eng.º projetista esta primeira abordagem. Este deve fazer por especificar um projeto que garanta um elevado nível de eficiência direta (por escolha de materiais adequados, distribuição adequada de elementos de iluminação, etc.), e deve igualmente garantir a possibilidade de escolha aos futuros residentes das habitações em causa, a escolha por uma solução mais eficiente ou possibilidade de adoção de uma tecnologia renovável, como por exemplo a existência de uma infraestrutura elétrica de CC que permita a utilização de equipamentos de um modo mais eficiente ou pré instalação de um sistema PV.

Neste capítulo é pretendido fazer notar cuidados a ter entre um projeto elétrico em CC e CA, identificar vantagens e inconvenientes, tal como oportunidades de melhoria para a implementação da tecnologia, para isso serão tidos como base os regulamentos em vigor, em especial o RTIEBT.

4.1 NORMATIVOS

Existem diversos, e distintos, normativos quando se aborda qualquer tema, sendo que as instalações elétricas não diferem neste aspeto. Os normativos são de extrema importância pelo facto de que influenciam em certo modo o mercado e impõem requisitos mínimos de modo a garantir a segurança e boas práticas.

Nenhum normativo é totalmente vinculativo a uma só solução a implementar, apenas nos fornece um “leque” de soluções a escolher, sendo até em alguns casos bastante omissos em determinados pontos. Neste trabalho iremos tomar como base o normativo português RTIEBT e complementá-lo com outros elaborados especificamente a pensar em instalações elétricas em CC que serão apresentados de seguida.

4.1.1 RTIEBT

Em Portugal o conjunto de normas a seguir para a instalação e segurança nas instalações elétricas de baixa tensão está compilado no RTIEBT.

Ao realizar qualquer projeto ou instalação elétrica em baixa tensão devemos sempre respeitar este normativo lançado em 2006, e que foi alvo de uma atualização em 2015, que teve por objetivo permitir a inclusão de disposições de segurança para instalações especiais, que não estavam cobertas pelas regras técnicas anteriormente aprovadas. Destas instalações é de destacar as instalações elétricas para a alimentação de veículos elétricos em corrente alternada, que tiveram um grande desenvolvimento nos últimos anos e que são hoje alvo de enquadramento específico, nomeadamente no quadro da Diretiva 2014/94/UE de 22 de outubro de 2014.

Na realização deste normativo foram tidos em consideração documentos de harmonização do Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica (CENELEC) e do *International Electrotechnical Commission* (IEC) de modo a que as regras técnicas seguidas em Portugal se aproximassem o mais possível destes mesmos documentos.

O RTIEBT encontra-se assim dividido em 8 partes, que se subdividem em regras técnicas, respeitando a estrutura seguida pela IEC e CENELEC:

- Parte 1: Generalidades;
- Parte 2: Definições;
- Parte 3: Determinação das características gerais das instalações;
- Parte 4: Proteção para garantir a segurança;
- Parte 5: Seleção e instalação dos equipamentos;
- Parte 6: Verificação e manutenção das instalações;
- Parte 7: Regras para instalações e locais especiais;
- Parte 8: Regras complementares.

Diferenças em CC

Sendo o RTIEBT o normativo a respeitar na realização de projetos elétricos em Portugal, foi realizada uma análise exaustiva do mesmo para identificar as normas mais diretamente direcionadas para a elaboração de um projeto em CC quando comparado com um projeto em CA, estas normas encontram-se transcritas no Anexo A.

Após análise das normas mais relacionadas com a CC, é possível afirmar que a grande maioria das normas presentes no RTIEBT são transversais ao nível de tensão ou forma de onda da corrente a aplicar na instalação, como por exemplo as secções mínimas da cablagem a instalar. É igualmente possível observar que o RTIEBT como um todo está pensado para uma infraestrutura em CA, sendo o caso de uma em CC considerado uma possível exceção.

Uma das grandes diferenças que podemos observar ao analisar o RTIEBT, quando comparamos soluções em CC com as em CA, são os diferentes níveis de tensão limite em diferentes pontos do normativo, conforme podemos observar melhor na tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Tensões de referência no RTIEBT para CC e CA

Âmbito de aplicação do artigo	Artigo	CC (V)			CA (V)		
Limite de tensão para aplicação do RTIEBT	11.2 a)	1500			1000		
		Ligado diretamente à terra		Não ligado diretamente à terra	Ligado diretamente à terra		Não ligado diretamente à terra
	222 223	Entre pólo e terra	Entre pólos	Entre pólos	Entre fase e terra	Entre fases	Entre fases
Domínios de tensão I		$U \leq 120$	$U \leq 120$	$U \leq 120$	$U \leq 50$	$U \leq 50$	$U \leq 50$
Domínios de tensão II		$50 \leq U \leq 1500$	$50 \leq U \leq 1500$	$50 \leq U \leq 1500$	$50 \leq U \leq 600$	$50 \leq U \leq 1000$	$50 \leq U \leq 1000$
Proteção contra contactos diretos (circuitos não ligados à terra)	411.1.4	$60 \leq U$			$25 \leq U$		
		Se equipamentos estiverem situados na zona de influência de um/uma ligação equipotencial					
Proteção contra contactos diretos (circuitos ligados à terra)	411.1.5	$60 \leq U$	Locais secos e que não apresentem grandes superfícies de partes ativas suscetíveis de contacto com o corpo humano		$25 \leq U$	Locais secos e que não apresentem grandes superfícies de partes ativas suscetíveis de contacto com o corpo humano	
		$6 \leq U$	Outros casos		$15 \leq U$	Outros casos	
Corte de alimentação por contacto indireto	413.1.1.1	$120 \leq U$			$50 \leq U$		
Medidas de proteção contra contactos indiretos	481.3	$60 \leq U$			$25 \leq U$		
Tensão máxima no volume 0 de uma casa de banho	701.471.0	30			12		
Tensão máxima permitida numa aparelhagem, de interruptor, instalada no volume 1 de uma casa de banho	701.53.04	30			12		
Tensão máxima permitida numa aparelhagem, de dispositivo de comando ou tomada, instalada no volume 2 de uma casa de banho	701.53.05	30			12		
Tensão máxima no volume 0 e 1 de uma piscina	702.471.0	30			12		
Tensão limite convencional UL, nas instalações de estaleiros, quando proteção de pessoas contra contactos indiretos for por corte automático	704.471	60			25		
Tensão limite convencional UL nos locais onde se encontrem animais ou em locais exteriores, nas instalações em estabelecimentos agrícolas ou pecuários, quando proteção de pessoas contra contactos indiretos for por corte automático	705.413.1	60			25		

Tensão máxima permitida entre partes ativas, ou entre estas e a terra, quando usada uma fonte de alimentação TRS para aquecimento ambiente por condutores nus, ou insuficientemente isolados, embebidos na construção

801.6.2.1.5	36	20
Anexo III Medida P7	60	25

Tensão máxima nominal no secundário do transformador que forneça a tensão reduzida de segurança em locais de uso médico

Considerando os limites de tensão indicados em diferentes artigos do RTIEBT, podemos observar que é possível fornecer uma maior tensão, e conseqüentemente maior potência, a uma tomada, ou parte da instalação, quando em CC comparando com uma instalação em CA monofásica, isto tendo em consideração as diferentes obrigatoriedades de proteção (que acabam por ser menos exigentes para CC).

Já em termos de infraestrutura de cablagem, em CC são considerados esquemas de 2 ou 3 condutores ativos, e para CA entre 2 e 5, sendo os esquemas para ligação à terra igualmente distintos para CC ou CA (esquemas representados no artigo 312.2).

Um dos pontos em que o RTIEBT faz por assegurar a distinção entre a infraestrutura em CC da em CA, é nas tomadas e fichas que servirão para ligar os equipamentos elétricos, existindo a obrigatoriedade de diferentes tipos de tomadas para diferentes tensões, sendo que à TRS não é obrigatória a existência de contacto de terra. As fichas e tomadas destinadas para usos domésticos devem cumprir a norma NP 1260, e as destinadas para usos industriais a norma EN 60309, sendo que quando forem utilizadas tensões ou correntes de natureza diferente devem ser instaladas tomadas e fichas de modelos bem diferenciados e que não permitam a intermutabilidade entre fichas de tensões diferentes.

Pese embora a existência de uma norma para estabelecer requisitos mínimos para as tomadas e fichas, no caso da CC não existe nenhum standard normalizado ao qual os instaladores e fabricantes de equipamentos elétricos se possam suportar, contudo já se começa a observar tomadas de alimentação com ficha USB para energia em CC, contudo a conversão de energia é realizada na própria tomada o que não representa maior EE relativamente ao normal carregador.



Figura 4.1 - Tomada elétrica com alimentação USB

Uma especificidade em termos de proteção que é exigida às instalações em CC é a de que, segundo o artigo 531.2.1, os dispositivos diferenciais devem ser especificamente concebidos para a deteção de correntes diferenciais contínuas e para o corte das correntes do circuito nas condições normais e nas situações de defeito.

É também exigido no ponto 531.2.1.4 que, quando os equipamentos eléctricos susceptíveis de produzirem correntes contínuas estiverem instalados a jusante de um dispositivo diferencial, devem ser tomadas precauções para que, em caso de defeito à terra, as correntes contínuas não perturbem o funcionamento dos dispositivos diferenciais nem comprometam a segurança.

4.1.2 EMerge Alliance

A *EMerge Alliance* é uma associação sem fins lucrativos composta por várias empresas, direta ou indiretamente ligadas à área da energia, cujo objetivo é promover a rápida utilização de energia em CC nos edifícios, ou um sistema híbrido contendo CC e CA. Isto com o intuito de promover uma maior EE e aumentar a sustentabilidade.

De modo a facilitar esta utilização, a *EMerge Alliance* criou dois *standards* promovidos por si mesma, um delineado a pensar em edifícios ocupados e o outro em centros de dados, estes *standards* adotam uma vertente mais focada na qualidade e funcionalidade dos equipamentos por modo a harmonizar a solução em CC, seja em termos de tensão de funcionamento como conectores a utilizar.

O objetivo da *EMerge Alliance* é que os seus *standards* garantam:

- Soluções de mercado baseadas em necessidades de mercado e ambientalmente aceitáveis;
- Confiança por parte dos consumidores quanto aos produtos aprovados pelo *standard*;
- Aumento da gama de produtos e soluções que vá de encontro com as necessidades comerciais.

O objetivo dos *standards* por eles realizados já passa pelo seguinte:

- Tempo de instalação reduzido;
- Capacidade de reconfiguração mais simples e flexível;
- Utilização de equipamentos de classe II sempre que possível, ao invés de classe I;
- Preço de compra de equipamento competitivo quando comparado com outros equipamentos similares;
- Uso de energia em CC para distribuição de energia de modo a facilitar a redução de perdas, comparando com o uso de energia em CA;
- Simplificação na integração de fontes de energia em CC, tais como painéis PV ou baterias.

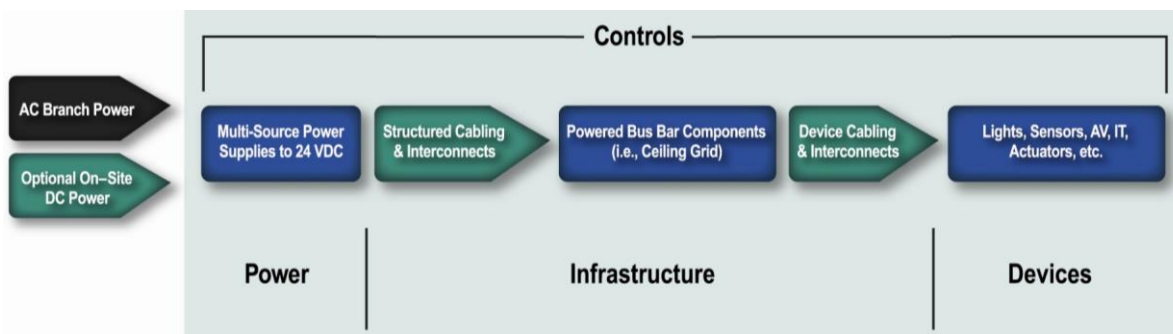


Figura 4.2 - Estrutura base do standard da EMerge Alliance [58]

Um dos pontos em destaque nos *standards* criados pela *EMerge Alliance* é a possibilidade de uma instalação híbrida que contemple o uso de energia em CC e CA ao definir interligações com equipamentos de CA existentes a montante ou a jusante, com o objetivo de facilitar a ligação de equipamentos elétricos de edifícios, incluindo a ligação a carros elétricos ou promovendo o uso de ligações USB [58].

4.1.3 Código de Instalação de Infraestrutura de Distribuição de Energia em Corrente Contínua em Baixa e Muito Baixa Tensão em Edifícios

Possivelmente o primeiro grande passo no sentido de regulamentar a instalação de infraestrutura elétrica em CC nas habitações terá sido dado pelo *Institution of Engineering and Technology* (IET).

Na premissa de que a distribuição de energia em baixa e muito baixa tensão por CC nos edifícios oferece vantagens relativamente à normal distribuição de energia, 230 V CA, o IET desenvolveu um código de boas práticas específico para este tipo de solução, o Código de Instalação de Infraestrutura de Distribuição de Energia em Corrente Contínua em Baixa e Muito Baixa Tensão em Edifícios, (Code of Practice for Low and Extra Low Voltage Direct Current Power Distribution in Buildings).

Este código desenvolvido pelo IET, e lançado em 2015, vê como grandes vantagens da distribuição de energia em CC deixar de existir a necessidade de converter energia para alimentar certos equipamentos eletrónicos, aumentando a eficiência e otimização de espaços utilizados.

Com o objetivo de garantir uma instalação de infraestrutura elétrica em CC segura, efetiva e competente, foram incluindo os seguintes pontos [59]:

- Requisitos mínimos para projeto, arquitetura do sistema, especificações técnicas, seleção de equipamentos e materiais, instalação, colocação em serviço, operação e manutenção;

- Soluções para cablagem de telecomunicações, aproveitamento de cablagem de CA pré-existente e nova cablagem de CC a instalar;
- *Standards* reconhecidos para distribuição de energia em CC, tal como sistemas de potência em CC proprietários.

É pretendido por parte do IET que este documento seja extremamente útil a projetistas, instaladores, e distribuidores/operadores de distribuição de energia em edifícios, para que possam projetar e instalar uma solução elétrica que contemple uma componente em CC de modo a obter melhoramentos em áreas tais como gestão centralizada de serviços, redução no consumo de energia e aumento da EE.

4.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DE CC VS CA

Com o objetivo de fazer uma escolha o mais acertada possível, todos nós fazemos uma análise dos prós e contras que poderão surgir da decisão em mão, quer essa análise seja consciente ou não.

Na escolha do tipo de energia que pretendemos dispor nas nossas habitações, esta escolha deve ser realizada do modo mais consciente possível, e tendo em conta fatores internos e externos, tais como a necessidade de uma maior procura em termos de equipamentos a instalar na nossa casa (equipamentos que funcionem diretamente em CC), ou a poupança de energia que se pode realizar, e com esta poupança a menor necessidade de utilização de combustíveis fósseis.

Além das vantagens e desvantagens que podem surgir de uma escolha, temos também oportunidades e desafios, sendo que estes dois aspetos se encontram proximamente ligados, uma oportunidade em si só não é boa nem má, tudo depende de como nós a saibamos aproveitar e aí entra o desafio, tal como a mudança para CC é uma oportunidade de formar um grupo de técnicos qualificados para a instalação de infraestrutura elétrica em CC, esta oportunidade apenas será bem-sucedida se conseguirmos passar o desafio de formar o numero necessário de técnicos e sendo possível a inspeção de quem realiza as instalações.

4.2.1 Vantagens

Tendo em consideração que os equipamentos elétricos de que dispomos nas nossas habitações possuem cada vez mais eletrónica, e a tendência seja para que este aspeto aumente, as grandes vantagens na utilização de CC nas habitações passam muito pela falta de necessidade em converter a corrente elétrica.

Esta não necessidade de conversão permite, como já vimos anteriormente, as seguintes poupanças de energia na utilização de CC:

- Maior de eficiência, na ordem dos 4%, de uma lâmpada que funcione diretamente a CC;

- Maior de eficiência, entre os 8,5 e 31%, para uma habitação que funcione diretamente a CC;
- Maior de eficiência, entre os 10 e 30%, para *data centers* que funcionem diretamente a CC (dependendo da sua dimensão).

Esta não necessidade de conversão de energia traz consigo a não necessidade de equipamentos para conversão de energia, tais como os carregadores externos de um telemóvel ou fontes internas de um computador, esta redução na necessidade de equipamento pode promover os seguintes aspetos:

- Redução na quantidade de matéria-prima necessária para construir equipamentos eletrónicos;
- Menor risco dos equipamentos avariarem devido a problemas na fonte de alimentação;
- Maior simplicidade na alimentação de pequenos equipamentos eletrónicos, não havendo tantos cabos e conversores espalhados pela habitação.

Tendo em conta que os equipamentos que mais são utilizados para microgeração de energia numa habitação são os painéis solares, as vantagens descritas anteriormente têm especial impacto nestas tecnologias, permitindo um maior aproveitamento da energia gerada por FER, tal como acontece com equipamentos de armazenamento de energia que funcionam preferencialmente com energia em CC

Não nos podemos esquecer que o uso de CC elimina problemas como potência reativa, harmónicas, interferência eletromagnética e facilita uma integração entre diferentes *microgrids* evitando problemas com sincronismo entre as redes.

Em termos de saúde, a utilização de CC permite a diminuição de riscos de saúde associados aos campos eletromagnéticos no transporte de energia através da infraestrutura elétrica e transformação da mesma pelos transformadores internos ou externos dos equipamentos elétricos.

E embora na escala de uma habitação não seja tão relevante, principalmente porque estas perdas vão estar associadas aos níveis de tensão a implementar e corrente a ser consumida pelos equipamentos, em CC podemos ter uma redução nas perdas por efeito Joule para a mesma quantidade de energia transportada.

4.2.2 Desvantagens

Já as desvantagens relativamente à utilização de uma rede em CC em detrimento de uma em CA passam mais pela mudança em si, e por toda a infraestrutura já instalada e que necessitaria de ser adaptada.

De momento não existe uma gama tão variada de equipamentos elétricos para uso numa habitação, tal como frigoríficos, máquinas de lavar ou aspiradores, o que causa a que estes sejam mais caros e o próprio utilizador não esteja ambientado com os mesmos.

Contudo esta situação começa ainda antes, os próprios fabricantes, projetistas ou técnicos instaladores estão adaptados à CA, resultando numa falta de profissionais preparados para desempenhar as suas funções com maior confiança e experiência em CC, falta igualmente experiência acumulada na construção e instalação de tecnologia baseada em CC de modo aos profissionais ganharem mais experiência e a tecnologia se adaptar e amadurecer.

Outra desvantagem da CC, é a falta de um normativo mais específico para infraestruturas elétricas em CC que possa servir de apoio aos profissionais.

4.2.3 Oportunidades e Desafios

Na mudança da utilização de uma infraestrutura de rede em CC em detrimento de uma em CA podemos deparar com dois tipos de oportunidades, a oportunidade de corrigir ou melhorar algo existente e a oportunidade de criar algo novo e melhor. Claro é que todas estas oportunidades irão obrigar a desafios de modo a as aproveitar o melhor possível.

Sendo que diferentes países utilizam diferentes normativos em termos de energia elétrica, o que por vezes dificulta a utilização de equipamentos elétricos, uma mudança para CC traria a oportunidade de uma normalização a nível mundial quanto ao tipo de energia, e infraestrutura para a mesma, a utilizar.

De modo a concretizar este objetivo o maior desafio é a concertação a nível mundial, algo que atualmente pode ser mais fácil tendo em consideração fenómenos como a globalização (esta concertação já ocorreu com tecnologias de infraestrutura de rede).

Dois aspetos que serão de extrema importância normalizar serão;

- Níveis de tensão;
- Tipos de conectores para CC.

Esta transição e adaptação a um novo tipo de energia iria obrigar a uma adaptação por parte das habitações ao novo tipo de infraestrutura, o que por si só permitiria:

- Atualizar e melhorar, em termos de segurança, a infraestrutura elétrica existente em habitações mais antigas;
- Uma melhoria em termos da qualidade da energia consumida pela habitação, fator de potência e harmónicas;

Esta transição de infraestrutura, tendo em conta a dimensão atual, traria consigo enormes desafios logísticos, e de mão-de-obra especializada, obrigando a um esforço financeiro por parte dos proprietários das habitações.

De modo a facilitar uma transição desta dimensão alguns dos desafios que seriam necessários superar são os seguintes:

- Definição de uma estratégia, e prazos, de modo a passar de consumo de energia em CA para CC, podendo dar a possibilidade de escolha entre ambas;

- Promoção da CC por parte de empresas fabricantes de equipamentos elétricos de modo a aumentarem o leque de escolhas de equipamentos de CC, desde materiais para infraestrutura a equipamentos eletrónicos para uso doméstico, tal como a diminuição do seu custo;
- Divulgação e formação especializada para especialistas quanto a vantagens e boas práticas para projetos e instalação em CC, tal como posterior fiscalização de instalações.

A adoção de uma infraestrutura em CC traria consigo também uma grande oportunidade para a afirmação de diversas tecnologias emergentes, tal como é o caso da microgeração de energia, armazenamento, IoT, *microgrids*, entre outras.

No caso da microgeração, IoT e armazenamento de energia, esta oportunidade provem do facto de a implementação da tecnologia ficar mais barata e simplificada graças à remoção de conversores à equação, tornando-a mais atrativa para os consumidores. Já no caso das *microgrids*, a oportunidade está associada à remoção de certos problemas técnicos à nascença, tal como a necessidade de sincronismo entre diferentes elementos de uma *microgrid* ou entre *microgrids* interligadas entre si.

O grande desafio aqui passa pela normalização da solução, ou de interligação entre soluções diferentes, tal como o desenvolvimento dos equipamentos para a tecnologia.

5. CONCLUSÕES

A evolução humana depende de energia, sendo que a necessidade de energia a nível mundial tem sofrido um crescimento constante associado ao crescimento das sociedades. Esta associação continuará a não ser que se verifique uma maior aposta na EE.

Estando atualmente a população mais sensibilizada para com as alterações climáticas, a necessidade de diminuição de consumo de energias fósseis e a sustentabilidade, deve ser aproveitada esta força de mudança e mudar os nossos hábitos de consumo, para um consumo mais inteligente e eficiente, este é o momento em que se deve fazer uma maior aposta na EE!

Representando os edifícios e as atividades que as pessoas lá realizam quase 60% do consumo de energia elétrica a nível mundial, este também representa um enorme potencial para poupança da mesma, pelo que com simples medidas podemos conseguir grandes poupanças.

A EE nos edifícios levará não só a uma diminuição da necessidade de produção de energia a partir de combustíveis fósseis, tal como a uma diminuição em toda a infraestrutura de transporte e distribuição de energia e perdas associadas à mesma.

Uma destas medidas é a adoção de uma infraestrutura elétrica em CC nas nossas habitações, já diversos estudos comprovaram que a adoção de uma infraestrutura elétrica em CC permitiria aumentar a EE, entre os 8,5 e 31%, minimizando as perdas de energia relativas à transformação da mesma, tal como diminuir problemas associados com potência reativa, harmónicas, e interferência eletromagnética. A não utilização de CA também permitiria diminuir os riscos de saúde humana associados aos campos eletromagnéticos.

Já nos equipamentos em si, sem a necessidade de elementos para converter a energia, iria ser necessária uma menor quantidade de material necessário para a sua construção, sendo possível baixar o preço final dos mesmos, além de ter menos elementos passíveis de avariar.

Uma adoção generalizada de uma infraestrutura em CC poderia também favorecer melhores soluções para outras tecnologias emergentes, tais como as *microgrids*, *smart grids*, NZEB ou IoT.

Em termos práticos, embora esteja comprovado que a adoção de CC nas habitações levaria a um menor consumo e melhor qualidade de vida, seria ainda complicado instalar uma infraestrutura de rede elétrica nas habitações, isto vem de um problema muito simples de resolver mas que por obrigar a um grande consenso se torna complicado, o definir um *standard* para fichas e níveis de tensão generalizados.

Existem mesmo alguns edifícios com infraestrutura elétrica em CC, contudo para todos eles a solução foi realizada à medida o que a torna mais cara que o desejável, ainda assim todos estes projetos se mostraram viáveis em termos económicos e técnicos.

Ao estudar o normativo Português, o RTIEBT, deu para observar que excetuando as terras de segurança e níveis de tensão, outras normas relativas à utilização de CC eram algo ambíguas, tal como não sugerir um nível de tensão a utilizar, apenas limites a respeitar. Um ponto a que

obrigava era a uma distinção entre tomadas que disponibilizassem diferentes tipos de energia elétrica.

Um modo de melhorar esta ambiguidade pode passar pelo assimilar no RTIEBT de conhecimentos e boas práticas já praticadas nas áreas da aviação, náutica e radiotransmissão, áreas nas quais é muito utilizado o consumo de energia em CC.

Existe já outra documentação técnica para utilização de infraestrutura em CC, tal como os *standards* criados por um grupo de empresas (*EMerge Alliance*) ou o código de boas práticas criado pelo IET (*Code of Practice for Low and Extra Low Voltage Direct Current Power Distribution in Buildings*), que embora sirvam para ajudar os projetistas e instaladores na implementação de uma boa solução técnica, não são vinculativo aos normativos nacionais, podendo até em alguns pontos ser discordantes.

Atualmente a infraestrutura elétrica instalada é muito extensa e está pensada para funcionar em CA, o que dificultaria uma transição rápida e simples para CC, contudo nas novas habitações ou nas que sofram uma remodelação de fundo, estas deveriam no mínimo ter uma pré instalação de CC para que os seus futuros habitantes possam ter a possibilidade de escolha, pois uma instalação posterior pode tornar a decisão economicamente menos vantajosa.

Até agora o ponto mais simples de ultrapassar é na instalação de iluminação, em que se podem ligar diretamente os fios numa caixa de junção, contudo isto obrigará a que quem troque as lâmpadas tenha o mínimo de conhecimentos de eletricidade, pelo que uma solução possível agora poderia passar por uma infraestrutura híbrida, que utilizasse CC e CA.

Além de que na componente técnica ainda não está disponibilizada uma solução para CC comercial, outro dos motivos para os habitantes de um edifício não apostarem mais em medidas de EE passa pelo custo imediato com a energia de um edifício ainda ser muito baixo quando comparado com outros custos também imediatos para melhoria de EE, pelo que o mais simples modo de mover o mercado passa pela normalização de uma solução e legislação que promova a implementação da mesma.

Um dos primeiros passos para a utilização de CC nas habitações deve passar pela criação de legislação específica e dar a conhecer vantagens e boas práticas aos residentes, este tipo de políticas embora já tenha sido implementado por Portugal na vertente da EE, a componente da CC não se encontra destacada.

Este caminho já se vê na UE que, para 2050, conta com uma maior contribuição da população na remodelação das suas habitações e aumento da eficiência do seu consumo energético, algumas sugestões de políticas a adotar para promover a utilização de CC são sugeridas neste documento.

É preciso igualmente alterar os normativos elétricos existentes de modo a normalizar uma solução em CC, estas normas são essenciais para o mercado de modo a que os fabricantes de equipamentos saibam como devem produzir e os projetistas disponham de uma solução normalizada.

Ainda depois desta definição dos normativos será necessária a formação de profissionais capazes de trabalhar em CC.

Claro, uma aposta a nível global numa solução *standardizada* de CC poderia trazer consigo uma normalização da infraestrutura elétrica mundial, atualizar e melhorar toda a infraestrutura elétrica preparando-a para desafios futuros, contudo também obrigaria a muitos esforços, sejam eles técnicos, políticos e financeiros.

Propostas de trabalho futuro

No decorrer do estudo realizado relativo à utilização de CC, diversas questões se apresentaram que se afastavam do âmbito mas que contudo seriam interessantes para um estudo futuro, entre elas temos as seguintes:

- Estudo de vantagens quanto à utilização de CC em *smart cities* e *smart grids*;
- Comparação em termos de qualidade da energia elétrica do impacto a montante de uma instalação em CC e CA, em termos de harmónicas e fator de carga;
- Estudo de impacto ambiental da não utilização/construção de conversores CA-CC para equipamentos elétricos de uma habitação em favorecimento do uso de um conversor CA-CC no quadro elétrico da habitação;
- Estudo de medidas que melhor ajudem a implementar CC, sejam fiscais, normativas ou de formação e sensibilização;
- Estudo de uma rede de abastecimento de energia para carros elétricos em CC.

Bibliografia

- [1] IEA (International Energy Agency). (2016, 3 Mar.). *Energy and Climate Change: World Energy Outlook Special Report* [Em linha]. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015SpecialReportonEnergyandClimateChange.pdf>
- [2] Rajkumar Viral, e D. K. Khatod, "Optimal planning of distributed generation systems in distribution system: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, no. 7, pp. 5146-5165, 2012.
- [3] CUI Inc. (2016, 10 Abr.). *Efficiency Standards for External Power Supplies* [Em linha]. Disponível em: <http://www.cui.com/catalog/resource/efficiency-standards-for-external-power-supplies.pdf>
- [4] "Miguel A. Rodríguez-Otero, e Efrain O'Neill-Carrillo, "Efficient home appliances for a future DC residence," *Energy 2030 Conference, 2008. ENERGY 2008. IEEE*, pp. 1-6, 17-18 Nov. 2008.
- [5] T.-F. Wu, Y.-K. Chen, G.-R. Yu, Y.-C. Chang, "Design and Development of DC: Distributed System with Grid Connection for Residential Applications," *Power Electronics and ECCE Asia (ICPE & ECCE), IEEE 8th International Conference on. IEEE, 2011*, pp. 235-241, 30 Mai.-3 Jun. 2011.
- [7] G. Makarabbi, V. Gavade, R. Panguloori, e P. Mishra, "Compatibility and Performance Study of Home Appliances in a DC Home Distribution System," *IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES), 2014*, pp. 1-6, Dez. 2014.
- [8] D. Fregosi, S. Ravula, D. Brhlik, J. Saussele, S. Frank, E. Bonnema, J. Scheib, e E. Wilson, "A comparative study of DC and AC microgrids in commercial buildings across different climates and operating profiles," *IEEE First International Conference on DC Microgrids (ICDCM), 2015*, pp. 159–164, Jun. 2015.
- [9] Diana Üрге-Vorsatz, et al., (2016, 2 Abr.). *Energy End-Use: Buildings* [Em linha]. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Diana_Uerge-Vorsatz/publication/262685455_Chapter_10_Energy_End-Use_Buildings/links/00b7d53872cc583422000000.pdf
- [10] Rahul Anand Kaushik, e Naran M. Pindoriya, "A Hybrid AC-DC Microgrid: Opportunities & Key Issues in Implementation," *Green Computing Communication and Electrical Engineering (ICGCCEE), International Conference on. IEEE, 2014*, pp. 1-6, 6-8 Mar. 2014.
- [11] EDP (Energias de Portugal). (2016, 17 Out.). *ENERGIA SOLAR Soluções EDP* [Em linha]. Disponível em: <https://energia.edp.pt/particulares/servicos/energia-solar/solucoes/>
- [12] REN (Rede Eléctrica Nacional). (2017, 12 Fev.). *Estatística Diária - SEN* [Em linha]. Disponível em: <http://www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/InformacaoExploracao/Paginas/EstatisticaDiariaDiagrama.aspx>
- [13] Tesla. (2016, 8 Abr.). *How it Works* [Em linha]. Disponível em: https://www.tesla.com/en_EU/powerwall?redirect=no

[14] ANACOM (Autoridade Nacional de Comunicações). (2016, 11 Abr.). *ITED: Principais Alterações* [Em linha]. Disponível em: https://www.anacom.pt/streaming/Jorge_Martins.pdf?contentId=1347721&field=ATTACHED_FILE

[15] Élia S. Fernandes e Marta, *Aplicação computacional para o cálculo das canalizações eléctricas segundo as RTIEBT*, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (2010)

[16] Tiago P. Lopes, *FENÓMENOS DE PRÉ-PATOLOGIA EM MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS: APLICAÇÃO AO REVESTIMENTO ETICS*, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (2005)

[17] IHRU (Instituto da Habitação e Reabilitação Urbana). (2016, 11 Abr.). *+Habitação: Estratégia Nacional para a Habitação* [Em linha]. Disponível em: http://www.portaldahabitacao.pt/opencms/export/sites/portal/pt/portal/habitacao/EstNacHabitacao/ENpH_PT_FINAL.pdf

[6] Brian T. Patterson, "Dc, come home: Dc microgrids and the birth of the "enernet"," *IEEE Power and Energy Magazine*, vol. 10, no. 6, pp. 60-69, Nov. 2012.

[18] Comissão das Comunidades Europeias, "Limitação das alterações climáticas globais a 2 graus Celsius Trajectória até 2020 e para além desta data," *Comunicação da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões*, 2007.

[19] IEA (International Energy Agency). (2016, 7 Mar.). *WORLD ENERGY OUTLOOK 2015 FACTSHEET. The energy sector and climate change in the run-up to COP21* [Em linha]. Disponível em: https://www.iea.org/media/news/2015/press/151110_WEO_Factsheet_EnergyAndClimate.pdf

[20] ADENE (Agência para a Energia). (2016, 10 Abr.). *GUIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA* [Em linha]. Disponível em: http://www.adene.pt/sites/default/files/guiaee_v1310.pdf

[21] ERSE (Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos). (2015, 10 Dez.). "*Perdas na Rede de Distribuição* [Em linha]. Disponível em: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/actividadesdosector/transporte/Paginas/RNT-Perdas.aspx>

[22] ERSE (Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos). (2016, 10 Jul.). *CARACTERIZAÇÃO DA PROCURA DE ENERGIA ELÉCTRICA EM 2011* [Em linha]. Disponível em: [http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/tarifasreguladasdeanosanteriores/tarifareguladas2011/Documents/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20Procura%20EE%202011%20\(Final\).pdf](http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/tarifasreguladasdeanosanteriores/tarifareguladas2011/Documents/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20Procura%20EE%202011%20(Final).pdf)

[23] IEA (International Energy Agency). (2016, 10 Mar.). *Transition to Sustainable Buildings*

Strategies and Opportunities to 2050 [Em linha]. Disponível em: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Building2013_free.pdf

[24] ADENE (Agência para a Energia), "PNAEE 2016 (Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética 2016)," *Diário da República*, 1.ª série, no 70, 10 Abr. 2013.

- [25] Nancy Wertheimer e E.D. Leeper, "Electrical wiring configurations and childhood cancer.," *American journal of epidemiology*, pp. 273-284, 1979.
- [26] World Health Organization. (2017, 26 Jun.). *Environmental Health Criteria 238: Extremely Low Frequency Fields* [Em linha]. Disponível em: <http://www.who.int/peh-emf/publications/Comple DEC 2007.pdf?ua=1>
- [27] REN. (2017, 25 Jun.). *Campos Eletromagnéticos* [Em linha]. Disponível em: https://www.ren.pt/pt-PT/sustentabilidade/ambiente/campos_electromagneticos/
- [28] José Pedro Sucena Paiva, *Redes de Energia Eléctrica: uma análise sistémica*, 3ª Edição. Lisboa: IST Press, 2011.
- [29] Tomislav Dragicevic, Juan C. Vasquez, Josep M. Guerrero, e Davor Škrlec, "Advanced LVDC Electrical Power Architectures and Microgrids: A step toward a new generation of power distribution networks.," *IEEE Electrification Magazine*, vol. 2, no. 1, pp. 54-65, 18 Mar. 2014.
- [30] Clean Technica. (2016, 10 Abr.). *Remote Microgrids Now Dominate Global Microgrid Market* [Em linha]. Disponível em: <https://cleantechnica.com/2015/12/10/remote-microgrids-now-dominate-global-microgrid-market/>
- [31] C. Jin, P. Wang, J. Xiao, Y. Tang, e F.H. Choo, "Implementation of hierarchical control in DC microgrids," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 61, no. 8, pp. 4032-4042, Ago. 2014.
- [32] NEXTEK POWER SYSTEMS. (2016, 10 Set.). *CASE STUDIES* [Em linha]. Disponível em: <https://www.nextekpower.com/case-studies#case-studies-2>
- [33] moixa. (2016, 18 Set.). *moixa TECHNOLOGY* [Em linha]. Disponível em: <http://www.moixatechnology.com/>
- [34] Antonio Colmenar-Santos, Miguel-Ángel Pérez, David BorgeDiez, e Clara Pérez-Molina "Reliability and management of isolated smart-grid with dual mode in remote places: Application in the scope of great energetic needs," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 73, pp. 805-818, Dec. 2015.
- [35] Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia, "Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios," *Jornal Oficial da União Europeia*, no 53, 18 Jun. 2010.
- [36] Ministério da Economia e do Emprego, "Decreto-Lei n.º 118/2013, Artigo 16.º: Edifícios com necessidades quase nulas de energia," *Diário da República*, 1.ª série, no 159, 20 Ago. 2013.
- [37] LNEG (Laboratório Nacional de Energia e Geologia). (2016, 20 Nov.). *SOLAR XXI: Em direcção à energia zero* [Em linha]. Disponível em: http://www.lneg.pt/download/4079/BrochuraSolarXXI_Maio2010.pdf
- [38] Steven E. Collier, "The Emerging Enernet: Convergence of the Smart Grid with the Internet of Things," *IEEE Rural Electric Power Conference, 2015*, pp. 65-68, 19-21 Abr. 2015.
- [39] ETSI (European Telecommunications Standards Institute). (2016, 2 Jun.). *SAREF Becomes the New Reference Language for Energy-Related Data in Smart Houses* [Em linha]. Disponível em: <https://eu-smartcities.eu/content/saref-becomes-new-reference-language-energy-related-data-smart-houses>

- [40] Irena Bojanova, George Hurlburt, e Jeffrey Voas, "Imagineering an Internet of Anything," *Computer*, vol. 47, no. 6, pp. 72-77, Jun. 2014.
- [41] Iowa Computer GURUS. (2016, 10 Abr.). *Internet of Things* [Em linha]. Disponível em: <https://www.iowacomputergurus.com/Solutions/Internet-of-Things>
- [42] European Technology Platform for Smart Grids, "Strategic Deployment Document for Europe's Electricity Networks of the Future," Abr. 2010.
- [43] IEEE Smart Grid. (2016, 7 Mai.). *What is the Smart Grid?* [Em linha]. Disponível em: <http://smartgrid.ieee.org/about-ieee-smart-grid>
- [44] Newport Consulting Group. (2016, 10 Abr.). *Customer-centric Modern Grid* [Em linha]. Disponível em: <https://www.puco.ohio.gov/index.cfm?LinkServID=4D500ADC-5056-B562-E185BE19745729EE>
- [45] Peng Wang, Lalit Goel, Xiong Liu, e Fook Hoong Choo, "Harmonizing AC and DC: A Hybrid AC/DC Future Grid Solution," *IEEE Power and Energy Magazine*, vol. 11, no. 3, pp. 76-83, Mai. 2013.
- [46] TIME Tech. (2016, 9 Mai.). *How Your USB Cables Are About to Change Forever* [Em linha]. Disponível em: <http://time.com/3745070/usb-c-macbook/>
- [47] Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia, "Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, relativa à eficiência energética," *Jornal Oficial da União Europeia*, 14 Nov. 2012.
- [48] Comissão Europeia, "Política climática internacional pós-Copenhaga: Agir de imediato para redinamizar a acção mundial relativa às alterações climáticas," *Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões*, 2010.
- [49] Comissão Europeia, "Roteiro para a Energia 2050," *Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões*, 2011.
- [50] Conselho Europeu, "European Council (23 and 24 October 2014): Conclusions on 2030 Climate and Energy Policy Framework," *SN 79/14*, 2014.
- [51] The Danish Government. (2017, 23 Jul.). *Summary Energy Strategy 2050 – from coal, oil and gas to green energy* [Em linha]. Disponível em: http://dfcgreenfellows.net/Documents/EnergyStrategy2050_Summary.pdf
- [52] GOV.UK. (2017, 23 Jul.). *Guidance 2050 Pathways* [Em linha]. Disponível em: <https://www.gov.uk/guidance/2050-pathways-analysis>
- [53] SETIS (Strategic Energy Technologies Information System). (2016, 12 Ago.). *What is the SET-Plan?* [Em linha]. Disponível em: <https://setis.ec.europa.eu/about-setis/set-plan-governance>
- [54] Comissão Europeia: Energia. (2016, 15 Ago.). *Strategic Energy Technology Plan* [Em linha]. Disponível em: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/technology-and-innovation/strategic-energy-technology-plan>
- [55] ADENE (Agência para a Energia). (2016, 18 Ago.). *PLANEAR: POLÍTICA ENERGÉTICA* [Em linha]. Disponível em: <http://www.adene.pt/politica-energetica>
- [56] Ministério da Economia e da Inovação, "Portaria n.º 949-A/2006: Regras técnicas das instalações eléctricas de baixa tensão," *Diário da República*, 1.ª série, no 41, 28 Fev. 2011.

[57] Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, “Decreto-Lei n.º 29/2011: Programa Eco.AP,” *Diário da República*, 1.ª série, no 175, 11 Set. 2006.

[58] EMerge Alliance. (2016, 12 Set.). *EMerge Alliance Launches Residential DC Power Initiative* [Em linha]. Disponível em: <http://www.emergealliance.org/NewsEvents/AllianceNewsReleases.aspx?Contenttype=ArticleDet&moduleId=920&Aid=113&PR=PR>

[59] IET (Institution of Engineering and Technology). (2016, 22 Set.). *Code of Practice for Low and Extra Low Voltage Direct Current Power Distribution in Buildings* [Em linha]. Disponível em: <http://www.theiet.org/resources/standards/lvdc-cop.cfm>

[59] IET (Institution of Engineering and Technology). (2016, 22 Set.). *Code of Practice for Low and Extra Low Voltage Direct Current Power Distribution in Buildings* [Em linha]. Disponível em: <http://www.theiet.org/resources/standards/lvdc-cop.cfm>

[60] International Electrotechnical Commission. (2017, 24 Jul.). *Electropedia: The World's Online Electrotechnical Vocabulary* [Em linha]. Disponível em: <http://www.electropedia.org/>

Anexo A – Excertos do RTIEBT relativos a diferenças entre CC e CA

1 - Generalidades.

11 - Campo de aplicação.

11.2 - Instalações (ou partes de instalação) a que se aplicam as presentes Regras Técnicas:

a) Circuitos alimentados a uma tensão nominal não superior a 1000 V em corrente alternada ou a 1500 V em corrente contínua; em corrente alternada, as frequências preferenciais consideradas no âmbito das presentes Regras Técnicas são 50 Hz, 60 Hz e 400 Hz; no entanto, não são excluídas outras frequências para aplicações específicas;

2 - Definições.

A presente parte das Regras Técnicas destina-se, em complemento das restantes partes, a definir os termos relativos às instalações indicadas na Parte 1.

22 - Tensões.

222 - Domínios das tensões em corrente alternada.

No quadro 22A estão indicados os domínios das tensões em corrente alternada, nos quais devem ser classificadas as instalações de acordo com o valor da sua tensão nominal:

- a) Para os sistemas ligados directamente à terra (esquemas TT e TN), os valores eficazes da tensão entre um condutor de fase e a terra e entre dois condutores de fase;
- b) Para os sistemas não ligados directamente à terra (esquema IT), os valores eficazes entre dois condutores de fase.

QUADRO 22A

Domínios das tensões em corrente alternada (valores eficazes)			
Domínios	Sistemas ligados directamente à terra		Sistemas não ligados directamente à terra (*)
	Entre fase e terra	Entre fases	Entre fases
I	$U \leq 50$	$U \leq 50$	$U \leq 50$
II	$50 \leq U \leq 600$	$50 \leq U \leq 1000$	$50 \leq U \leq 1000$

*U - Tensão nominal da instalação, em volts.
(* Se o neutro for distribuído, os equipamentos alimentados entre fase e neutro devem ser seleccionados por forma a que o seu isolamento corresponda à tensão entre fases (veja-se 512.1.1).*

223 - Domínios das tensões em corrente contínua.

No quadro 22B estão indicados os domínios das tensões em corrente contínua, nos quais devem ser classificadas as instalações de acordo com o valor da sua tensão nominal, considerando-se:

- a) Para os sistemas ligados directamente à terra, os valores entre um pólo e a terra e entre dois pólos;
- b) Para os sistemas não ligados directamente à terra, os valores de tensão entre dois pólos.

QUADRO 22B

Domínios das tensões em corrente contínua			
Domínios	Sistemas ligados directamente à terra		Sistemas não ligados directamente à terra (*)
	Entre pólo e terra	Entre pólos	Entre pólos
I	$U \leq 120$	$U \leq 120$	$U \leq 120$
II	$120 \leq U \leq 1500$	$120 \leq U \leq 1500$	$120 \leq U \leq 1500$

*U - Tensão nominal da instalação, em volts.
(*) Se o condutor de equilíbrio for distribuído, os equipamentos alimentados entre pólo e aquele condutor devem ser seleccionados por forma a que o seu isolamento corresponda à tensão entre pólos.*

30 - Determinação das características gerais das instalações.

A presente parte das Regras Técnicas destina-se, em complemento das restantes a indicar as regras a respeitar com vista a garantir a conformidade das instalações eléctricas com os princípios fundamentais enunciados na Parte 1.

31 - Alimentação e estrutura das instalações.**312 - Tipos de sistemas de distribuição.**

Os sistemas de distribuição devem ser determinados em função dos tipos de esquemas:

- a) Dos condutores activos;
- b) Das ligações à terra.

312.1 - Tipos de esquemas dos condutores activos.

Os esquemas dos condutores activos considerados no âmbito das presentes Regras Técnicas, são os indicados nos quadros seguintes:

Corrente Alternada	Corrente Contínua
Monofásico 2 condutores	2 condutores
Monofásico 3 condutores	3 condutores
Bifásico 3 condutores	
Trifásico 3 condutores	
Trifásico 4 condutores	
Tetrafasico 5 condutores	

312.2 - Tipos de esquemas das ligações à terra.

Os esquemas das ligações à terra, no âmbito das presentes Regras Técnicas, são os indicados nas secções 312.2.1 a 312.2.4.

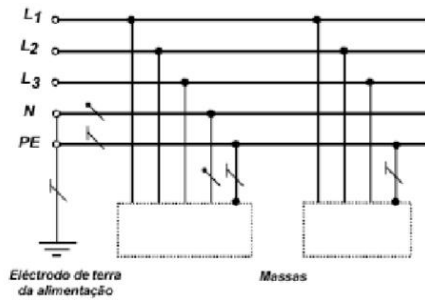
312.2.1 - Esquema TN em corrente alternada.

O esquema TN tem um ponto ligado directamente à terra, sendo as massas da instalação ligadas a esse ponto por meio de condutores de protecção. De acordo com a disposição do condutor neutro e do condutor de protecção, consideram-se os três tipos de esquemas TN seguintes:

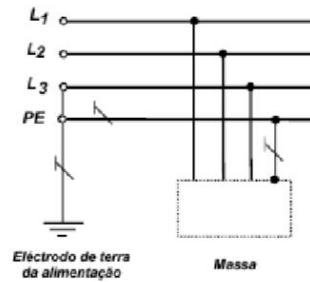
a) Esquema TN-S - onde um condutor de protecção (distinto do condutor neutro) é utilizado na totalidade do esquema (veja-se a Figura 31A);

b) Esquema TN-C-S - onde as funções de neutro e de protecção estão combinadas num único condutor numa parte do esquema (veja-se a Figura 31B);

c) Esquema TN-C - onde as funções de neutro e de protecção estão combinadas num único condutor na totalidade do esquema (veja-se a Figura 31C).

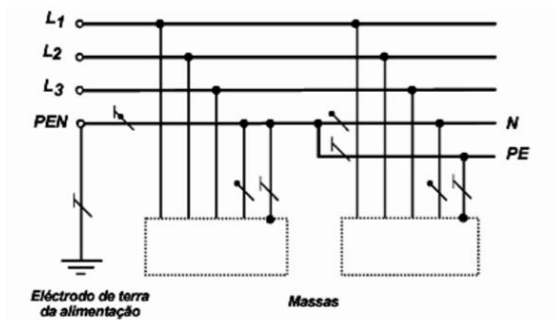


Condutores neutro e de protecção separados em todo o esquema



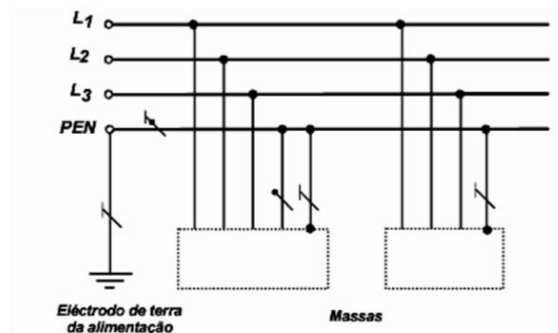
Condutor activo ligado à terra e condutor de protecção separado em todo o esquema

Fig. 31A — Esquema TN-S em corrente alternada (ac)



Funções de neutro e de protecção combinadas num único condutor (PEN) numa parte do esquema.

Fig. 31B — Esquema TN-C-S em corrente alternada (ac)



Funções de neutro e de protecção combinadas num único condutor (PEN) em todo o esquema.

Fig. 31C — Esquema TN-C em corrente alternada (ac)

312.2.2 - Esquema TT em corrente alternada.

O esquema TT tem um ponto da alimentação ligado directamente à terra, sendo as massas da instalação eléctrica ligadas a eléctrodos de terra electricamente distintos do eléctrodo de terra da alimentação (veja-se a Figura 31D).

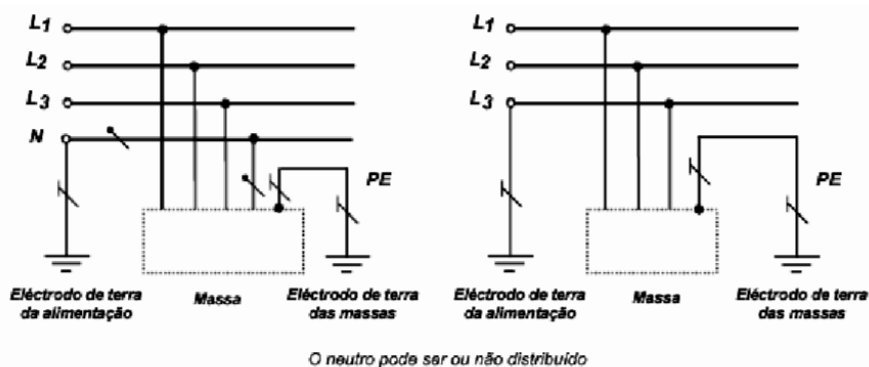


Fig. 31D — Esquema TT em corrente alternada (ac)

312.2.3 - Esquema IT em corrente alternada.

No esquema IT, todas as partes activas estão isoladas da terra ou um ponto destas está ligado à terra por meio de uma impedância, sendo as massas da instalação eléctrica ligadas à terra (veja-se a Figura 31E).

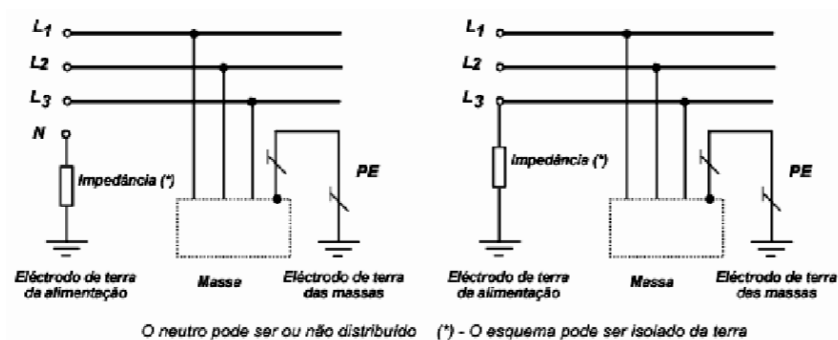
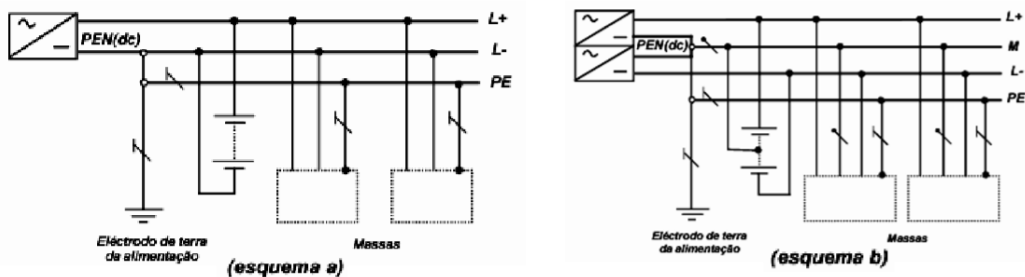


Fig. 31E — Esquema IT em corrente alternada (ac)

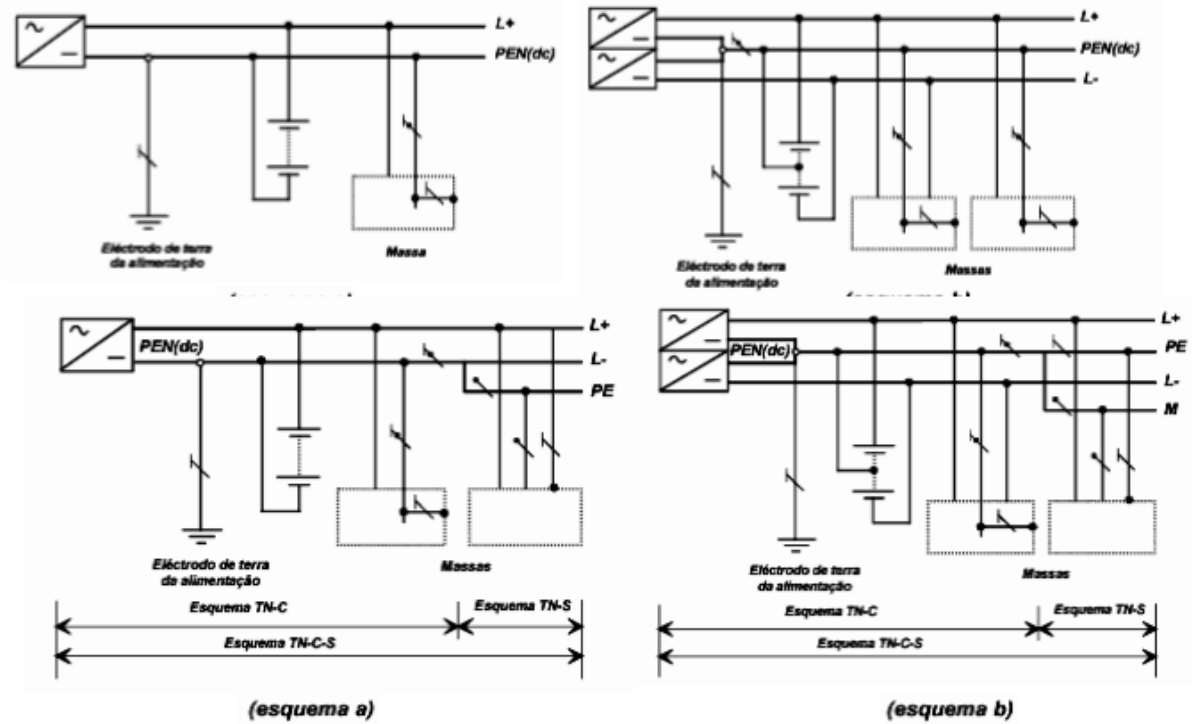
312.2.4 - Esquemas em corrente contínua.

Os esquemas das ligações à terra em corrente contínua no âmbito das presentes Regras Técnicas, são os indicados nas Figuras 31F a 31K. Quando, nestas Figuras, se indicar uma ligação à terra de uma determinada polaridade num esquema de corrente contínua a dois condutores, a decisão de ligar à terra a polaridade positiva ou a polaridade negativa deve ter em conta as condições de funcionamento ou outras considerações.



O condutor activo ligado à terra (por exemplo L-) do esquema a) ou o condutor médio (M) ligado à terra do esquema b) está separado do condutor de protecção em todo o esquema.

Fig. 31F — Esquema TN-S em corrente contínua (dc)



As funções de condutor activo ligado à terra (por exemplo L-) do esquema a) ou do condutor médio ligado à terra (M) do esquema b) e a do condutor de protecção estão combinadas num único condutor PEN(dc) numa parte do esquema.

Fig. 31H — Esquema TN-C-S em corrente contínua (dc)

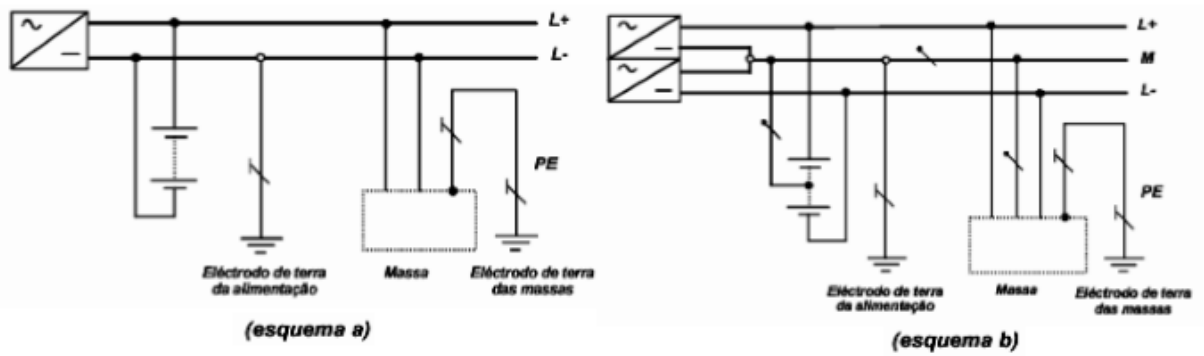


Figura 31 J — Esquema TT em corrente contínua (dc)

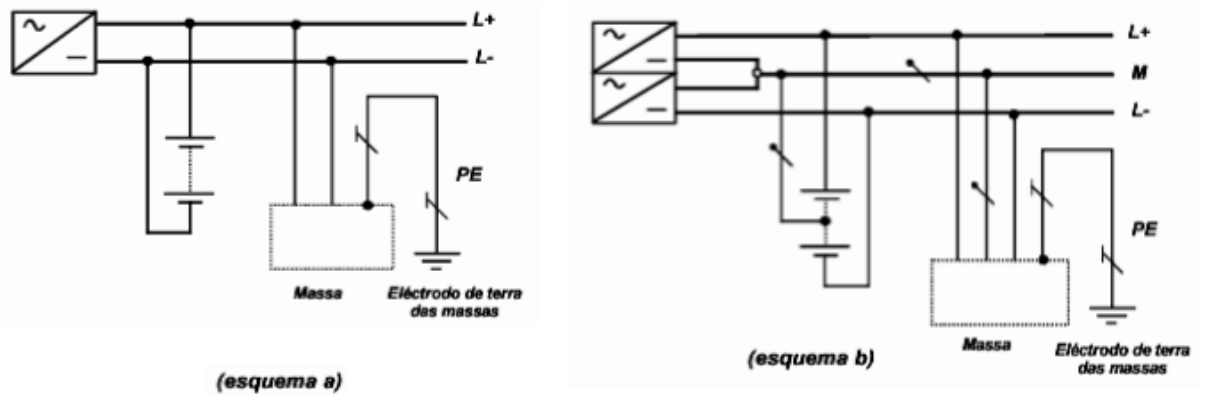


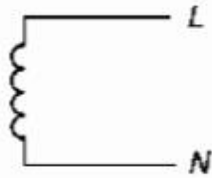
Figura 31 K — Esquema IT em corrente contínua (dc)

Anexo I

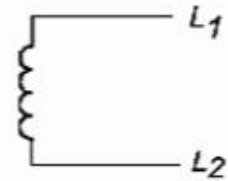
Tipos de esquemas dos condutores activos

Corrente Alternada

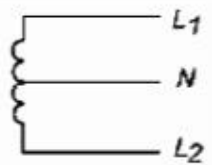
Monofásico
2 condutores



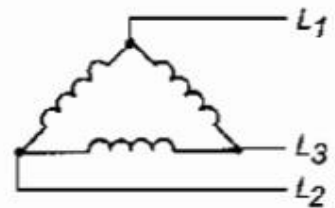
Monofásico
2 condutores



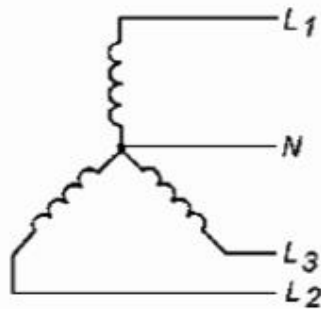
Monofásico
3 condutores



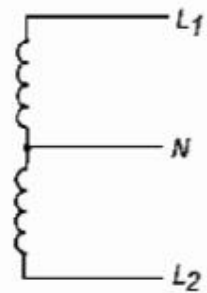
Trifásico
3 condutores
(triângulo ou estrela
sem neutro)



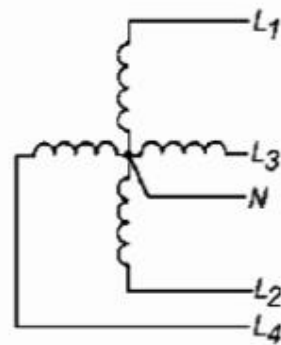
Trifásico
4 condutores
(estrela com neutro)



Bifásico
3 condutores



Tetrafasico
5 condutores

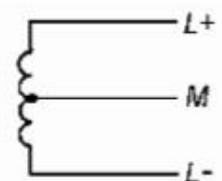


Corrente Contínua

2 condutores



3 condutores



40 - Protecção para garantir a segurança.

A presente parte das Regras Técnicas destina-se, em complemento das restantes, a indicar as regras a respeitar com vista a garantir a conformidade das instalações eléctricas com os princípios fundamentais enunciados na Parte 1.

41 - Protecção contra os choques eléctricos.

410 - Generalidades.

De acordo com o indicado na secção 471 e na secção 48, a protecção contra os choques eléctricos deve ser garantida pela aplicação das medidas apropriadas, indicadas nas secções seguintes:

- a) 411, para a protecção contra os contactos directos e contra os contactos indirectos (regras comuns);
- b) 412, apenas para a protecção contra os contactos directos;
- c) 413, apenas para a protecção contra os contactos indirectos.

411 - Protecção contra os contactos directos e contra os contactos indirectos.

411.1 - Protecção por tensão reduzida TRS ou TRP.

411.1.3 - Condições de instalação dos circuitos.

411.1.3.3 - As fichas e tomadas para circuitos TRS e TRP devem satisfazer às regras seguintes:

- a) As fichas não devem poder entrar em tomadas alimentadas a tensões diferentes;
- b) As tomadas devem impedir a introdução de fichas concebidas para tensões diferentes;
- c) As tomadas dos circuitos TRS não devem possuir contactos de terra.

411.1.4 - Regras (complementares) para circuitos não ligados à terra (TRS).

411.1.4.3 - Quando a tensão nominal do circuito for superior a 25 V em corrente alternada (valor eficaz) ou a 60 V em corrente contínua «lisa», a protecção contra os contactos directos deve ser garantida por um dos meios seguintes:

- a) Barreiras ou invólucros que tenham um código IP não inferior a IPXXB;
- b) Isolamento que possa suportar uma tensão alternada de 500 V (valor eficaz) durante 1 min.

Em regra, quando a tensão nominal não for superior a 25 V em corrente alternada (valor eficaz) ou a 60 V em corrente contínua «lisa», não é necessária qualquer protecção contra os contactos directos, podendo, no entanto, ser necessária essa protecção para algumas condições de influências externas (em estudo).

411.1.5 - Regras (complementares) para circuitos ligados à terra (TRP).

Quando os circuitos forem ligados à terra e não for exigido que a TRS satisfaça ao indicado na secção 411.1.4, devem ser verificadas as regras indicadas nas secções 411.1.5.1 e 411.1.5.2.

411.1.5.1 - A protecção contra os contactos directos deve ser garantida por um dos meios seguintes:

a) Barreiras ou invólucros que tenham um código IP não inferior a IPXXB;

b) Isolamento que possa suportar uma tensão alternada de 500 V (valor eficaz) durante 1 min.

411.1.5.2 - A regra indicada na secção 411.1.5.1 pode ser dispensada se os equipamentos estiverem situados na zona de influência de um uma ligação equipotencial e se a tensão nominal não for superior a:

a) 25 V em corrente alternada (valor eficaz) ou 60 V em corrente contínua «lisa», se os equipamentos forem, em regra, apenas utilizados em locais secos e se não apresentarem grandes superfícies de partes activas susceptíveis de contacto com o corpo humano;

b) 6 V em corrente alternada (valor eficaz) ou 15 V em corrente contínua «lisa» nos outros casos.

411.3 - Protecção por tensão reduzida funcional (TRF).

411.3.4 - Fichas e tomadas.

As fichas e as tomadas para circuitos TRF devem satisfazer, simultaneamente, às regras seguintes:

a) As fichas não devem poder entrar em tomadas alimentadas a tensões diferentes;

b) As tomadas devem impedir a introdução de fichas concebidas para tensões diferentes.

413 - Protecção contra os contactos indirectos.

413.1 - Protecção por corte automático da alimentação.

413.1.1 - Generalidades.

413.1.1.1 - Corte da alimentação.

Deve existir um dispositivo de protecção que separe automaticamente da alimentação o circuito ou o equipamento quando surgir um defeito entre uma parte activa e uma massa.

Esta medida de protecção contra os contactos indirectos destina-se a impedir que, entre partes condutoras simultaneamente acessíveis, possam manter-se, durante um tempo suficiente para criar riscos de efeitos fisiopatológicos perigosos para as pessoas, tensões de contacto presumidas superiores às tensões limites convencionais (UL) seguintes:

a) 50 V em corrente alternada (valor eficaz);

b) 120 V em corrente contínua lisa.

Para tempos de corte não superiores a 5 s, podem-se admitir, em certas circunstâncias dependentes do esquema das ligações à terra (veja-se 413.1.3.5), outros valores para a tensão de contacto.

48 - Selecção das medidas de protecção em função das influências externas.

481 - Protecção contra os choques eléctricos.

481.3 - Selecção das medidas de protecção contra os contactos indirectos.

481.3.1 - A medida de protecção por corte automático da alimentação (veja-se 413.1) é aplicável a todas as instalações.

Às instalações ou às partes das instalações para as quais a tensão limite convencional de contacto seja limitada a 25 V em corrente alternada (valor eficaz) ou a 60 V em corrente contínua «lisa» (veja-se a Parte 7), deve ser utilizada uma das regras indicadas nas secções 481.3.1.1, para a totalidade de uma instalação ou 481.3.1.2, para partes de uma instalação.

481.3.1.1 - Às instalações para as quais a tensão limite convencional de contacto seja limitada a 25 V em corrente alternada (valor eficaz) ou a 60 V em corrente contínua «lisa» (veja-se a Parte 7), devem ser verificadas as regras seguintes:

a) Os tempos de corte máximos indicados nos quadros 41A e 41B para os esquemas TN e IT, devem ser substituídos pelos tempos indicados no quadro 48A.

QUADRO 48A

Tempos de corte máximos para os esquemas TN e IT				
Esquema TN		Esquema IT		
Tensão nominal U_0 (V)	Tempos de corte t (s)	Tensão nominal U_0/U (V)	Tempos de corte t (s)	
			Neutro não distribuído	Neutro distribuído
120	0,35	120-240	0,4	1
230	0,2	230/400	0,2	0,5
277	0,2	277/480	0,2	0,5
400, 480	0,05	400/690	0,06	0,2
580	0,02 ⁽¹⁾	580/1000	0,02 ⁽¹⁾	0,08

U₀ - Tensão entre fase e neutro
U - Tensão entre fases
 (1) - Quando este tempo de corte não puder ser garantido, é necessário adoptar outras medidas de protecção, como por exemplo, ligações equipotenciais suplementares.

b) A condição indicada na secção 413.1.4.2 para o esquema TT, deve ser substituída pela condição seguinte:

$$R_A \times I_a \leq 25$$

c) A condição indicada na secção 413.1.5.3 para o esquema IT, deve ser substituída pela condição seguinte:

$$R_A \times I_d \leq 25$$

481.3.1.2 - Às partes de uma instalação para as quais a tensão limite convencional de contacto seja limitada a 25 V em corrente alternada (valor eficaz) ou a 60 V em corrente contínua «lisa», podem ser aplicadas as regras indicadas na secção 413.1, desde que seja utilizada uma das medidas de protecção complementares seguintes:

a) Ligações equipotenciais suplementares satisfazendo às condições indicadas na secção 413.1.6.1 (sendo o valor 50 da condição indicada na secção 413.1.6.2 substituído por 25);

b) Dispositivos diferenciais de corrente diferencial-residual estipulada não superior a 30 mA.

53 - Aparelhagem (protecção, comando e seccionamento).

531 - Dispositivos de protecção contra os contactos indirectos por corte automático da alimentação.

531.2 - Dispositivos de protecção sensíveis à corrente diferencial-residual (abreviadamente designados por dispositivos diferenciais ou por DR).

531.2.1 - Condições gerais de instalação.

Nos esquemas em corrente contínua (dc), os dispositivos diferenciais devem ser especificamente concebidos para a detecção de correntes diferenciais contínuas e para o corte das correntes do circuito nas condições normais e nas situações de defeito.

531.2.1.4 - Quando os equipamentos eléctricos susceptíveis de produzirem correntes contínuas estiverem instalados a jusante de um dispositivo diferencial, devem ser tomadas precauções para que, em caso de defeito à terra, as correntes contínuas não perturbem o funcionamento dos dispositivos diferenciais nem comprometam a segurança.

55 - Outros equipamentos.

555 - Fichas e tomadas.

As fichas e as tomadas devem satisfazer às Normas seguintes:

a) NP 1260 - Fichas e tomadas para usos domésticos e análogos;

b) EN 60309 - Fichas e tomadas de corrente para usos industriais.

As ligações por meio de fichas e de tomadas devem ser feitas por forma a que as tomadas fiquem do lado da alimentação (evitando-se, assim, que os pernos das fichas fiquem em tensão quando acessíveis).

As fichas e as tomadas devem ser seleccionadas por forma a que seja impossível tocar nas suas partes activas nuas (quando em tensão), quer a ficha esteja totalmente introduzida na tomada quer não.

555.2 - Quando forem utilizadas tensões ou correntes de natureza diferente devem ser instaladas tomadas e fichas de modelos bem diferenciados e que não permitam a intermutabilidade entre fichas de tensões diferentes.

555.3 - Devem ser utilizados fichas e tomadas denominadas «não reversíveis» sempre que haja necessidade de impedir a troca de pólos ou de fases.

7 - Regras para instalações e locais especiais.

700.1 - Introdução.

As regras indicadas na Parte 7 das presentes Regras Técnicas completam, modificam ou substituem as regras gerais indicadas nas Partes 1 a 6.

Os números que se seguem aos da secção específica da Parte 7 são os correspondentes aos das secções das Partes 1 a 6 que são completadas, modificadas ou substituídas.

A ausência de referência a uma dada secção das Partes 1 a 6 significa que as regras correspondentes são aplicáveis sem qualquer alteração.

701 - Locais contendo banheiras ou chuveiros (casas de banho).

701.4 - Protecção para garantir a segurança.

701.47 - Aplicação das medidas de protecção para garantir a segurança.

701.471 - Medidas de protecção contra os choques eléctricos.

701.471.0 - No volume 0 das casas de banho, a única medida de protecção contra os choques eléctricos permitida é a correspondente ao uso da tensão reduzida de segurança (TRS) de tensão nominal não superior a 12 V, em corrente alternada (valor eficaz), ou a 30 V, em corrente contínua, devendo a fonte de alimentação de segurança ser instalada fora dos volumes 0, 1 e 2.

701.53 - Aparelhagem (protecção, comando e seccionamento).

701.53.04 - No volume 1, não é permitida a instalação de qualquer aparelhagem, com excepção de interruptores de circuitos alimentados a uma tensão reduzida de segurança (veja-se 411.1) de tensão nominal não superior a 12 V, em corrente alternada (valor eficaz), ou a 30 V, em corrente contínua, devendo a fonte de alimentação de segurança ser instalada fora dos volumes 0, 1 e 2.

701.53.05 - No volume 2, não é permitida a instalação de qualquer aparelhagem, com excepção da indicada nas alíneas seguintes:

a) Dispositivos de comando e tomadas de circuitos alimentados a uma tensão reduzida de segurança (veja-se 411.1) de tensão nominal não superior a 12 V, em corrente alternada (valor eficaz), ou a 30 V, em corrente contínua, devendo a fonte de alimentação de segurança ser instalada fora dos volumes 0, 1 e 2;

b) Tomadas alimentadas por meio de transformadores de separação da classe II (veja-se 413.5), de pequena potência, integrados nas próprias tomadas, destinadas, por exemplo, a alimentarem máquinas de barbear, de acordo com a Norma EN 60742, capítulo 2, secção 1.

702 - Piscinas e semelhantes.

702.4 - Protecção para garantir a segurança.

702.47 - Aplicação das medidas de protecção para garantir a segurança.

702.471 - Medidas de protecção contra os choques eléctricos.

702.471.0 - Nos volumes 0 e 1 das piscinas, a única medida de protecção contra os choques eléctricos permitida é a correspondente ao uso da tensão reduzida de segurança (TRS) (veja-se 411.1), com uma tensão nominal não

superior a 12 V em corrente alternada ou a 30 V em corrente contínua, devendo a fonte de segurança ser instalada fora dos volumes 0, 1 e 2.

704 - Instalações de estaleiros.

704.471 - Medidas de protecção contra os choques eléctricos.

Nas instalações de estaleiros deve, em complemento do indicado na secção 471, ser aplicado o seguinte:

Quando a protecção de pessoas contra os contactos indirectos for garantida pela aplicação da medida de protecção por corte automático da alimentação adequada ao esquema da alimentação (veja-se 413.1), a tensão limite convencional UL não deve ser superior a 25 V em corrente alternada (valor eficaz) ou a 60 V em corrente contínua.

Para as tomadas, deve ser utilizada uma das medidas de protecção seguintes:

- a) Protecção complementar por dispositivos diferenciais de $I_{\Delta N} \leq 30$ mA (veja-se 412.5);
- b) Protecção por tensão reduzida de segurança (veja-se 411.1);
- c) Protecção por separação eléctrica, devendo cada tomada ser alimentada por transformador individual (veja-se 413.5).

705 - Instalações eléctricas em estabelecimentos agrícolas ou pecuários.

705.4 - Protecção para garantir a segurança.

705.41 - Protecções contra os choques eléctricos.

705.413 - Protecção contra os contactos indirectos.

705.413.1 - Protecção por corte automático da alimentação.

Quando a protecção de pessoas contra os contactos indirectos for garantida pela aplicação da medida de protecção por corte automático da alimentação adequada ao esquema da alimentação (veja-se 413.1), a tensão limite convencional UL, nos locais onde se encontrem animais ou em locais exteriores, não deve ser superior a 25 V em corrente alternada (valor eficaz) ou a 60 V em corrente contínua «lisa», com o tempo de corte máximo indicado na secção 481.3.1 (veja-se o quadro 48A).

Estas condições aplicam-se também aos locais ligados por meio de elementos condutores aos locais onde se encontrem, habitualmente, animais.

Quando, nas instalações eléctricas (de utilização) dos estabelecimentos agrícolas e pecuários for previsto o esquema TN, deve ser utilizado o esquema TN-S e a protecção de pessoas contra os contactos indirectos deve ser feita por meio de dispositivos diferenciais. Neste caso, o condutor neutro deve ser ligado à ligação equipotencial a montante dos dispositivos diferenciais.

8 - Regras complementares.

801 - Condições de estabelecimento das instalações consoante a utilização do local.

801.6 - Instalações diversas.

801.6.2 - Equipamento de aquecimento eléctrico.

801.6.2.1 - Cabos de aquecimento embebidos nos elementos da construção.

801.6.2.1.5 - É permitida a utilização de condutores nus (ou insuficientemente isolados) embebidos nos elementos da construção para aquecimento ambiente desde que a fonte de alimentação seja TRS (veja-se 411.1.2) e que a tensão mais elevada entre partes activas ou entre estas e a terra não seja superior a 20 V, em corrente alternada ou a 36 V, em corrente contínua.

ANEXO III

Medidas de protecção contra os choques eléctricos nos locais de uso médico

(veja-se a secção 801.2.4.2.2)

7 - Medida P7 - Tensão reduzida de segurança médica.

Quando for utilizada a medida de protecção por tensão reduzida de segurança (veja-se 411.1), a fonte de segurança deve ser um transformador apropriado a este tipo de instalação. A tensão nominal do circuito secundário do transformador não deve ser superior a 25 V, em corrente alternada (ou, no caso de rectificação, a 60 V, em corrente contínua lisa).