



isec
Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA
ELETROTÉCNICA

**Suporte Técnico e Comercial na
Indústria dos Condutores Elétricos**

Autor

Rui Pedro da Silva Gomes

Orientador

Doutor Fernando José Pimentel Lopes

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, abril de 2021



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
ELETROTÉCNICA

Suporte Técnico e Comercial na Indústria dos Condutores Elétricos

Relatório de Estágio de Natureza Profissional para a obtenção do
grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica

Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas
Industriais

Autor

Rui Pedro da Silva Gomes

Orientador

Doutor Fernando José Pimentel Lopes

Supervisor na empresa Helukabel Portugal

Engenheiro Eduardo Soares

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, abril de 2021

Agradecimentos

A realização deste estágio na Helukabel Portugal, bem como a elaboração deste relatório, não seria possível sem a colaboração de inúmeras pessoas, que me acompanharam, auxiliaram e principalmente me formaram ao longo desta etapa da minha vida.

Antes de mais agradeço à Helukabel Portugal por me ter proporcionado a realização deste estágio. Em particular, tenho a agradecer a duas entidades. À Helukabel Portugal, na pessoa do Engenheiro Eduardo Soares, por me ter concedido a oportunidade de poder ter pertencido a uma das melhores e mais incríveis equipas na qual já tive a oportunidade de trabalhar. Ao ISEC, na pessoa do meu orientador, Doutor Fernando Lopes, ao qual agradeço por toda a disponibilidade e principalmente pelos conselhos sábios aos quais agradeço de coração.

Como não poderia deixar de mencionar gostaria de agradecer à melhor equipa. À Engenheira Ema Martins, ao Engenheiro João Maia, ao Engenheiro Luís Almeida, ao Luís Lopes, ao Engenheiro António Nunes, à Cândida Peres, ao Dominique Caldeira, à Mafalda Baleizão, ao António Costa, ao João Nabo e ainda à Yolanda Costa, ao Carlos Aires em nome dos seus departamentos, financeiro e logística. A estas pessoas, o meu profundo obrigado, pelo tempo, pelos ensinamentos, pela experiência e principalmente pela amizade transmitida ao longo deste período.

À minha namorada, por toda a paciência e por ter de aguentar o meu temperamento nos dias menos bons, mas apoiando-me e motivando-me incondicionalmente. À minha família, pois sem eles nada disto seria possível, pela compreensão e por estarem sempre prontos a me apoiar e motivar. Aproveito ainda para agradecer aos meus amigos mais próximos, com quem havia sempre tempo para uma conversa, um café e alguns jantares, que me apoiaram e motivaram ao longo desta etapa de formação.

Resumo

Em Portugal, o mercado dos cabos elétricos é um negócio de competitividade extrema, principalmente no que se refere ao preço dos mesmos. Daí que a inserção na empresa no âmbito deste estágio se tenha direcionado para a otimização de diversos processos com o objetivo de poupar tempo aos colaboradores da empresa e consequentemente a redução de custos para a mesma. O estágio desenvolveu-se nesta vertente da otimização, assim como na vertente do apoio técnico e do desenvolvimento de novos projetos.

Com o início do estágio foi realizado um estudo detalhado sobre os aspetos construtivos dos condutores elétricos, bem como os aspetos relevantes de normalização e de regulamentos. Durante o período de formação foi possível adquirir competências no que se refere a aspetos construtivos, regulamentares e de aplicação final na área dos condutores elétricos.

Este relatório de estágio desenvolve-se na área dos condutores elétricos, principalmente no que se refere aos seus elementos construtivos, bem como na sua utilização e instalação em condições ideais. Para além destas componentes, são apresentadas as ferramentas que foram desenvolvidas em Visual Basic para apoio à criação de novos produtos ou para a otimização de processos dentro da empresa.

Este estágio permitiu ainda a participação em diversos projetos de diferentes áreas de ação da empresa, incluindo o planeamento e orçamentação para a incorporação de um laboratório de teste, o estudo e conceção da base de dados que estará na base do próximo catálogo Português, uma ferramenta de apoio a projetistas e ainda a colaboração nas atividades técnico-comerciais diárias no ramo dos condutores elétricos, orçamentação e soluções de engenharia.

O trabalho desenvolvido neste estágio possibilitou a aquisição de conhecimentos em áreas diversas como os materiais e processos construtivos que atualmente fazem parte do processo global de criação de um condutor elétrico, o funcionamento da indústria, mercado e comercialização de condutores elétricos, assim como na área da programação, especificamente no desenvolvimento de ferramentas de apoio aos processos técnico-comerciais associados à indústria dos cabos elétricos.

Palavras-Chave: Condutores elétricos, Cabos elétricos, Catálogo de cabos

Abstract

In Portugal, the electric cable market is a highly competitive business, especially regarding the involved prices. That is why the integration in the company, within the scope of this internship, has been directed towards the optimization of several processes with the objective of saving time for the company's employees, and consequently, saving costs. The internship was developed in this optimization area, as well as in the technical support to clients and in the development of new projects.

The Internship began by conducting a detailed study on the constructive aspects of electrical conductors, as well as on the relevant aspects of standardization and regulations. During the internship period, it was possible to acquire skills in the fields of cable construction, regulations and cable final applications.

This internship report is developed in the area of electrical conductors, mainly with regard to its construction elements, but also regarding their use and installation under ideal conditions. In addition to these components, a set of tools that were developed in Visual Basic to support the creation of new products or to optimize processes within the company, are presented. The development of these tools, in addition to optimizing some company' processes, facilitated the implementation of several projects that were in their initial phase.

This internship also allowed the participation in several projects in different areas within the company, including planning and budgeting for the incorporation of a local test laboratory, the study and design of the database that will be behind the next Portuguese catalog, and also the collaboration in daily commercial activities in the field of electric cables, budgeting and engineering solutions.

The work developed during this internship enabled the acquisition of knowledge in diverse areas such as in the materials and construction processes that are currently part of the global process of creating an electrical cable, the operation of the industry, market and commercialization of electrical cables, as well as in the area of programming, specifically in the development of tools to support the technical-commercial processes associated with the electric cable industry.

Palavras-Chave: Electrical conductors, Electrical cables, Cable catalog

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo	iii
Abstract	v
Índice	vii
Índice de Figuras	xi
Abreviaturas e Siglas	xv
1. Introdução.....	1
2. Enquadramento empresarial	3
2.1 Helukabel.....	3
2.1.1 Desenvolvimento e investigação	5
2.1.2 Produção	6
2.1.3 Centro logístico.....	6
2.1.4 Qualidade	7
2.2 Helukabel Portugal	8
2.2.1 A empresa	8
2.2.2 Helukabel Portugal, análise económica	9
2.2.3 Posição no mercado Português	10
3. Constituição dos condutores	11
3.1 Condutor elétrico	11
3.2 Alma condutora	11
3.2.1 Composição e forma da alma condutora	13
3.2.2 Tipos de condutores e classes de resistência	14
3.3 Camada isolante.....	15
3.3.1 Polietileno	16
3.3.2 Polietileno Reticulado	16
3.3.3 Copolímeros de Etileno	16
3.3.4 Borracha de silicone	17
3.3.5 Materiais ignífugos sem halogéneo.....	17
3.3.6 Policloreto de vinilo.....	17
3.4 Revestimentos metálicos	18
3.4.1 Blindagem.....	18
3.4.2 Conectorização de cabos blindados	22
3.4.3 Armadura.....	22
3.5 Bainhas.....	23
3.5.1 Policloreto de vinilo.....	24
3.5.2 Polietileno	24

3.5.3	Materiais ignífugos sem halogéneo.....	24
3.5.4	Borracha nitrilo-acrílica.....	24
3.5.5	Polietileno clorosulfuroso	25
3.5.6	Policloropreno.....	25
3.5.7	Polietileno	25
3.5.8	Poliuretano	25
3.5.9	Bloqueio longitudinal à penetração da humidade	25
3.6	Processo de fabrico.....	26
3.6.1	Trefilagem.....	26
3.6.2	Entraçamento	27
3.6.3	Revestimento do condutor	28
3.6.4	Sobreposição.....	29
3.6.5	Revestimentos.....	30
3.6.6	Bainhas e marcações.....	31
4.	Características particulares.....	33
4.1	Particularidades das bainhas	33
4.1.1	PVC	33
4.1.2	PUR	34
4.1.3	HMH.....	35
4.1.4	Intrinsecamente seguros	35
4.1.5	Bio-Fuel	35
4.1.6	NANOFLEX	36
4.2	Raios de curvatura	36
4.3	Tração	37
4.4	Roedores	38
4.5	Humidade	38
4.6	Nomenclaturas	39
4.7	Protocolos (DNBT)	40
4.8	Comportamento na presença de fogo.....	41
5.	Projetos desenvolvidos	45
5.1	Projetos de maior relevância.....	45
5.1.1	Catálogo Português.....	45
5.1.2	Ferramenta Helukabel	59
5.2	Outros projetos	68
5.2.1	Apoio à construção de formações.....	68
5.2.2	Retificação de fichas técnicas	69
5.2.3	Trabalhos individuais de tradução.....	69

5.2.4	Apoio ao departamento financeiro	69
5.2.5	Lista de clientes.....	69
5.2.6	Departamento de compras.....	70
5.2.7	Lançamentos mais relevantes.....	70
5.2.8	Registo de amostras.....	71
5.2.9	Áudio e vídeo.....	71
Conclusão.....		73
Referências Bibliográficas.....		75
Anexos.....		77
Anexo 1 - Valores 1000 empresas (Helukabel) [6].		79
Anexo 2 - Harmonizações em outros países [26].		81
Anexo 3 - Nomenclaturas Harmonizadas (HD 361 S3:1999) [27].		83
Anexo 4 - Norma NP 665 [28].		85
Anexo 5 - Sub categorias CPR [9].		87
Anexo 6 - Ficha técnica do JZ-500 [14].		89
Anexo 7 - Base de dados Excel catálogo Português.....		91
Anexo 8 - Base de dados Catálogo Português.....		93
Anexo 9 - PDF gerado pela macro.....		95
Anexo 10 - Ficha técnica F-CY-JZ.....		97
Anexo 11 - Categorias ferramenta Helukabel.....		99

Índice de Figuras

Figura 1 - Imagem corporativa de apresentação da empresa [1].	4
Figura 2 - Crescimento Helukabel 2004-2019 (milhões €) [1].	5
Figura 3 - Desenvolvimento e investigação [2].	5
Figura 4 - Produção [3].	6
Figura 5 - Armazém Helukabel [4].	7
Figura 6 - Ensaio em esteira articulada [4].	8
Figura 7 - Helukabel Portugal (Coimbra).	9
Figura 8 - Evolução das vendas [6].	10
Figura 9 - Estruturas químicas de polímeros condutores [10].	11
Figura 10 - Características físicas elétricas e mecânicas [9].	12
Figura 11 - Tabela "padrão" das classes dos condutores.	15
Figura 12 - Alguns exemplos de blindagem para cabos de redes estruturadas [12].	19
Figura 13 - Cabo TOPFLEX EMV-UV-2YSLC11Y [14].	20
Figura 14 - Cabos MULTISPEED 500-C-PVC e TRAYCONTROL 600-C [14].	20
Figura 15 - Ângulo de torção em blindagem [12].	21
Figura 16 - Extrusora de blindagem [12].	21
Figura 17 - Processo de Trefilagem [18].	26
Figura 18 - Esquema do processo de trefilagem [18].	27
Figura 19 - Processo de entrançamento [18].	27
Figura 20 - Arrefecimento do revestimento e respetivo controlo [18].	29
Figura 21 - Processo de revestimento [18].	29
Figura 22 - Processo de sobreposição [18].	30
Figura 23 - JZ-500 [14].	33
Figura 24 - JZ-500 COLD [14].	34
Figura 25 - JZ-500 Black [14].	34
Figura 26 - JZ-500 PUR [14].	35
Figura 27 - JZ-500 HMH [14].	35
Figura 28 - OZ-BL [14].	35
Figura 29 - BIOFLEX-500-JZ [14].	36
Figura 30 - NANOFLEX HC*500 [14].	36
Figura 31 - SY-JB [14].	36
Figura 32 - MULTIFLEX 512-PUR [14].	37
Figura 33 - NSHToU [14].	37
Figura 34 - SOLARFLEX-X PV1-F NTS [14].	38
Figura 35 - HELUCOM A-DQ(ZN)(SR)2Y [14].	38
Figura 36 - Tauchflex-R [14].	39

Figura 37 - Normas Portuguesas antigas NP 665 e NP 992.	39
Figura 38 – <i>Ethernet</i> industrial e crescimento das redes wireless [19].....	40
Figura 39 - Cabos Helukabel para Ethernet, Profinet e Profibus [14].....	41
Figura 40 - Desempenho CPR [25].	43
Figura 41 - Ordem de trabalhos Catálogo Português.	46
Figura 42 - Exemplo da arquitetura construtiva do Catálogo Português.....	47
Figura 43 - Arquitetura do catálogo.	48
Figura 44 - <i>Macro</i> catálogo Português.	49
Figura 45 – Criação de <i>form</i>	49
Figura 46 - Primeiro <i>form</i>	50
Figura 47 - Registo realizado.	50
Figura 48 - <i>Form</i> dados técnicos.....	51
Figura 49 - <i>Forms</i> 3,4,5 e 6.....	51
Figura 50 - <i>Form</i> acessórios.	52
Figura 51 - <i>Form</i> aplicação.....	52
Figura 52 - Registo terminado com sucesso.	52
Figura 53 – Fluxograma da <i>macro</i> geradora de fichas técnicas.	54
Figura 54 - <i>Macro</i> geradora de fichas técnicas.	54
Figura 55 - Ecrã de boas vindas.....	55
Figura 56 - Separadores com informação de <i>Part Numbers</i> (PNs).	55
Figura 57 - <i>Form</i> gerador de fichas técnicas.	55
Figura 58 - Separador Excel personalizado.	56
Figura 59 - Botões do separador Helukabel.	56
Figura 60 - Menu <i>drop-down</i> (seleção F-CY-JZ).	56
Figura 61 - F-CY-JZ selecionado na <i>macro</i>	57
Figura 62 - Ficha Técnica 1 gerada (1).	57
Figura 63 - Ficha Técnica 1 gerada (2).	58
Figura 64 - Ficha Técnica gerada e organizada.	58
Figura 65 - Categorias principais - Ferramenta Helukabel.	60
Figura 66 - Subcategorias - Ferramenta Helukabel.	61
Figura 67 - Arquitetura - Ferramenta Helukabel.	62
Figura 68 - Separadores por lista de cabos - Ferramenta Helukabel.	62
Figura 69 - Página inicial - Ferramenta Helukabel.....	63
Figura 70 - Primeira categoria do programa nos <i>menus</i> – Ferramenta Helukabel.	63
Figura 71 - Subcategoria cabos de controlo PVC (A1A) 1.	64
Figura 72 - Subcategoria cabos de controlo PVC (A1A) 2.	64
Figura 73 - Geradores e quadros arquitetura.	65

Figura 74 - Arquitetura implementada Excel.....	66
Figura 75 – Écran de boas vindas ferramenta v2.....	66
Figura 76 - Página principal – Ferramenta Helukabel v2.....	67
Figura 77 - Subcategorias "Gerador e quadros".....	67
Figura 78 - Subcategorias "Alimentação/Energia".	67
Figura 79 - Subcategorias "Fios".....	68
Figura 80 - Resultados apresentados na subcategoria "Flexível".	68

Abreviaturas e Siglas

ISEC - Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

VBA - *Visual Basic for Applications*

BT - Baixa Tensão

PVC - Policloreto de Vinilo

PE - Polietileno

PEX - Polietileno Reticulado

EPR - Copolímeros de Etileno – Propílico

HEPR - Borracha Etil-Propílica

EPT - Etilenopropileno-Terpolímero

IEM - Interferência Eletromagnética

EMC - *Electromagnetic Compatibility*

PCD - *Polycrystalline Diamond*

PP - Polipropileno

XLPE - Polietileno Reticulado

Hypalon - Polietileno Clorosulfuroso

LS0H - *Low Smoke Zero Halogen*

DNBT - *Data Network & Bus Technology*

CENELEC - *European Committee for Electrotechnical Standardization*

1. Introdução

O mercado dos condutores elétricos é um mercado excecionalmente competitivo, liderado pelo preço, e com um nível de concorrência bastante elevado. Sendo um elemento presente em todas as habitações, indústria, transportes, veículos, entre outros, nos dias de hoje a possibilidade de rotação do material acaba por ser um ponto fulcral no negócio dos condutores elétricos.

O presente relatório tem por base aprofundar a formação na Área de Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas Industriais, no âmbito de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica, ministrado pelo Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC), sendo parte integrante dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre nesta área de especialização.

Antes do início do estágio propriamente dito foram efetuadas diversas reuniões com a empresa onde foram discutidas algumas questões relativas ao possível estágio assim como se deram a conhecer ambas as partes que viriam a assinar o protocolo de estágio. Dessas reuniões resultou a identificação de duas necessidades às quais o perfil de estudos do estagiário poderia ser útil para a empresa, nomeadamente: um estudo de implementação de um equipamento para construir cabos espirais e uma possível revisão ao Catálogo Português em vigor. Todavia, durante o período que decorreu entre as reuniões iniciais e o início do período do estágio efetivo, os objetivos da empresa alteraram-se, passando para segundo plano o estudo dos cabos em espiral. Durante o decurso do estágio o estagiário teve a possibilidade de participar em diversas atividades da empresa tanto internas como externas.

O estagiário foi alocado ao departamento comercial, não ignorando os restantes segmentos da empresa. Foram apresentados diversos desafios, alguns dos quais serão descritos ao longo deste relatório, os quais motivaram o estagiário a estudar e investigar sobre diversos temas sobre os quais não possuía conhecimento.

Uma das funções do estagiário passava por prestar apoio ao Diretor Técnico da empresa e, juntamente com este e com o Diretor Geral, foram mantidas reuniões semanais nas quais eram definidas as principais atividades que seriam desenvolvidas no decurso da semana. Além destes “desafios” existia o dia a dia, ou seja, a rotina diária do departamento comercial da empresa, em caso de entrada de um projeto de maiores dimensões o estagiário prestaria o auxílio necessário.

Neste relatório começa-se por uma pequena apresentação da empresa na qual foi realizado o estágio, seguindo-se uma descrição detalhada das bases necessárias para compreender e desenvolver atividade de engenharia no mercado dos condutores elétricos. Serão abordados temas do processo construtivo, das possibilidades de utilizações dos cabos e dos regulamentos. Por último serão apresentados alguns dos projetos realizados, incluindo a demonstração de funcionamento e funcionalidades.

Este relatório de estágio encontra-se dividido em cinco capítulos, apresentando no início um *Resumo/Abstract* que sintetizam o trabalho desenvolvido e o conteúdo do documento e no final um conjunto de referências bibliográficas utilizadas no estudo

associado às atividades do estágio e na redação deste relatório. A seguir apresentam-se os temas desenvolvidos no corpo principal do relatório.

No Capítulo 1 – “Introdução e objetivos”, o capítulo presente, ilustram-se quais os objetivos do estágio e apresenta-se a estrutura do presente relatório.

No Capítulo 2 – “Enquadramento empresarial”, apresenta-se de forma resumida a empresa no seu todo e de forma mais pormenorizada, a Helukabel Portugal.

No Capítulo 3 – “Constituição dos condutores”, são desenvolvidos os aspetos construtivos dos condutores e cabos. Este capítulo está organizado do interior de um condutor para o seu exterior, ou seja, será iniciado com a sua constituição, seguindo-se as suas principais camadas e revestimentos. Por fim, de forma menos aprofundada, é descrito o processo de fabrico.

No Capítulo 4 – “Características particulares”, são abordadas algumas características particulares dos condutores e cabos que, ao longo dos anos, tiveram de ser introduzidas no crescente mercado dos condutores elétricos.

Finalmente, no Capítulo 5 – “Projetos”, apresentam-se algumas das ferramentas desenvolvidas durante o estágio, com a finalidade da otimização de processos ou de tempo, em algumas tarefas selecionadas da atividade da empresa.

2. Enquadramento empresarial

A Helukabel, fundada em 1978 na Alemanha, é uma empresa fabricante e fornecedora de cabos, fios e acessórios elétricos. Conta com mais de 40 anos de experiência no ramo dos cabos especiais. Garante aos seus clientes entregas rápidas, o que só é possível graças ao seu armazém logístico completamente automatizado e à sua elevada disponibilidade de *stock*, contando com mais de 33000 referências. Aliado a este conjunto de competências a Helukabel garante ao seu cliente um apoio de excelência.

Neste capítulo serão abordados dois tópicos principais, o primeiro responsável por transmitir informação mais relativa à Helukabel global (Subcapítulo 2.1), e o segundo mais vocacionado para a Helukabel Portugal, onde foi realizado o estágio curricular (Subcapítulo 2.2). O tópico da Helukabel global encontra-se dividido em quatro subtópicos (Secção 2.1.1 a Secção 2.1.4): “Desenvolvimento e investigação”, “Produção”, “Centro logístico” e “Qualidade”. Estes subtópicos irão possibilitar o conhecimento dos ideais da empresa, bem como as suas maiores apostas em marcar a diferença no mercado. O tópico Helukabel Portugal irá apresentar a constituição da empresa e as suas divisões internas. À *posteriori*, no subtópico “Helukabel Portugal, análise económica” é apresentada uma análise económica apenas baseada em dados de conhecimento público. Por fim, no subtópico “Posição no mercado Português”, será transmitida a visão da empresa para o posicionamento no mercado nacional.

2.1 Helukabel

A Helukabel conta atualmente com mais de 1600 colaboradores e com 6 centros de produção espalhados pelo mundo. A empresa está presente em 53 localizações, sendo que estas estão divididas por 34 países, possibilitando assim uma entrega em tempo útil para mais de 160 países. Na Figura 1 podemos observar estes dados, apresentados de forma gráfica numa das imagens corporativas da empresa.

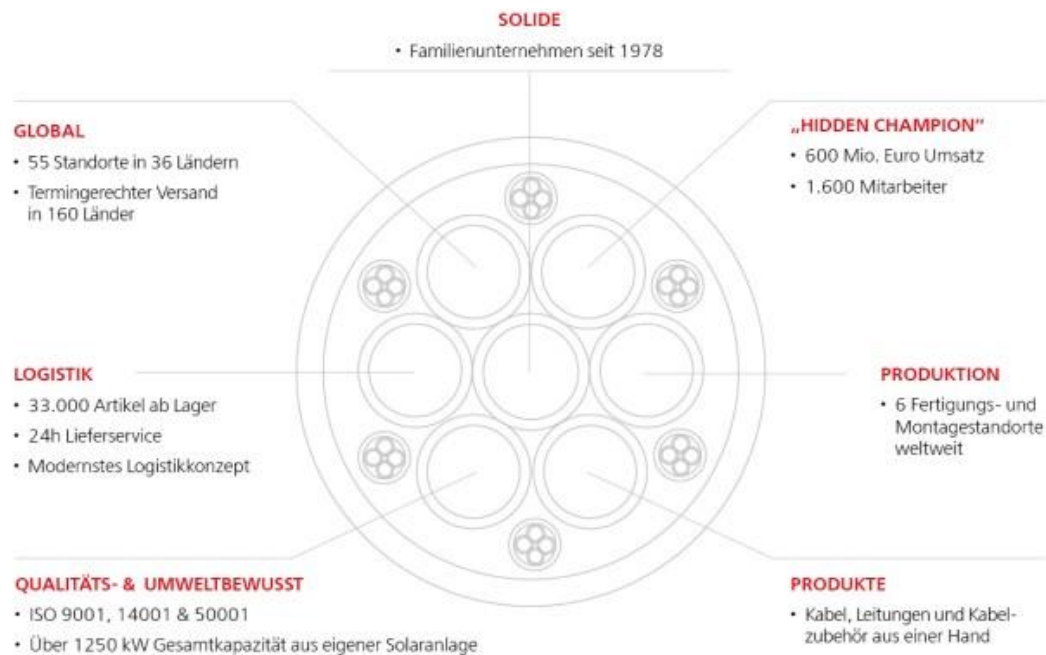


Figura 1 - Imagem corporativa de apresentação da empresa [1].

Porém estamos a falar no setor dos cabos elétricos, o que só por si representa um setor bastante competitivo e que muitas vezes o fator preço acaba mesmo por ser o mais relevante. Logo, quais são os fatores que tornam a Helukabel única no seu setor de atividade, podemos enumerar os mais relevantes:

- A Helukabel apresenta uma elevada e vasta gama de produtos e soluções customizadas à medida do cliente. No seu catálogo podemos contar com soluções que variam de $0,055 \text{ mm}^2$ a 1000 mm^2 . Podemos contar ainda com inúmeras aprovações e materiais de isolamento;
- Como referido a Helukabel tem a capacidade de poder oferecer aos seus clientes soluções feitas à medida, tornando aquele que já é um leque extenso, numa infinidade de soluções a serem apresentadas. Tudo isto sempre de encontro a satisfazer o cliente;
- A companhia é detentora da sua própria produção de cabos, tanto na Alemanha como na China, a mesma que já conta com mais de 5000 metros quadrados de espaço de produção de cabos e soluções.

O grupo demonstra um crescimento desde 2004, como é possível visualizar na Figura 2, onde a Helukabel faturou mais de 600 milhões de euros no ano de 2019.

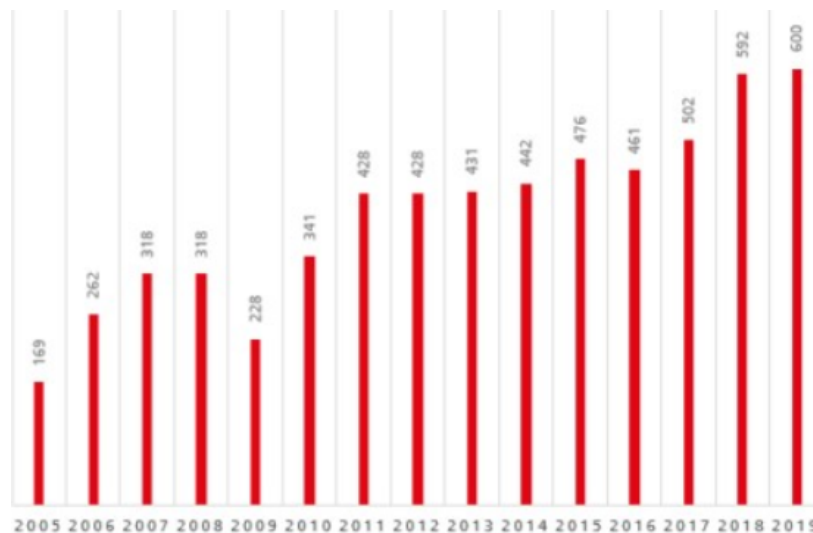


Figura 2 - Crescimento Helukabel 2004-2019 (milhões €) [1].

2.1.1 Desenvolvimento e investigação

A empresa possui um forte foco nas áreas de desenvolvimento e investigação. Atualmente os clientes esperam uma extrema resistência a químicos, tensões elétricas e mecânicas, pequenos raios de curvatura, um elevado número de ciclos de flexão e uma excelente vida útil. Daí existir a necessidade de exercer um esforço constante por parte dos engenheiros que projetam os cabos que atendem e superam consistentemente estes requisitos do mercado global.

No centro de testes de última geração em *Windsbach*, são testados todos os produtos para assim garantir a sua conformidade e a sua disponibilidade para a produção. À medida que a tecnologia melhora, a Helukabel é constantemente desafiada a inventar novos produtos de primeira linha que atendem aos requisitos, em constante mudança, dos clientes. Os rigorosos padrões de qualidade são respeitados efetuando medições e verificações aleatórias de amostras realizadas durante a produção. Na Figura 3 podemos observar um teste que verifica a qualidade de enchimento das bainhas dos cabos elétricos [2].



Figura 3 - Desenvolvimento e investigação [2].

2.1.2 Produção

Desde 1988, que são fabricados cabos e fios elétricos com elevados padrões de qualidade na Helukabel. Esta tenta abranger na sua gama de soluções produtos de acordo com quase todas as normas e regulamentações que caracterizam o ramo. Todo e qualquer produto que saia das instalações do grupo está sujeito aos rigorosos procedimentos de medição.

O grupo possui duas unidades fabris na Alemanha, contando com mais de 300 colaboradores e são produzidos anualmente 1 milhão de quilómetros de cabo nas suas instalações. Dotados de recursos de topo na área da construção de condutores, são líderes em áreas como a automação, transferência de informações, sistemas de gestão e energias renováveis. Ainda na Alemanha a Helukabel possui 40000 m² de espaço de produção e conta com 26 máquinas extrusoras, 20 máquinas de trefilar e 60 máquinas de entrançar blindagem. Tudo isto para proporcionar uma gama que varia dos 0.05 mm² a 1000 mm² e de acordo com diversas normas europeias e mundiais.

A Helukabel opera uma nova instalação de produção em *Taicang* (perto de Xangai) na China, contando com 7000 m² de espaço de produção onde são produzidos cabos e fios para o mercado asiático, como podemos observar na Figura 4. O foco é na qualidade dos cabos e fios flexíveis e altamente flexíveis, fabricados de acordo com os padrões chineses e internacionais. Linhas de fabrico ajustáveis, permitindo assim prazos de entrega curtos e a proximidade do centro de logística da Helukabel oferecem vantagens essenciais para a execução de grandes projetos no mercado asiático [3].



Figura 4 - Produção [3].

2.1.3 Centro logístico

A Helukabel opera o maior centro de distribuição de ponta da Europa para cabos e fios. A grande maioria das 33000 referências são armazenadas no armazém em *Hemmingen*, perto de *Stuttgart*/Alemanha. Empregando uma estratégia *just-in-time*, a tecnologia de ponta de controlo e movimentação de materiais é utilizada para

processar milhares de pedidos em mais de 40000 locais de armazenamento de paletes, como é possível de observar na Figura 5. Além disso, o armazém de peças pequenas, totalmente automatizado aumenta a sua capacidade de despachar pedidos o mais rápido possível para os seus clientes um pouco por todo o mundo.



Figura 5 - Armazém Helukabel [4].

Armazéns

O armazém de paletes Euro possui 40500 locais de armazenamento de paletes com 16 corredores e com 16 unidades de armazenamento e recuperação. Enroladores de cabo até um máximo de 1500 kg e um diâmetro máximo de 1,40 m. Os sistemas de manuseio de materiais estão diretamente ligados às máquinas de corte.

O armazém de carga pesada possui 670 locais de armazenamento com 1 corredor e com 1 unidade de armazenamento e recuperação. Enroladores de cabo até um máximo de 4000 kg e um diâmetro máximo de 2,20 m. Os sistemas de manuseio de materiais estão diretamente ligados às máquinas de corte.

O armazém automatizado de peças pequenas possui 35.900 posições de armazenamento com 6 corredores e com 6 unidades de armazenamento e recuperação, cada uma com 2 dispositivos de manuseio de carga. Este possui uma capacidade de despacho de aproximadamente 1000 caixas/hora [5].

2.1.4 Qualidade

No que respeita à qualidade dos produtos da marca, são utilizados equipamentos topo de gama no que toca ao teste de procedimentos, garantindo a elevada qualidade da marca Helukabel.

A Helukabel oferece aos seus clientes produtos de alta qualidade, de acordo com vários padrões e certificações internacionais. Todos os produtos certificados da Helukabel são monitorados regularmente por centros de teste e certificação independentes. A garantia constante de elevada qualidade é apoiada por um sistema de gestão integrado, implementado em toda a rede Helukabel.

No início dos anos 90, a Helukabel foi uma das primeiras empresas do setor a implementar um sistema de gestão certificado de acordo com as normas ISO 9001:2008, mostrando ainda mais o compromisso com a produção de produtos de cabos e fios de qualidade. Em 1999, recebeu a certificação DIN EN ISO 14001: 2004 pelos passos para garantir que o sistema de gestão da qualidade atenda aos rígidos padrões ambientais. Os certificados ISO fornecem uma prova visível dos esforços ambientais e de qualidade, o que justifica a alta confiança que os clientes têm na marca Helukabel. Na Figura 6 pode-se observar um ensaio para cabos de classificação flexível [4].



Figura 6 - Ensaio em esteira articulada [4].

2.2 Helukabel Portugal

A Helukabel Portugal, Figura 7, fundada em maio de 2016, é uma subsidiária do grupo responsável pelos mercados de Portugal, Marrocos, Tunísia, Argélia, Angola, Moçambique e Cabo Verde, bem como por alguns projetos específicos em África. Na secção seguinte será abordado o funcionamento interno da empresa, ou seja, os grupos nos quais esta se organiza para o seu bom funcionamento. Segue-se ainda uma análise económica e por fim qual o posicionamento da empresa no mercado Português.

2.2.1 A empresa

A empresa encontra-se dividida em três grandes grupos organizacionais, sendo estes o departamento comercial, o departamento financeiro e o departamento logístico.

O departamento comercial, trata-se de um departamento alargado onde estão inseridos todos os Comerciais da empresa, responsáveis por efetuar os negócios

diários tal como em qualquer outra empresa. De realçar que este departamento está sob alçada direta do Diretor Geral, derivado da volatilidade do negócio. Este ainda conta com o apoio constante do Diretor Técnico, qualquer questão, de foro mais técnico, que seja colocada a algum destes Comerciais tem o apoio constante de mais uma pessoa que tal como o Diretor Geral têm bastantes anos de experiência no ramo.

O departamento financeiro é responsável, tal como o nome indica, por todas as questões financeiras que tocam à empresa.

O departamento logístico possuiu um responsável, que está encarregado de gerir todo o processo logístico tanto de movimentação de encomendas, como de gestão do próprio armazém. De referir que a Helukabel Portugal possui duas pessoas a tempo inteiro no armazém e ainda uma terceira a tempo parcial. Isto para estar apta a responder ao volume de encomendas. Aqui ainda podemos inserir um pequeno subgrupo que se trata do departamento das compras, atualmente apenas possuiu uma pessoa e a sua função passa por, dada a volatilidade do preço do cobre, conseguir comprar material aos melhores preços e ainda questionar fornecedores por preços para certos materiais não produzidos pela Helukabel.



Figura 7 - Helukabel Portugal (Coimbra).

2.2.2 Helukabel Portugal, análise económica

Segundo fonte da revista “1000 Maiores Empresas da Região Centro”, publicação de Diário as Beiras é possível retirar as seguintes conclusões:

- Relativamente ao volume de negócio, existiu um aumento de 68 % quando comparamos os resultados de 2017 com 2018;
- De realçar uma rentabilidade do capital próprio de 51,74 % em 2018, o que por outras palavras significa que cada euro que foi investido nesta empresa representa 51,74 cêntimos de resultados líquidos. Podendo este rácio ser utilizado como comparação de performance entre empresas distintas ou possíveis aplicações alternativas de capital;
- Ainda de realçar o aumento de 42% nos valores globais da exportação, isto comparando o ano de 2017 com o de 2018.

Estes dados demonstram o crescimento acentuado que tem existido na Helukabel Portugal desde a sua criação há aproximadamente 3 anos e meio. O gráfico proveniente de um relatório empresarial da “einforma.pt” demonstra isso mesmo, Figura 8 [6] [7]. Os dados mais concretos podem ser consultados no Anexo 1.

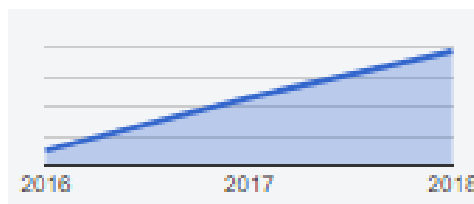


Figura 8 - Evolução das vendas [6].

2.2.3 Posição no mercado Português

A posição da empresa no mercado Português vai de encontro à sua posição no mercado mundial, apesar do nosso mercado possuir algumas particularidades. A posição da empresa não é de oferecer o melhor preço do mercado, até pelo contrário, a empresa não tem qualquer problema em admitir que não tem os preços mais competitivos tanto no mercado português como no mercado mundial. Porém, a mesma oferece uma relação de qualidade/preço que compete com as maiores empresas mundiais. Por outras palavras, a Helukabel não é reconhecida pelos seus preços “*low cost*” mas sim por oferecer aos seus clientes uma das melhores relações de qualidade/preço do mercado.

O mercado Português tem algumas particularidades em relação ao resto da Europa, o que fez com que a Helukabel Portugal tivesse de ultrapassar inúmeros desafios para entrar no mercado e possuir uma pequena cota do mesmo. Neste momento todas as semanas chegam novos contactos e novas pessoas que querem conhecer os produtos Helukabel e testar a sua qualidade [8].

3. Constituição dos condutores

No contexto deste relatório, um condutor elétrico é um material no qual as cargas elétricas se deslocam de forma relativamente livre. Quando em algum local do condutor este material é carregado, esta carga elétrica distribui-se pelo volume do condutor.

Dentro do presente capítulo será possível realizar uma análise à constituição dos condutores elétricos, efetuando uma análise secção por secção, do interior para o exterior dos mesmos. Serão abordados temas como a alma condutora, camada isolante, revestimentos metálicos, bainhas e por fim o processo de fabrico dos condutores elétricos.

3.1 Condutor elétrico

Existem condutores feitos a partir de polímeros, Figura 9, mais propriamente de polímeros intrinsecamente condutores, que se tratam de polímeros orgânicos capazes de conduzir eletricidade. Estes podem oferecer alta condutividade elétrica e podem ter condutividade metálica ou podem ser semicondutores. Este desenvolvimento foi um feito incrível, nomeadamente para atribuir o Nobel de Química de 2000 a *Alan Heeger* (Estados Unidos), *Alan MacDiarmid* (Nova Zelândia/Estados Unidos) e *Hideki Shirakawa* (Japão), pela descoberta e desenvolvimento de polímeros condutores [9].

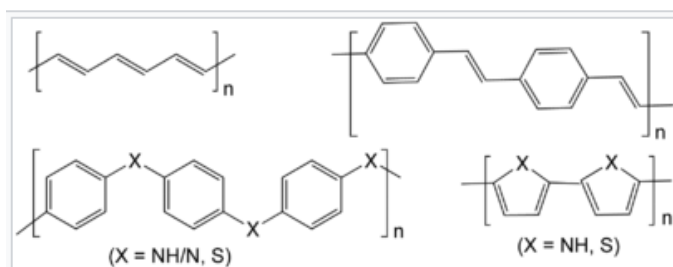


Figura 9 - Estruturas químicas de polímeros condutores [10].

3.2 Alma condutora

A alma condutora é maioritariamente caracterizada pela natureza do metal condutor, pela sua secção nominal e pela sua composição, que vão condicionar a flexibilidade e a resistência óhmica do condutor final. A alma condutora pode ser em cobre recozido, nu ou estanhado, ou então em alumínio normalmente $\frac{3}{4}$ duro ou duro e por ligas de alumínio. Na Figura 10 podemos observar algumas dessas características.

Características	Cobre Recozido	Alumínio 3/4 duro	Liga de Alumínio (Al, Mg e Si)
Grau de Pureza, %.....	> 99,9	> 99,5 (*)	—
Resistividade a 20°C, ohm . mm ² /m.....	17,241 . 10 ⁻³	28,264 . 10 ⁻³	32,8 . 10 ⁻³
Coeficiente de variação da resistência óhmica com a temperatura, a 20°C, por °C..	3,93 . 10 ⁻³	4,03 . 10 ⁻³	3,6 . 10 ⁻³
Densidade a 20°C.....	8,89	2,70	2,70
Coeficiente de dilatação linear a 20°C, por °C.....	17 . 10 ⁻⁶	23 . 10 ⁻⁶	23 . 10 ⁻⁶
Tensão de ruptura, MPa.....	230 a 250	120 a 150	295 a 350
Alongamento à ruptura, %.....	20 a 40	1 a 4	24
Temperatura de Fusão, °C.....	1080	660	780

Figura 10 - Características físicas elétricas e mecânicas [9]

O alumínio é o elemento metálico mais abundante no nosso planeta. Logo, podemos apontar o alumínio como sendo bastante mais económico do que o mesmo cabo em cobre. Além de mais acessível em termos de preço, o alumínio possui sensivelmente metade do peso de um cabo idêntico em cobre. Em suma, podemos apontar três vantagens ao alumínio: mais barato, mais leve e ainda consegue resistir melhor à deformação. O alumínio ainda possui uma película exterior que dificulta o ar e a água de interagir com o material.

Por outro lado, o cobre é um dos materiais mais importantes na indústria, sendo este dúctil, maleável e bom condutor de eletricidade. Possui uma maior resistência aos fatores externos como a oxidação e corrosão galvânica, para além da sua maior maleabilidade. De realçar que uma ligação cobre-cobre é muito mais confiável do que uma ligação alumínio-cobre.

Em suma, como o alumínio possui aproximadamente 60% da condutividade do cobre, são sempre necessárias maiores secções de alumínio do que um condutor equivalente em cobre. Daí, e também da falta de flexibilidade do alumínio quando comparado com o cobre, a utilização dos condutores com alma em alumínio está maioritariamente atribuída à grande distribuição de energia, onde o fator peso é tido em bastante consideração e a flexibilidade não é um ponto fulcral, tornando o alumínio a opção mais viável nesta situação. Pode-se apresentar um exemplo prático de um quadro elétrico, se apenas se considerar a componente metal dos equipamentos e os barramentos do quadro, podemos falar de 20% de diminuição de peso a favor do alumínio para quadros de 1000 A e chega a valores de 29% para quadros de 4000 A.

Em inúmeras ligas metálicas é utilizado o estanho, principalmente como cobertura de outros metais, como o caso do cobre, com a finalidade de os proteger da corrosão. Este metal possui resistência à corrosão quando exposto a água, seja doce ou do mar, porém apresenta fragilidade e pode ser atacado por ácidos fortes, bases e sais ácidos. Como agente de revestimento tem a função de proteger o condutor interno de determinado número de agentes externos e ainda de permitir uma fácil soldadura a componentes.

A prata é o melhor condutor elétrico à temperatura ambiente, possuindo uma condutividade elétrica de 108%, sendo que a base de referência é o cobre com 100%, o alumínio como já referido possui 60% e o ouro que será abordado a seguir, de 70%. A prata é especialmente utilizada para efetuar conexões entre superfícies de cobre, pois constitui a melhor combinação para a condução da eletricidade e do calor entre condutores distintos. Tem particular interesse na utilização de cabos coaxiais com condutores centrais e revestimento a prata, aumentando os valores de condutividade elétrica, derivado do efeito pelicular.

Por fim, o ouro, já referido, não é utilizado pela sua condutibilidade, o que levanta algumas questões. Porque vamos estar a utilizar um metal que é tão mais caro que os restantes se ainda por cima não conduz tão eficientemente? A resposta é simples, primeiro é dos metais mais resistentes à corrosão e depois é facilmente maleável. O que se passa em metais como a prata e mesmo o cobre é que existe formação de óxidos metálicos nas suas superfícies, e dado que estes óxidos se tratam de compostos isolantes irão aumentar consideravelmente a resistência elétrica nos contactos. Daí a sua utilização em sistemas eletrónicos em que é imprescindível manter a qualidade do contacto elétrico ao longo do tempo. Além desta vantagem notória, o ouro como já mencionado é facilmente maleável, tornando possível que com apenas uma grama de ouro se obtenha um fio de 3 km com 0,005 mm de diâmetro, tornando o metal de eleição no que toca a dispositivos móveis.

Existem outros materiais passíveis de serem utilizados como almas condutoras, principalmente ligas especiais que são utilizadas para finalidades muito específicas, como são o caso dos cabos compensados, que são construídos em ligas específicas mediante as especificações dos sistemas onde são inseridos [9] [11].

3.2.1 Composição e forma da alma condutora

Em função da solução pretendida por parte do cliente e nomeadamente dependendo da secção e do grau de flexibilidade exigido para a solução em questão, a alma poderá ser unifilar ou multifilar. Sendo que um condutor unifilar será sempre menos flexível do que um condutor multifilar. Normalmente os condutores são dispostos em hélice para conferir uma maior maleabilidade do condutor, e para construções de maior complexidade essa hélice é alternada entre camadas sucessivas de construção do condutor. As almas condutoras são normalmente circulares ou sectoriais, sendo que as últimas são sobretudo utilizadas em cabos com 3 ou 4 condutores de modo a possibilitar uma melhor ocupação do espaço, e assim poder reduzir as dimensões e peso do próprio cabo.

Em secções de maiores dimensões é possível observar almas condutoras segmentadas, ou seja, o mesmo condutor é “dividido” em condutores de menor secção, podendo estes serem ligeiramente isolados entre si. Este pormenor construtivo tem em vista a redução do efeito pelicular e da resistência óhmica em corrente alternada, permitindo assim um maior aproveitamento da secção útil [9].

3.2.2 Tipos de condutores e classes de resistência

Segundo a CEI 60228, que define as secções nominais para as almas condutoras, existem quatro classes de flexibilidade, sendo estas 1, 2, 5 e 6. Em função destas classes são definidos números mínimos de condutores que têm de existir para conferir um determinado grau de flexibilidade. As classes 1 e 2 referem-se a cabos rígidos, em que a diferença entre elas é o facto de as almas serem unifilares ou multifilares. As Classes 5 e 6 referem-se a cabos flexíveis e extra flexíveis e a principal diferença entre elas está no número de filamentos que constitui a alma condutora. Quando aumentamos o número de filamentos estamos também a aumentar o grau de flexibilidade do cabo.

Em certas classes a CEI 60228 não define o número mínimo de filamentos, porém irá definir o valor da resistência da alma em corrente contínua a 20 °C em função da secção e da classe em análise. De realçar que a CEI 60228 apenas define valores mínimos, sendo que cabe a cada fabricante efetuar o dimensionamento dos seus cabos flexíveis e extra flexíveis, como podemos observar na Figura 11. Quando falamos principalmente de cabos extra flexíveis, ou seja, cabos que vão estar sujeitos a movimentos de esteiras articuladas ou semelhantes, são cabos que vão sofrer bastante durante o seu tempo útil de vida. Existe um equilíbrio que tem de ser obtido por parte do fabricante em conjugar os materiais de fabrico dos isolantes bem como das almas, assim como o número de filamentos, a torção dos filamentos dentro dos cabos e o atrito entre diversos fios dentro do mesmo cabo. A Helukabel tenta apostar num equilíbrio entre a extra flexibilidade sem um custo acrescido para o cliente final. Para isso é necessário um departamento de inovação bastante evoluído bem como um departamento de testes que permita equacionar todas estas incógnitas [11].

Conductor make-up: VDE 0295 resp. from 0.5 mm ² in accordance with IEC 228						
Cross-section mm ²	Multi-stands to VDE 0295 Class 2	Multi-wire conductors	Fine-wire conductors VDE 0295 Class 5	*	Superfine strands to VDE 0295 Class 6	
0,14				~	18 × 0,10	~ 18 × 0,1 ~ 36 × 0,07 ~ 72 × 0,05
0,25			~ 14 × 0,15	~	32 × 0,10	~ 32 × 0,1 ~ 65 × 0,07 ~ 128 × 0,05
0,34		7 × 0,25	~ 19 × 0,15	~	42 × 0,10	~ 42 × 0,1 ~ 88 × 0,07 ~ 174 × 0,05
0,38		7 × 0,27	~ 12 × 0,20	~	21 × 0,15	~ 48 × 0,1 ~ 100 × 0,07 ~ 194 × 0,05
0,5	7 × 0,30	7 × 0,30	~ 16 × 0,20	~	28 × 0,15	~ 64 × 0,1 ~ 131 × 0,07 ~ 256 × 0,05
0,75	7 × 0,37	7 × 0,37	~ 24 × 0,20	~	42 × 0,15	~ 96 × 0,1 ~ 195 × 0,07 ~ 384 × 0,05
1,0	7 × 0,43	7 × 0,43	~ 32 × 0,20	~	56 × 0,15	~ 128 × 0,1 ~ 260 × 0,07 ~ 512 × 0,05
1,5	7 × 0,52	7 × 0,52	~ 30 × 0,25	~	84 × 0,15	~ 192 × 0,1 ~ 392 × 0,07 ~ 768 × 0,05
2,5	7 × 0,67	19 × 0,14	~ 50 × 0,25	~	140 × 0,15	~ 320 × 0,1 ~ 651 × 0,07 ~ 1280 × 0,05
4	7 × 0,85	19 × 0,52	~ 56 × 0,30	~	224 × 0,15	~ 512 × 0,1 ~ 1040 × 0,07
6	7 × 1,05	19 × 0,64	~ 84 × 0,30	~	192 × 0,20	~ 768 × 0,1 ~ 1560 × 0,07
10	7 × 1,35	49 × 0,51	~ 80 × 0,40	~	320 × 0,20	~ 1280 × 0,1 ~ 2600 × 0,07
16	7 × 1,70	49 × 0,65	~ 128 × 0,40	~	512 × 0,20	~ 2048 × 0,1
25	7 × 2,13	84 × 0,62	~ 200 × 0,40	~	800 × 0,20	~ 3200 × 0,1
35	7 × 2,52	133 × 0,58	~ 280 × 0,40	~	1120 × 0,20	
50	19 × 1,83	133 × 0,69	~ 400 × 0,40	~	705 × 0,30	
70	19 × 2,17	189 × 0,69	~ 356 × 0,50	~	990 × 0,30	
95	19 × 2,52	259 × 0,69	~ 485 × 0,50	~	1340 × 0,30	
120	37 × 2,03	336 × 0,67	~ 614 × 0,50	~	1690 × 0,30	The number of wires in columns 3 – 7 is optional. VDE 0295 specifies only the maximum diameter of the individual wires and the maximum resistance assigned to the cross-section.
150	37 × 2,27	392 × 0,69	~ 765 × 0,50	~	2123 × 0,30	
185	37 × 2,52	494 × 0,69	~ 944 × 0,50	~	1470 × 0,40	
240	61 × 2,24	627 × 0,70	~ 1225 × 0,50	~	1905 × 0,40	
300	61 × 2,50	790 × 0,70	~ 1530 × 0,50	~	2385 × 0,40	
400	61 × 2,89		~ 2035 × 0,50			
500	61 × 3,23		~ 1768 × 0,60			

Figura 11 - Tabela "padrão" das classes dos condutores.

3.3 Camada isolante

Nos dias de hoje a utilização de condutores elétricos isolados a papel impregnado está em notório desuso, daí a maior parte das camadas isolantes de hoje serem de isolantes sintéticos, podendo estes serem materiais termoplásticos, elastômeros ou polímeros reticuláveis. A maior parte destes materiais são amplamente utilizados na indústria dos cabos e as suas propriedades são bem conhecidas dentro do ramo. Porém, quando falamos de compostos, cada empresa terá a sua qualidade de composto em específico e essa diferença será notória na qualidade do produto final.

Podemos dividir estes materiais em dois grupos sendo o primeiro os materiais termoplásticos, ou seja, o material é passível de sofrer alterações na plasticidade provocadas pela temperatura e de uma forma reversível, tais como o policloreto de vinilo (PVC) e o polietileno (PE). O outro grupo trata-se da junção dos elastômeros e polímeros reticuláveis, possuindo um grande domínio da elasticidade e grandes aptidões para a deformação. Estes, depois de extrudidos, passam por uma operação de vulcanização ou reticulação a fim de lhes serem incutidas as ligações moleculares pretendidas. Nestes materiais inclui-se o polietileno reticulado (PEX) e a borracha de silicone.

Ao ser aumentado o valor da tensão no interior da alma condutora, é diretamente proporcional a exigência da camada isolante necessária, sendo exigida particular atenção ao processo de fabrico desta camada. Nomeadamente é necessário prestar atenção à eliminação das impurezas, tentar atingir uma ausência de vacúolos e sempre tendo em atenção ao denominado de “*Water Treeing*”, ou mantendo os níveis

de água nas camadas isolantes o mais baixos possível. “*Water Treeing*” é a degradação ao longo do tempo das propriedades dielétricas do material isolante devido à presença simultânea de água e de um campo elétrico no material [9].

De seguida serão apresentados alguns dos materiais mais utilizados nas camadas isolantes dos condutores elétricos, bem como as suas principais características.

3.3.1 Polietileno

O Polietileno (PE) tem como vantagens:

- O seu elevado grau de pureza;
- Pode ser submetido a elevadas temperaturas, o que vem possibilitar a sua filtragem durante o processo de fabrico;
- Qualidades dielétricas excecionais, nomeadamente a resistência do isolamento e a rigidez dielétrica;
- Ótimas características mecânicas, nomeadamente boa resistência a choques, à fissuração e às baixas temperaturas (-40 °C) e ainda uma densidade capaz de respeitar os raios de curvatura ditos normais;
- Apresenta uma resistência elevada à grande maioria dos agentes químicos e agentes atmosféricos;
- Não liberta gases corrosivos durante a combustão, porém apresenta uma fraca resistência à propagação da chama.

3.3.2 Polietileno Reticulado

O Polietileno reticulado (PEX), passa por um processo de reticulação que permite criar uma estrutura distinta, possuindo boas características elétricas, mas inferiores ao PE, nomeadamente no que toca à rigidez dielétrica, sendo esta mesmo assim satisfatória. Por outro lado, a reticulação tem as suas vantagens, nomeadamente uma melhor estabilidade térmica e melhores características mecânicas. Nomeadamente passa a conseguir suportar 90 °C na alma condutora, 110 °C a 130 °C em sobrecarga e 250 °C em curto-circuito. É utilizado particularmente em regimes de sobrecarga temporários, ou na possibilidade de meios envolventes desfavoráveis no plano térmico. Ainda de realçar que a capacidade de resistência ao frio não é alterada pela reticulação e que o PE não liberta gases corrosivos na presença de chamas. Este ainda pode ter um comportamento melhorado mediante composição especial a ser utilizada.

3.3.3 Copolímeros de Etileno

Os Copolímeros de Etileno – Propílico, mais conhecidos por borracha etil-propílica (EPR e HEPR) e etilenopropileno-terpolímero (EPT), cujas designações normalizadas são respetivamente EPM e EPDM, caracterizam-se por:

- Uma grande resistência ao oxigénio, ao ozono e às intempéries;

- Flexibilidade elevada mesmo a baixas temperaturas;
- Temperaturas de funcionamento idênticas às do polietileno reticulado;
- Perdas dielétricas e permitividade dielétrica suficientemente baixas;
- Boa resistência ao efeito pelicular;
- Apesar de não libertarem produtos nocivos na presença de chama, apresentam pouca resistência à propagação de chama, o que pode ser colmatado com determinados compósitos na composição. Além disso o seu comportamento na presença de óleos é classificado como medíocre.

3.3.4 Borracha de silicone

A borracha de silicone é um elastómero com ligações simples de silício e oxigénio. Caso dependa apenas da camada isolante a gama de temperaturas pode variar de 80 °C a +250 °C, porém a gama de temperaturas é sempre imposta pelo constituinte mais fraco. Grande resistência ao efeito pelicular, bom comportamento dielétrico, boa flexibilidade, mesmo a baixas temperaturas. Resistência notável ao envelhecimento, nomeadamente pela sua excelente resistência ao oxigénio, ozono, intempéries, água, produtos químicos diluídos e micro-organismos. No que toca à sua resistência na presença de chama, a borracha de silicone arde, porém, o dióxido de silício formado durante a combustão mantém o isolamento do cabo, permitindo que o circuito continue a funcionar no meio de um incêndio. Além deste comportamento notável, a borracha de silicone ainda liberta pouco fumo e não liberta gases tóxicos quando em combustão. Todas estas propriedades fazem com que a borracha de silicone seja especialmente adequada para isolamento de cabos para circuitos de segurança e outros que garantam funcionamento durante um determinado período de tempo na presença de fogo.

3.3.5 Materiais ignífugos sem halogéneo

Materiais ignífugos sem halogéneo: por norma o polietileno e os polielefinos podem ser misturados com a finalidade de obter um composto cujas propriedades de comportamento na presença de fogo são amplamente melhoradas, tendo como base de comparação os compostos de base. A utilização destes materiais permite criar cabos não propagadores de incêndio, não libertadores de gases corrosivos e libertação de poucos ou nenhuns gases nocivos.

3.3.6 Policloreto de vinilo

O policloreto de vinilo (PVC) é um dos revestimentos mais amplamente utilizado, devido à sua versatilidade versus custo, pode-se identificar as seguintes características:

- Boa rigidez e resistência de isolamento, porém possui perdas dielétricas relevantes, podendo estas tornarem-se críticas quando chegamos à média tensão;
- Boas características mecânicas principalmente no que toca à sua utilização em instalações fixas;
- Mediante a composição utilizada, podem-se atingir temperaturas de funcionamento de -40 °C a 80 °C, quando falamos de instalações fixas;
- Possui uma boa resistência à água e à maioria dos produtos correntemente utilizados;
- Boa resistência à propagação de chama, possibilidade de isenção de halogéneos mediante as composições utilizadas, porém a combustão do PVC é acompanhada da libertação de gases nocivos;
- Amplamente utilizado em cabos e fios no domínio de tensões de serviço inferiores a 10 kV [11] [9].

3.4 Revestimentos metálicos

Os revestimentos metálicos podem ter diversas utilizações e finalidades, mediante o condutor onde estes se encontrem, bem como a função que os mesmos desempenham. Dentro do tema dos revestimentos metálicos podemos ainda abordar dois fatores distintos, a blindagem e a armadura de um condutor elétrico. No presente subcapítulo irão ser abordados ambos os temas, bem como o fator da conectorização dos cabos blindados, devido à sua relevância e importância para o bom funcionamento da blindagem [12] [13].

3.4.1 Blindagem

Este tipo de blindagem tem normalmente uma forma circular e “abraça” os restantes fios do cabo ou mesmo apenas o fio. Pode ser feito de cobre nu ou estanhado, alumínio e ainda chumbo como composto. As mais comuns são blindagens em cobre e em alumínio, podendo apresentar diversas formas, nomeadamente:

- Uma ou várias fitas, enroladas em hélice, de forma que nenhum espaço livre seja visível exteriormente;
- Uma fita de alumínio ou cobre, de espessura reduzida, colocada sobre o comprimento e revestida numa das faces de modo a criar uma aderência à bainha exterior;
- Uma fita de cobre ou alumínio, enrolada e associada a uma fita de aço;
- Uma malha em fios de cobre ou alumínio, com possibilidade de possuírem uma fita ou fio a garantir a condutividade elétrica;
- Uma fita de cobre ou alumínio corrugado.

Devido às restrições ambientais do chumbo, este material tem vindo a ser descontinuado na sua utilização, apenas sendo empregue em aplicações específicas.

Para complementar esta pequena amostra dos processos de blindagem num cabo elétrico, entra-se agora num pouco mais de detalhe.

IEM, ou interferência eletromagnética, é um termo genérico que é utilizado para expressar a existência de ruídos que interferem sobre o cabo. É aí que entra a blindagem, que tal como o nome indica, tenta blindar o condutor de interferências e ruídos externos ao mesmo. Os cabos de potência são construídos de modo a serem electromagneticamente compatíveis (EMC) minimizando assim a emissão de ruído elétrico.

Os cabos de dados e comunicação são blindados de modo a reduzir os efeitos da IEM, com a intenção de que os sinais que transportam a informação não sejam alterados e corrompidos, alterando assim os dados e a informação. A blindagem dos condutores também pode ser utilizada com a finalidade de prevenir o efeito *cross-talk*, efeito este característico dos cabos de pares (interferência entre pares). Nesta situação, o cabo é blindado par a par de modo a evitar este efeito. Na Figura 12 apresenta-se uma tabela característica de quais os tipos de blindagem para cabos de redes estruturadas.

Designação	Blindagem Geral / Blindagem nos Pares de Cobre	Categorias	
U/UTP ou UTP	Unshielded / Unshielded Twisted Pair Não blindado/não Blindado nos pares de cobre	Cat 5	Cat 6 e Cat 6A com separador de pares de cobre
F/UTP ou tipicamente FTP	Foil shielded / Unshielded Twisted Pair Blindagem em folha de alumínio/não Blindado nos pares de cobre		
S/UTP	Braid shielded/ Unshielded Twisted Pair Blindagem em malha de cobre/não Blindado nos pares de cobre		
SF/UTP	Braid & Foil shielded / Unshielded Twisted Pair Blindagem em malha de cobre e folha de alumínio/não Blindado nos pares de cobre		
U/FTP	Unshielded / Foil shielded Twisted Pair Não blindado/blindagem em folha de alumínio nos pares de cobre	Cat 6 / 6A	
F/FTP	Foil shielded / Foil shielded Twisted Pair Blindagem em folha de alumínio/blindagem em folha de alumínio nos pares de cobre	Cat 6 / 6A	
S/FTP	Braid shielded / Foil shielded Twisted Pair Blindagem em malha de cobre/blindagem em folha de alumínio nos pares de cobre	Cat 6A/Cat 7 / 7e / 7A / 8	
SF/FTP	Braid & Foil shielded / Foil shielded Twisted Pair Blindagem em malha de cobre e folha de alumínio/ blindagem em folha de alumínio nos pares de cobre		

Figura 12 - Alguns exemplos de blindagem para cabos de redes estruturadas [12].

Em aplicações cuja finalidade é a indústria, e nomeadamente em motores e variadores eletrónicos de velocidade, quando se projeta um cabo para um sistema é necessário ter em conta que estamos a falar de transferir potência e sinal dentro do mesmo encapsulamento. Numa situação como esta pode ser necessária uma proteção dupla ou mesmo tripla, ao redor dos condutores individuais, em torno dos pares trançados e/ou em todo o cabo.

O cabo TOPFLEX EMV-UV-2YSLC11Y, ilustrado na Figura 13, é protegido por uma dupla camada de proteção de IEM. A primeira camada, de folha de alumínio especial, envolve os condutores enquanto que a segunda camada em trança de cobre estanhado é aplicada antes do cabo ser acabado com uma cobertura exterior em poliuretano (PUR).



Figura 13 - Cabo TOPFLEX EMV-UV-2YSLC11Y [14].

Na Figura 14, o primeiro cabo (em cima) tem uma construção da malha com um ângulo muito menor de trança do que o cabo que o segue. O ângulo menor da trança de blindagem permite que o cabo suporte as constantes flexões a que é sujeito em aplicações de esteiras articuladas. As malhas com ângulos de trança maiores são mais indicadas para instalações menos dinâmicas.



Figura 14 - Cabos MULTISPEED 500-C-PVC e TRAYCONTROL 600-C [14].

A opção da utilização de uma folha de alumínio com a camada de MYLAR é uma ótima forma de efetuar a blindagem, e garante mesmo 100% de cobertura. No entanto, a sua utilização está limitada a algumas aplicações, pois a folha de alumínio não permite uma implementação numa instalação flexível. Podem ocorrer problemas na instalação de conectores e não é recomendada para aplicações com repetidas flexões.

A Figura 15, ilustra o ângulo de torção, que se trata de um fator determinante na flexibilidade dos cabos blindados. Os intervalos de cobertura são onde o ruído do sinal transportado pode “escapar”, pois a blindagem cobre aproximadamente 85% dos condutores.

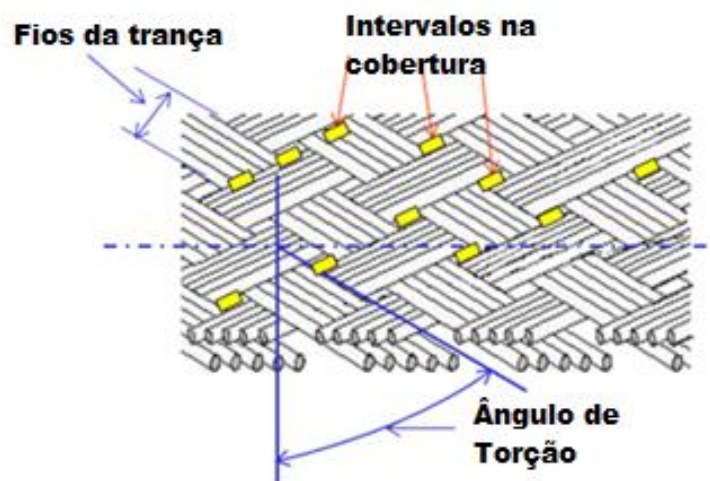


Figura 15 - Ângulo de torção em blindagem [12].

O cabo é passado por uma máquina “trançadora”, Figura 16, que aplica a blindagem trançada sobre os condutores antes do cabo ser enviado para a extrusora para aplicação da bainha exterior.



Figura 16 - Extrusora de blindagem [12].

A blindagem trançada é feita de uma malha de fios entrelaçados de cobre nu ou cobre estanhado. Quando falamos de uma blindagem deste tipo de construção, é mais fácil cravar ou soldar um conector, porém, como existem intervalos na cobertura da blindagem a mesma pode chegar a um valor máximo de cobertura de 90 %. Para uma solução na qual o condutor não tenha movimento associado, este tipo de blindagem é suficiente, no entanto uma blindagem trançada adiciona custos e peso ao produto final. Quanto mais fino o fio da trança e quanto menor for o ângulo de torção, mais flexível é o cabo. No entanto, os requisitos mecânicos restringem o diâmetro do fio. A blindagem trançada consiste numa quantidade de fios (16, 24 ou 32) e depende da capacidade da máquina “trançadora”.

A quantidade total de fios é igual ao número de fios numa faixa entrançada vezes o número de faixas entrançadas. O diâmetro dos fios, ângulo e número de faixas determina a densidade da blindagem. Os fios simples são combinados para formar

faixas. As faixas são desenroladas das bobines e são montadas em máquinas especiais de entrançamento para construção da blindagem em redor dos cabos.

3.4.2 Conectorização de cabos blindados

Como já mencionado, o cravamento ou soldadura de conectores é mais fácil em determinados tipos de *design* de blindagens. No entanto, é importante referir que o conector deverá oferecer a mesma eficácia de blindagem que o próprio cabo, caso contrário teremos um ponto de grande entrada de interferências eletromagnéticas. Por último, é muito importante que o cabo seja ligado à terra numa das extremidades, através de uma abraçadeira larga, de modo a eliminar potenciais *loops* de ruído na blindagem. A forma mais correcta de ligar a blindagem depende muito da situação concreta da instalação.

3.4.3 Armadura

Mais conhecidos como cabos armados, a armadura constituinte desses cabos garante uma proteção mecânica acrescida ao mesmo. Esta armadura garante características adicionais a esforços transversais ou longitudinais, quer durante a colocação em serviço do cabo quer durante a sua vida útil. Em algumas situações em particular até é utilizada como proteção contra roedores, visto esta armadura normalmente consistir em fios de aço ao longo do cabo.

Se equacionarmos um cabo trifásico, em regime equilibrado, as perdas na armadura são reduzidas. Porém, se estivermos a falar de um cabo unipolar estas perdas são bastante relevantes principalmente no que se refere ao transporte de energia. Existem maioritariamente quatro formas de efetuar esta armadura no cabo, sendo elas:

- Trança em fios de aço;
- Uma ou duas camadas de fios de aço;
- Uma camada de fios de aço com folha de aço em hélice por cima;
- Folhas de aço em hélice no comprimento do cabo;
- Em aço corrugado.

Todo o aço que é referido, trata-se de aço macio, recozido, eventualmente zincado, e como se trata de uma armadura, tenta-se efetuar a cobertura de forma a que nenhum intervalo livre seja visível. Sendo que as duas últimas formas de armadura são mais comuns de serem vistas em cabos destinados a redes estruturadas. Nas constituições mais simples, compostas por fios de aço, estes são colocados junto uns aos outros em hélice e revestidos por uma bainha de enchimento coletiva. No que toca à proteção mecânica, esta solução apresenta ótimos resultados, porém também tem os seus problemas, nomeadamente, quando sujeitos a ambientes húmidos ou corrosivos e se por alguma razão a bainha for acidentalmente danificada, mesmo que de forma muito parcial, a corrosão pode vir a atingir todos os fios por capilaridade.

Como é natural existe solução para o problema exemplificado. Para tal os fios são envoltos individualmente num material sintético, PVC ou PE, e cobertos por uma

bainha exterior. Porém, tudo tem os seus contras, visto que esta solução encarece o produto final e além disso retira ainda mais flexibilidade à solução. Esta solução é utilizada em locais particularmente exigentes, nomeadamente minas e cabos destinados a serem instalados em navios [15].

3.5 Bainhas

Quando falamos de revestimentos e bainhas existe muitas vezes uma certa confusão associada. Um revestimento, como já foi explicado trata-se da cobertura de uma alma condutora. Uma bainha, por seu lado, trata-se de uma cobertura a todos os revestimentos. Quando abordamos os temas das bainhas, a primeira coisa que nos ocorre é quais as matérias que as compõem. No entanto, a maior parte dos materiais das bainhas são os mesmos que os materiais dos revestimentos, porém com composições ligeiramente diferentes. Não podemos esquecer que é a bainha que irá sofrer diariamente os efeitos a que o cabo está sujeito, sejam estas influências temporais, elevadas temperaturas, etc., a primeira barreira será sempre a bainha. Tendo isto em conta, será abordado o tema das bainhas sendo que quando falamos de materiais, as propriedades já enumeradas, continuam a ser válidas.

O mercado dos condutores exige certas características que os compostos têm de cumprir, nomeadamente:

- Resistência mecânica;
- Resistências às condições atmosféricas;
- Resistência aos agentes químicos;
- Estanquicidade;
- Flexibilidade;
- Resistência ao calor/frio;
- Resistência à propagação da chama;
- Fraca opacidade dos fumos na presença de combustão.

Os materiais mais utilizados são:

- Policloreto de vinilo;
- Polietileno;
- Materiais isentos de halogéneo;
- Borracha nitrilo-acrílica vulcanizada;
- Polietileno clorosulfuroso (Hypalon);
- Policloropreno;
- Polietileno cloretado;
- Poliuretano.

3.5.1 Policloreto de vinilo

O policloreto de vinilo (PVC), para além das características enumeradas acima, possui características de relevância particular para o emprego nas bainhas exteriores:

- Resistência aos agentes atmosféricos;
- Resistência ao envelhecimento;
- Resistência a produtos químicos (nomeadamente óleos);
- Resistência à corrosão.

Porém, o PVC, como composto, acarreta a possibilidade da sua alteração, podendo transformar um simples PVC num PVC com comportamento reforçado contra hidrocarbonetos, um PVC com resistência a micro-organismos e até mesmo um PVC com um comportamento na presença de chama que permite ao cabo satisfazer os ensaios exigidos da não propagação de chama.

3.5.2 Polietileno

O polietileno (PE), possui propriedades deveras relevantes, nomeadamente em bainhas de cor preta. Apresenta a seguinte combinação de características:

- Resistência às intempéries;
- Resistência ao desgaste;
- Capacidade de impermeabilidade acrescida;
- Resistência de isolamento acrescida;
- Bom comportamento a baixas temperaturas;
- Baixo coeficiente de atrito.

Porém, as suas capacidades de não propagação de chama não são as mais indicadas, todavia tem a vantagem de não libertar gases corrosivos.

3.5.3 Materiais ignífugos sem halogéneo

Os materiais ignífugos sem halogéneos consistem numa mistura de poliolefinos. No entanto, sem a presença de flúor, bromo, cloro e derivados do azoto. A sua principal vantagem está na não libertação de gases corrosivos e na libertação de poucos fumos durante a combustão. Os gases que efetivamente são libertados apresentam uma toxicidade muito reduzida. No que toca às características mecânicas, estas são inferiores a outros compostos utilizados nas bainhas. O seu conjunto de características torna-os úteis para casos onde a instalação passa por um local fechado [16] [17].

3.5.4 Borracha nitrilo-acrítica

A borracha nitrilo-acrítica vulcanizada, é um copolímetro de butadieno e de nitrilo-acrílico. Esta pode ainda ser melhorada por uma mistura com PVC, sendo o conjunto vulcanizado. É empregue especialmente em cabos flexíveis. Os aspetos lisos das

bainhas de borracha facilitam o enrolar e desenrolar além de oferecer uma boa resistência a:

- Desgaste mecânico;
- Envelhecimento e condições meteorológicas;
- Produtos químicos;
- Propagação de chama;
- Calor e baixas temperaturas.

Estas características tornam este produto amplamente utilizado nas bainhas de cabos flexíveis, cabos de soldadura, de guias, alimentação de receptores móveis, etc.

3.5.5 Polietileno clorosulfuroso

O polietileno clorosulfuroso (Hypalon) possui propriedades de envelhecimento, de resistência ao ozono e às intempéries, à semelhança da borracha nitrilo-acrílica. Porém, possui uma gama de temperaturas mais alargada, nomeadamente para temperaturas superiores. Tem empregabilidade em bainhas de cabos flexíveis para temperaturas altas, tais como tambores de alimentação, cabos flexíveis para minas, cabos anti-gasóleo, etc.

3.5.6 Policloropreno

O policloropreno (Neopreno) é um polímero que apresenta boas características mecânicas, podendo ser utilizado com o Hypalon para cabos flexíveis usados em minas e siderurgia.

3.5.7 Polietileno

O polietileno cloretado possui características mecânicas, propriedades de envelhecimento e de resistência ao ozono do mesmo nível dos produtos utilizados nas bainhas de cabos flexíveis. Porém apresenta condições de funcionamento para temperaturas inferiores a 15 °C.

3.5.8 Poliuretano

O poliuretano, material não vulcanizado, possui boas características mecânicas e uma boa resistência à abrasão, com um bom comportamento a baixas temperaturas. Como se trata de um material não vulcanizado, permite a sua utilização em cabos flexíveis cuja constituição possui elementos frágeis, nomeadamente fibras óticas.

3.5.9 Bloqueio longitudinal à penetração da humidade

Sempre que abordamos condutores que possuam resistência à penetração da humidade estamos a falar de cabos que exigem a aplicação de materiais higroscópicos. Sendo que um material higroscópico é um material que quer seja por

reações químicas, ou por reações físicas apresenta a propriedade de absorver a água. Caso se trate de uma alma condutora multifilar, entre as camadas de filamento levará um conjunto de fios higroscópios e ou a aplicação de um pó com esse conjunto de características. Se estivermos a falar de uma blindagem ou de um cabo armado, este cabo levará fitas ou fios higroscópios sob ou sobre a blindagem ou armadura correspondentemente [9].

3.6 Processo de fabrico

Com a exceção da fibra ótica todos os cabos possuem uma alma condutora em metal, por norma constituída em cobre. Existem 7 passos em que se pode dividir o processo de construção de um condutor, sendo estes a trefilagem, entrançamento, revestimento do condutor, sobreposição, revestimentos, bainhas e marcações.

3.6.1 Trefilagem

O processo de trefilagem consiste em puxar o metal através de uma matriz, por meio de uma força de tração aplicada na saída da matriz. Este processo irá reduzir as dimensões do diâmetro do metal. Trata-se de um processo realizado à temperatura ambiente, porém, como as alterações no metal são consideráveis, existe um aumento de temperatura durante esta operação. As matrizes de trefilagem são de PCD (diamante policristalino) ou diamante, sendo que apesar de se tratar de diamante acaba por se gastar. Quando isto acontece é efetuado o reaproveitamento da mesma para a matriz de trefilagem imediatamente acima. Entre os diversos passos de trefilagem os condutores são banhados com um líquido cujas propriedades garantem o correto arrefecimento do mesmo e ainda impedem o processo de oxidação.

No entanto, o cobre é propenso ao endurecimento por deformação e quando a sua estrutura é alongada torna-se duro e quebradiço. Este pequeno problema é contornado efetuando um recozimento de recristalização, processo este que permite restaurar a ductilidade original do cobre. No término deste processo os fios possuem diâmetros tão pequenos como 0,05 mm.

As máquinas de trefilagem de última geração conseguem velocidades de até 32 m/s, mediante um determinado número de parâmetros (Figura 17). Os maiores produtores de cobre mundial são respetivamente o Chile, o Peru e a China, estes atingem valores globais de 19,4 milhões de toneladas. Cada quilograma de cobre permite fazer 57,12 km de fio de 0,05 mm (Figura 18).



Figura 17 - Processo de Trefilagem [18].

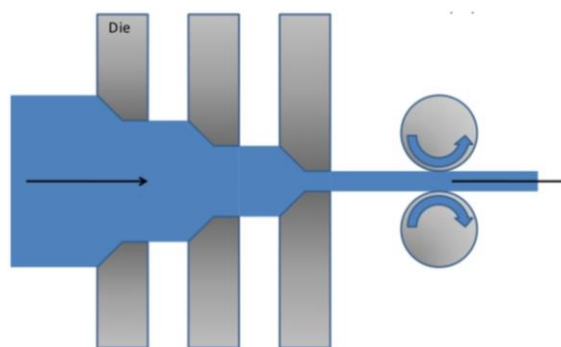


Figura 18 - Esquema do processo de trefilagem [18].

3.6.2 Entrançamento

Depois de formados os filamentos, estes são devidamente armazenados e passam para a próxima fase de fabrico, sendo esta o entrançamento. Nesta fase os filamentos individuais são então colocados juntos para formar um condutor trançado. Isto porque os condutores são muito mais flexíveis do que um único condutor sólido e portanto têm menos probabilidade de quebrar quando dobrados. Todavia, os custos de fabricação são consideravelmente mais altos.

O tipo mais simples é o entrançado de cacho, onde os filamentos são arbitrariamente torcidos. Os fios não têm uma geometria fixa, logo o produto final é um condutor com seção transversal variável e grandes diferenças entre a posição do diâmetro mais largo e o mais estreito. Por outro lado, o fio concêntrico é um tipo de fio complexo e de alta qualidade (ver Figura 19). Várias camadas de filamentos são torcidas em torno de um filamento central. Exatamente 6 fios é o número adequado para se ajustarem diretamente em torno do fio central de forma a formar um condutor com um diâmetro uniforme. De seguida, mais 12 fios são torcidos em torno dessa primeira camada. O resultado é um fio concêntrico com um número fixo de fios possíveis, isto é, 7, 19, 37, 61, etc., dependendo do número de camadas. Neste tipo de construção a posição relativa entre os fios é fixa. O condutor tem mais ou menos a mesma geometria ao longo de todo o seu comprimento e, portanto, tem um diâmetro muito uniforme.

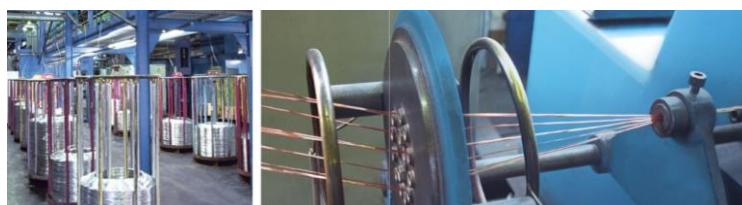


Figura 19 - Processo de entrançamento [18].

3.6.3 Revestimento do condutor

Depois do processo de entrançamento os filamentos transformaram-se num fio para constituir um condutor, sendo que o próximo passo passa por efetuar o revestimento do mesmo. O propósito do revestimento do condutor passa pela proteção do próprio condutor e impedir a existência de curtos circuitos dentro do nosso futuro cabo. Os plásticos são recorrentemente a escolha mais usual como material de isolamento, nomeadamente o polietileno (PE), policloreto de vinilo (PVC) e o polipropileno (PP). À semelhança dos diferentes tipos de materiais para as almas condutoras, existem diversas opções para efetuar o revestimento das almas condutoras, sendo que cada material tem as suas características específicas, logo tensão máxima, temperatura máxima admissível etc. O PVC acaba por ser o revestimento mais comum, sendo que o mesmo é aplicado à maioria dos cabos que não possuam uma função específica ou com características de funcionamento mais exigentes. Na eventualidade de necessitarmos de uma força dielétrica superior ou mesmo de termos uma temperatura superior na alma condutora, como exemplo um simples motor, o polipropileno ou mesmo o polietileno reticulado (XLPE) são os materiais para ter em conta. Numa perspetiva ligeiramente diferente, nos cabos de redes, onde manter o fator de perdas é fundamental e o mesmo tem de ser o menor possível, o material de eleição acaba por ser o polietileno. Mediante certas aplicações e características mais ou menos exigentes de funcionamento, materiais como borrachas ou elastómeros de silicone podem ser os materiais mais indicados, sendo ambos termicamente mais robustos do que os termoplásticos.

A matéria prima selecionada para um determinado condutor apresenta-se sob a forma granulada e é derretida na extrusora e injetada em volta do condutor, sendo à *posteriori* arrefecida em água, Figura 20. Os requisitos elétricos para o cabo, tais como a força dielétrica, determinam a espessura do mesmo sobre a alma condutora. É particularmente importante garantir que a espessura de isolamento se mantém constante durante toda a extensão do condutor, particularmente pelo facto de uma espessura inferior num certo segmento da alma condutora poder originar um curto circuito, este processo de revestimento pode ser observado na Figura 20 e 21.

Um revestimento mais “espesso”, ou seja, com uma quantidade de material isolante superior, poderia ser sempre a opção a seguir para qualquer alma condutora, porém não é bem assim. Devido aos exigentes requisitos do mercado mundial por um cabo barato, compacto e leve, a estratégia passa mesmo por se manter a camada isolante o mais fina quanto possível, poupando espaço, dinheiro e peso.



Figura 20 - Arrefecimento do revestimento e respetivo controlo [18].



Figura 21 - Processo de revestimento [18].

3.6.4 Sobreposição

Depois de revestidos os condutores, prossegue-se para o processo da sua sobreposição para a constituição do condutor elétrico, Figura 22. Logo, os condutores são entrançados em conjunto, mediante as características requeridas para o cabo, com a finalidade de reduzir a interferência entre condutores causada pelo acoplamento magnético. O facto de se efetuar o entrançamento dos diversos condutores também garante ao cabo robustez mecânica e flexibilidade. O entrançamento dos condutores pode ser efetuado com diversos números de condutores, desde os pares trançados, que tal como o nome indica consistem em dois condutores entrançados entre si (condutores utilizados regularmente em redes) ou, por outro lado, cabos com 30 ou mais condutores individuais no seu interior. Normalmente, 7 condutores, da mesma espessura, representam o número indicado para apresentar uma forma circular. Como é natural podem ser entrançadas camadas

de condutores sobre camadas de condutores. Para cabos que durante o seu tempo útil de vida têm de suportar altas tensões e movimentos mecânicos, mediante as suas aplicações, recorre-se normalmente ao entrançamento do pacote. Este envolve o entrançamento de vários grupos de condutores para a constituição do cabo. Este entrançamento provoca uma alteração da secção interna e externa dos condutores, diversas vezes ao longo de uma distância fixa num cabo dobrado. Como resultado as forças de tração e compressão presentes acabam por se equilibrar.



Figura 22 - Processo de sobreposição [18].

3.6.5 Revestimentos

Os revestimentos podem ser metálicos ou não metálicos, sendo que os metálicos podem tratar-se de processos de blindagem no cabo ou mesmo da conferência ao cabo de propriedades mecânicas acrescidas. Como exemplo de ambas as situações podem ser referidas, uma blindagem em trança de cobre com a intenção de minimizar as interferências eletromagnéticas ou, por outro lado, uma trança em fios de aço que terá como principal função conferir ao cabo propriedades mecânicas acrescidas.

No que toca a revestimentos não metálicos, é abordado o tema das bainhas, sejam estas de enchimento ou bainhas exteriores. Quando referimos uma bainha de enchimento referimo-nos a uma camada intermédia cuja principal função é a de atribuir uma certa geometria ao cabo final. Além desta função, a bainha é a responsável por não existir espaço vazio dentro de um cabo, preenchendo os espaços vazios entre condutores. Mediante a função final do cabo em questão este pode ter uma variedade de possíveis bainhas de enchimento. No que toca às bainhas exteriores são o ponto de contacto com o mundo, ou seja, as mesmas devem ser construídas de modo a respeitarem a função e as características que serão atribuídas ao cabo. À semelhança do processo de revestimento de um condutor, apenas o processo é semelhante quando falamos do revestimento de um cabo. Por vezes os materiais utilizados no revestimento dos condutores são os mesmos utilizados na bainha exterior, sendo o mais comum possuírem, no mínimo, características de maior resistência à abrasão [18] [8].

3.6.6 Bainhas e marcações

O processo para a “colocação” da bainha no cabo terminado é bastante idêntico ao processo de revestimento do condutor, sendo a única diferença no processo o facto de ao invés de termos um condutor simples a passar por dentro da máquina de injeção temos o cabo. Todo o processo de arrefecimento da bainha para ela solidificar com as corretas especificações é semelhante ao processo efetuado no condutor. Relativamente às marcações efetuadas tanto nos condutores como nos cabos podem ser de dois tipos, de relevo ou impressas. Quando abordamos as marcações de relevo estas são realizadas enquanto a bainha ainda está quente e é passada uma matriz negativa no condutor logo depois do seu revestimento. Quando abordamos as marcações impressas, existem diversos processos e equipamentos especialmente concebidos para o efeito, mas, resumidamente, é escrita no cabo a designação pretendida, normalmente com o auxílio de um laser.

4. Características particulares

No presente capítulo serão abordadas algumas características particulares dos condutores elétricos, sendo que para cada uma serão utilizados exemplos da gama Helukabel, para demonstrar a propriedade descrita. Temas como particularidades das bainhas dos condutores, raios de curvatura, condutores especialmente concebidos para tração, condutores com proteção contra roedores, proteções quanto à presença de humidade e ainda o comportamento dos condutores quanto à presença de fogo.

Neste capítulo serão tratados temas como a nomenclatura nos condutores elétricos, ponto de elevada relevância quando falamos na aquisição de condutores, principalmente quando estes não são construídos no próprio país. Tendo isto por base, será referido o processo de transição que tem vindo a ocorrer nos últimos anos e serão abordadas as principais nomenclaturas utilizadas nos dias de hoje.

Ainda neste capítulo serão apresentados os cabos específicos para protocolos *Data Network & Bus Technology* (DNBT), visto se tratar de uma área em ampla expansão e crescimento, não apenas em soluções no mercado, como implementações domésticas ou industriais.

4.1 Particularidades das bainhas

Dentro deste subcapítulo serão abordados diferentes tipos de compostos plásticos, realçando dentro de cada um as várias propriedades que podem ser obtidas apenas alterando a composição química dos compostos. Tendo este comportamento por base serão analisadas algumas opções disponíveis na gama Helukabel [14].

4.1.1 PVC

Nesta secção será descrito o JZ-500 (Figura 23), um dos cabos denominados de “cabos de batalha”, por ser um cabo versátil no que toca a aplicações. Apresenta uma bainha exterior em PVC especial, possibilitando uma resistência a temperaturas de até 80 °C tanto em aplicações fixas como flexíveis. Com a escolha deste composto particular de PVC, nomeadamente o composto tipo TM2 de acordo com a DIN VDE 0207-363-4-17 e a DIN VDE EN 50363-4-1, este cabo possui uma boa flexibilidade, para além de se tratar de um cabo bastante económico, ideal para aplicações comuns. Possui ainda resistência a óleos, e o composto de PVC é auto extingüível e retardante de chama.



Figura 23 - JZ-500 [14].

De seguida apresenta-se o JZ-500 COLD, Figura 24, um cabo com pouca utilização no mercado português, com propriedades bastantes semelhantes ao JZ-500, porém este consegue suportar temperaturas de até -30 °C em comparação com os -15 °C do JZ-500 no que toca a aplicações flexíveis.



Figura 24 - JZ-500 COLD [14].

O JZ-500 BLACK é um cabo bastante semelhante ao JZ-500 (Figura 25), porém com a particularidade deste se tratar de um cabo resistente aos raios UV.

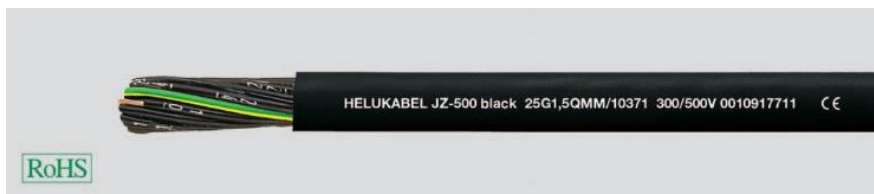


Figura 25 - JZ-500 Black [14].

Como foi possível observar, existem três cabos que têm como material da bainha exterior o PVC, porém três compostos distintos, cada um com as suas particularidades e aplicações específicas. No que toca ao interior destes três cabos, estes são praticamente iguais, alterando apenas o composto da bainha exterior, de acordo com a aplicação pretendida para o mesmo. Dentro de cada um dos compostos que podem ser utilizados para a bainha exterior existem estas particularidades, em que temos o mesmo material, porém adaptado para aplicações particulares.

4.1.2 PUR

O JZ-500 PUR, apresentado na Figura 26, possui bainha exterior em poliuretano. Apesar do PUR possuir melhores características no que toca a tolerar temperaturas baixas, as características elétricas que são atribuídas a um cabo são sempre as do seu elemento mais “fraco”. Nesta situação este cabo possui isolamento dos condutores em PVC, o que irá manter as faixas de temperaturas ditas normais para o composto de PVC. Todavia, quando comparado com o JZ-500, este possuiu melhores qualidades no que toca à resistência à abrasão.



Figura 26 - JZ-500 PUR [14].

4.1.3 HMH

O JZ-500 HMH é uma solução da Helukabel que cada vez ganha maior popularidade (Figura 27). Trata-se de um cabo LSOH (*Low Smoke Zero Halogen*), ou seja, um cabo com zero halogéneo e baixa emissão de fumos. É um cabo semelhante ao JZ-500, porém para situações onde seja requerida a ausência de halogéneos. Como material na sua bainha exterior possuiu um polímero tipo TM7, isento de halogéneo de acordo com a DIN VDE 0207-363-8/DIN EN 50363-8. Ainda graças às propriedades conferidas pela bainha exterior este cabo pode ser aplicado em gesso.

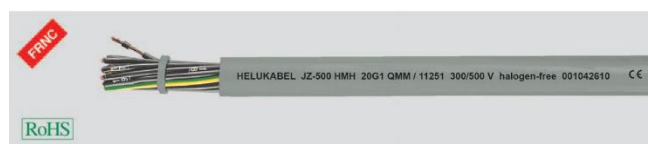


Figura 27 - JZ-500 HMH [14].

4.1.4 Intrinsecamente seguros

Os cabos intrinsecamente seguros são utilizados em zonas com classificação de “perigosa”, nomeadamente em zonas em que existe risco de explosão - neste exemplo o OZ_BL (Figura 28). De realçar que apesar da bainha exterior ser de PVC trata-se de um composto especial. As limitações de corrente e tensão nestes circuitos impedem o calor específico e a formação de faíscas que poderiam causar as ignições.



Figura 28 - OZ-BL [14].

4.1.5 Bio-Fuel

Possuindo uma bainha exterior num composto de polímero especial este cabo é resistente a gasolina e gasóleo, oxigénio, ozono e ainda micróbios. Trata-se de um cabo particularmente construído para ser utilizado em bombas de gasolina e petrolíferas por exemplo, pode-se observá-lo na Figura 29.



Figura 29 - BIOFLEX-500-JZ [14].

4.1.6 NANOFLEX

NANOFLEX é uma gama especialmente concebida para o setor da alimentação e bebida. O HC 500, Figura 30, possuiu uma bainha exterior em poliuretano, sendo esta particularmente resistente aos micróbios, daí os setores de aplicação. De resto, o cabo não apresenta características fora do comum, apenas uma pequena limitação nas temperaturas negativas que consegue suportar quando em aplicações flexíveis.



Figura 30 - NANOFLEX HC*500 [14].

4.2 Raios de curvatura

O raio de curvatura de um cabo elétrico é algo que se precisa de ter sempre presente, seja no momento da instalação seja mesmo na escolha da bobine indicada para o seu transporte. Na Helukabel os dados do raio de curvatura de um cabo são dados em função do diâmetro, dada a sua constituição. Estes valores são dados tendo em conta que o cabo se encontra a uma temperatura de 20 °C, sendo que pode sofrer uma diferença de 10 °C.

Por exemplo, o cabo JZ-500 (Figura 23), possuiu um raio de curvatura mínimo, quando aplicado numa instalação fixa de 4x o seu diâmetro, porém quando aplicado numa instalação flexível o mesmo apenas permite 7,5x o diâmetro do cabo. De realçar que o JZ-500 é um condutor flexível, Classe 5 de acordo com a DIN VDE 0295.

Por outro lado, o SY-JB, Figura 31, é um cabo já com algumas particularidades das quais se destacam principalmente a presença de uma armadura de aço galvanizado, o que obviamente trará algumas restrições aos raios de curvatura possíveis. Este cabo apresenta um raio mínimo de curvatura em instalações fixas de 6x o diâmetro do cabo e quando aplicado em instalações flexíveis apenas nos possibilita um raio de curvatura mínimo de 20x o diâmetro do mesmo.



Figura 31 - SY-JB [14].

No outro extremo do exemplo anterior pode-se apresentar o cabo MULTIFLEX 512-PUR (Figura 32). Trata-se de um cabo extraordinariamente complexo, destinado à utilização em esteiras articuladas. Quando aplicado em instalações fixas apresenta um raio mínimo de curvatura de apenas 3x o diâmetro do cabo, o que é um valor extremamente baixo. Mesmo assim quando aplicado em instalações flexíveis, que é o seu principal foco, permite valores de apenas 5x o diâmetro do cabo. De realçar que se trata de um cabo constituído por condutores Classe 6, ou seja extra-flexíveis e que como seria de esperar e dadas todas as suas características, estamos a falar de um cabo bastante dispendioso.



Figura 32 - MULTIFLEX 512-PUR [14].

Em suma, os raios de curvatura são particularmente importantes durante o manuseio e instalação dos cabos elétricos, sendo que comportamentos incorretos durante o processo de enrolar a bobine, podem comprometer a sua integridade, podendo originar uma falha no futuro.

4.3 Tração

No que toca à indústria, um dos ramos mais exigentes no que se refere aos condutores elétricos, são as aplicações em minas de carvão. Em particular, para os denominados de cabos de tambor, esta indústria é o seu principal foco de utilização. Um cabo de tambor é um cabo especial que possui resistência à tração bastante acrescida.

O NSHToU, Figura 33, trata-se de um cabo especial bastante complexo. Analisando o cabo como um todo e começando de dentro para fora temos o seguinte. Os condutores são isolados a borracha e as camadas são revestidas com um material têxtil. Pode levar um maior numero de camadas têxtis mediante o número de condutores. Por fim leva uma camada têxtil reforçada e a sua bainha exterior em neopreme. As velocidades do tambor, as próprias tensões máximas admissíveis e ainda a aceleração do próprio cabo são definidas pelo fabricante de modo a garantir a vida útil do cabo.



Figura 33 - NSHToU [14].

4.4 Roedores

Os roedores, particularmente os ratos, são um grupo de risco para os condutores elétricos, quer se trate de um obstáculo à sua passagem quer se trate de uma necessidade fisiológica. Existem duas opções quando nos é solicitado um cabo com proteção contra roedores. Pode ser sugerido um cabo com uma armadura em aço, na qual os ratos têm tendência a ter uma maior dificuldade em danificar o cabo, outra possibilidade é a presença de fibra de vidro numa camada intermédia entre os condutores e a bainha externa. A fibra de vidro cria pequenas lascas que se espetam nas mandíbulas dos roedores. Como outra alternativa os cabos podem ser passados por um tubo metálico.

O modelo SOLARFLEX, apresentado na Figura 34, é um cabo solar preparado para ser aplicado em locais rurais tais como quintas e zonas agrícolas. Como discutido anteriormente, este cabo possui uma armadura de aço inoxidável preparada para proteger o cabo contra roedores bem como conferir ao cabo uma maior proteção mecânica.



Figura 34 - SOLARFLEX-X PV1-F NTS [14].

Neste outro exemplo é apresentado um cabo de fibras óticas para exterior com proteção contra roedores, porém nesta alternativa temos um cabo que possui uma armadura em tubo corrugado. Como seria de esperar o cabo também apresenta uma proteção mecânica superior, como podemos observar na Figura 35.

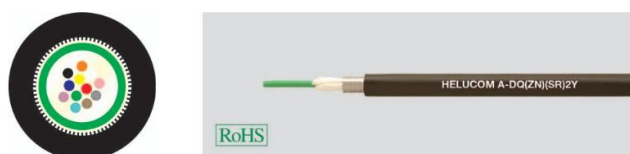


Figura 35 - HELUCOM A-DQ(ZN)(SR)2Y [14].

4.5 Humidade

Como é expectável os cabos elétricos e a presença de água não são dois elementos considerados compatíveis. Todavia, quando temos um motor elétrico a trabalhar debaixo de água, o mesmo necessita de alimentação, logo surgiram cabos específicos que suportam a humidade, e mesmo a submersão no caso que será mencionado, até 300 metros.

O Tauchflex-R (Figura 36), é um cabo preparado para ser submetido a água e preparado para alimentar um motor de até 1000 V. De realçar que apesar da cor, o mesmo não se encontra preparado para ser aplicado em zonas consideradas de risco. Este cabo no seu interior possui um material higroscópico, responsável pela absorção da humidade, nesta situação na forma de pó. Porém, também existe a possibilidade deste material higroscópico ser aplicado na forma de fios.



Figura 36 - Tauchflex-R [14].

4.6 Nomenclaturas

Antes de abordar o tema das nomenclaturas é relevante referir a standardização. Esta providencia um conjunto de critérios com os quais é possível comparar produtos semelhantes mas de fabricantes distintos. Os *standards* acabam por ser facilitadores de venda de produtos dentro, mas principalmente fora do seu país de origem, pois permitem conferir que um determinado produto está de acordo com a legislação implementada num outro país. Porém, tem o contra dos fabricantes terem de certificar os seus produtos, o que traz custos acrescidos ao produto final como seria espectável.

Pode-se considerar duas nomenclaturas, as harmonizadas e as não harmonizadas. Sendo que as harmonizadas, por parte da CENELEC (*European Committee for Electrotechnical Standardization* ou, em Português, Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica) são idênticas em qualquer parte da Europa, ou seja, caso se esteja em Portugal a produzir um cabo para a Alemanha, pode ser requisito do mesmo que este siga os parâmetros descritos na harmonização em causa. As nomenclaturas não harmonizadas tratam-se de tentativas regionais de normalização, normalmente por país. De referir que uma nomenclatura harmonizada normalmente começa pela letra H. No Anexo 2 apresentam-se algumas das nomenclaturas mais utilizadas. No Anexo 3 podemos observar as nomenclaturas harmonizadas de baixa tensão.

Podemos observar os seguintes exemplos comuns no mercado português: H05VV-F, H07RN-F e H05V-K. De seguida podemos observar um comparativo entre diversas harmonizações, sendo que umas se sucederam a outras, na Figura 37. A NP 665 pode ser consultada no Anexo 4.

H05RR-F	=	FBB	H05V-U/H07V-U/H07V-R	=	V
H07RN-F	=	FBBN	H1VZ4-U/H1VZ4-R	=	VAV
H05RN-F	=	FBN	PT-N07VA7V-U	=	VHV
H05V-K/H07V-K	=	FV	H1VV-U/H1VV-R	=	VV
H05VV-H/H07VV-H	=	FVV	PT-N05VVHZ-U	=	VVD
H05VVH2-F	=	FVVD	PT-N05VV-U(A05VV-U)	=	VV (300/500 V)

Figura 37 - Normas Portuguesas antigas NP 665 e NP 992.

O que acontece diversas vezes é que um determinado cliente que faça obras fora do país irá solicitar um cabo que estará de acordo com as normas não harmonizadas do país de destino, pois o cliente desse assim o impõe. O que acontece nessas situações é que tem de existir um alargado trabalho de pesquisa à procura de uma equivalência da gama do fabricante em questão. Mais informação relativa a harmonização em outros países de relevo na construção de condutores elétricos pode ser consultada na secção de anexos, Anexo 3.

4.7 Protocolos (DNBT)

DNBT, ou Data Network & Bus Technology tem demonstrado cada vez mais as suas competências e mais valias, alcançando assim imenso terreno na indústria. Porém, com o aparecimento de tantas alternativas surgem algumas dúvidas, como qual o melhor, quais as mais valias de cada um, se pode um sistema destes ser implementado nesta unidade fabril, entre muitas outras questões.

Apenas para contexto geral a HMS é uma empresa líder em soluções para a comunicação industrial e para a Internet das coisas, designada de IoT.

Um estudo anual da HMS para o ano de 2019, Figura 38, revela algumas conclusões pertinentes, nomeadamente o crescimento da Ethernet industrial e das redes sem fios, e o declínio do Fieldbus quando comparado com o ano anterior. De realçar a ampla utilização da Ethernet IP, com uma instalação semelhante à Profinet sendo ambas as mais reconhecidas no mercado.

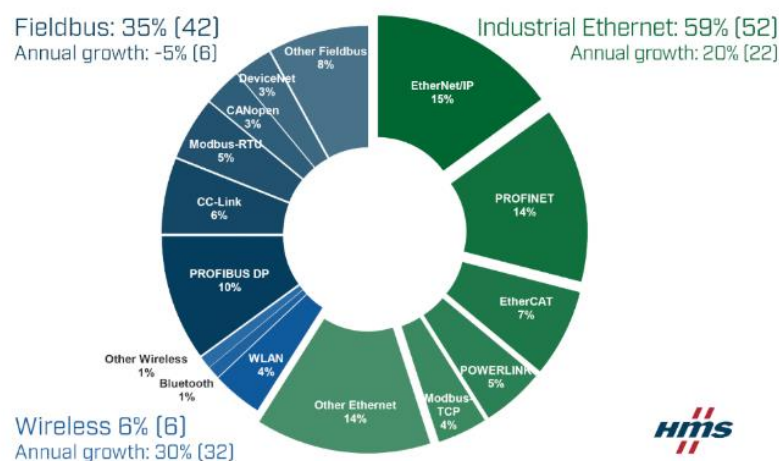


Figura 38 – Ethernet industrial e crescimento das redes wireless [19].

Quando é abordada a comparação entre Ethernet/IP e Profinet, ambas as tecnologias são bastante semelhantes. Ambas se referem a protocolos de comunicação que partilham entre si o mesmo meio físico, o da Ethernet. Porém, se uma é mais rápida em termos de comunicação entre dispositivos, a Profinet, a outra pode-se considerar mais interoperável, ou seja, possui uma capacidade mais transparente de efetuar a

comunicação entre dispositivos. Por outro lado, o Profibus é um protocolo de comunicação que funciona em cima do meio físico RS-485, ou mesmo fibra ótica, o que se traduz numa diferença no que toca a nível dos cabos e mesmo nos conectores utilizados nos diversos protocolos referidos. Na Figura 39 podemos observar algumas das opções disponibilizadas pela marca para o setor da automação [20] [21].



Figura 39 - Cabos Helukabel para Ethernet, Profinet e Profibus [14].

4.8 Comportamento na presença de fogo

Dada as concentrações populacionais dos dias de hoje e o corrente desenvolvimento industrial existe o efeito de grandes aglomerações habitacionais, nas quais um incêndio pode tomar rapidamente proporções catastróficas. Tendo isto em conta é necessário que as construções destes complexos habitacionais sejam construídas de modo a minimizar a propagação dos incêndios, bem como facilitar a intervenção dos meios de combate. No que toca à escolha dos condutores elétricos, se estes não forem escolhidos cuidadosamente, podem funcionar como rastilho e alastrar a propagação do incêndio.

Existem três possíveis classificações de cabos perante o seu comportamento na presença de fogo:

- Cabos sem características específicas, ou seja, dada a sua função final não está definido qualquer tipo de ensaio no que toca ao comportamento na presença de fogo;
- Cabos não propagadores de fogo, ou seja, cabos que apresentam um comportamento de retardante de chama, ou a chama não é propagada para além de uma distância pré-definida;

- Cabos resistentes ao fogo, ou seja, cabos que garantem o seu funcionamento durante um determinado período de tempo mesmo que sujeitos a incêndio.

Aos compostos à base de halogéneos, cloro, flúor, bromo, etc. está associada a eventual e perigosa capacidade de os fumos libertados na sua combustão produzirem gases ácidos. Estes fumos libertados durante a sua combustão também podem ser classificados quanto à sua opacidade, corrosividade e toxicidade.

Apesar da existência deste modo de classificação para os cabos elétricos e numa tentativa de harmonização dentro da União Europeia, foi implementado em 2013 o Regulamento dos Produtos de Construção, mais amplamente conhecido por CPR. Basicamente este regulamento vem definir uma classificação Europeia, neste caso idêntico para todos os produtos, que são utilizados de forma permanente em obras de construção. As suas classificações são atribuídas pelo seu nível de desempenho em ensaios harmonizados a nível europeu. Com isto surge em 2016 a EN 50575 de modo a uniformizar a forma como são classificados, testados e classificados os cabos instalados em obras de construção. A norma permite verificar os cabos quanto ao:

- Calor emitido;
- Propagação da chama;
- Propagação de incêndio;
- Produção de fumo;
- Gotas/Partículas incandescentes;
- Acidez.

Permite trabalhar com 7 classes, sendo que nos casos dos cabos estes têm de ser sujeitos a determinados testes com a finalidade de terem uma melhor ou pior classificação, como podemos observar na Figura 40. Quatro destas classes ainda podem possuir critérios adicionais, nomeadamente no que toca à opacidade de fumos, à produção de partículas incandescentes e à corrosividade dos gases emitidos. A sub-classificação quanto à produção de fumo (s), queda de gotas/partículas incandescentes (d) e acidez (a) podem ser consultadas no Anexo 5 [22] [23] [24] [25].

A_{ca} B1_{ca} B2_{ca} C_{ca} D_{ca} E_{ca} F_{ca} MAIOR DESEMPENHO -----> MENOR DESEMPENHO						
Classe	Métodos de ensaio para obtenção da classe			Métodos de ensaio para as classificações adicionais		
	EN ISO 1716 Calor emitido	EN 50399 Não propagação do incêndio e calor emitido	EN 60332-1-2 Não propagação da chama	EN 50399 Produção de fumos EN 61034-2 Opacidade de fumos	EN 50399 Queda de gotas/partículas incandescentes	EN 60754-2 Acidez e condutividade
A _{ca}	X					
B1 _{ca}		X	X	X	X	X
B2 _{ca}		X	X	X	X	X
C _{ca}		X	X	X	X	X
D _{ca}		X *	X	X	X	X
E _{ca}			X			
F _{ca}			X **			

Figura 40 - Desempenho CPR [25].

5. Projetos desenvolvidos

Antes de se entrar em detalhe sobre os projetos concretos, é importante realçar o empenho de toda a equipa da empresa no que toca à disponibilização de materiais e meios para a integração do estagiário. Foram disponibilizadas formações, apresentações e livros, elementos que foram utilizados para a elaboração do presente relatório. De facto, e efetuando uma retrospectiva para todo o percurso do estágio, muito tempo do estágio foi dedicado a ler e a investigar sobre diversos assuntos relevantes e a complementar as bases de formação.

Uma das ferramentas de trabalho mais utilizadas durante o estágio foi o Excel. Esta associação começou quando o estagiário foi questionado se não teria sido uma melhor opção realizar aquela tarefa numa pequena otimização em Excel. À data, o estagiário não possuía conhecimento da amplitude das capacidades de programação em Excel, porém foi um processo de aprendizagem bastante valioso. O Excel executa VBA, *Visual Basic for Applications*, bastante semelhante à linguagem C, muito utilizada no ramo da engenharia eletrotécnica e associado aos conhecimentos de base adquiridos na formação académica. Apoiado em muitas horas de pesquisa de soluções para erros de sintaxe, foram realizadas algumas otimizações muito interessantes em Excel. Foram realizados trabalhos de otimização de processos, construção de bases de dados, aplicações de auxílio à interação homem-máquina, entre outras.

5.1 Projetos de maior relevância

Neste capítulo serão abordados dois projetos específicos, o Catálogo Português, que se baseou numa reestruturação, tradução e organização do catálogo existente, e a Ferramenta Helukabel que se baseia num protótipo de uma ferramenta de apoio aos projetistas, algo que a empresa teria interesse em desenvolver e colocar no mercado em seu nome. De seguida será explicado em maior detalhe todo o procedimento associado ao desenvolvimento destes dois projetos.

5.1.1 Catálogo Português

Como já tinha sido discutido durante as primeiras reuniões, o tema a abordar em maior profundidade durante o estágio seria a conceção do Catálogo Português, este tornou-se num dos maiores desafios colocados durante o estágio.

A Helukabel possuiu um catálogo geral no qual estão inseridos a maior parte das suas soluções no que toca a cabos elétricos e acessórios. Estamos a falar de um catálogo geral com sensivelmente 1100 páginas. Quando são referidas as dimensões do catálogo geral é natural que as mesmas criem um grande impacto, já para não falar de toda a informação presente no mesmo, o que para uma pessoa que apenas queira efetuar uma substituição de um cabo pode ser algo bastante moroso. Aqui é identificado o primeiro problema, o tamanho excessivo do catálogo geral.

O segundo problema é a língua em que está escrito o catálogo. Hoje em dia o Inglês é uma língua amplamente utilizada e da qual quase todas as pessoas das gerações mais recentes possuem, mesmo que limitado, algum conhecimento. O mesmo não se pode dizer das pessoas que estão no mundo do trabalho há imenso tempo.

Com estes pontos identificados o objetivo é a conceção de um catálogo em Português que possua um número “simpático” de cabos, nomeadamente os cabos de maior competitividade no mercado Português e algumas soluções especificamente desenvolvidas para esse mercado.

Como podemos observar na Figura 41, foi definida desta forma a ordem de trabalhos. Como é de esperar, um processo como o lançamento de um novo catálogo é complexo e demorado. O nosso objetivo seria o de criar uma base de dados com as respetivas fichas técnicas já traduzidas, de modo a facilitar o processo de construção gráfica propriamente dita.

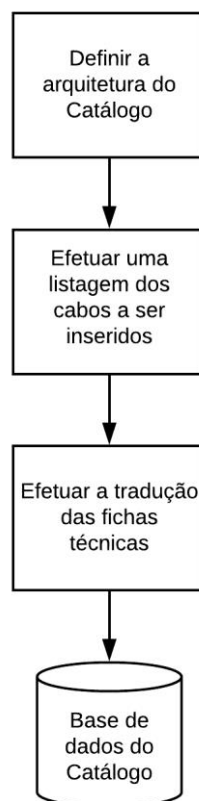


Figura 41 - Ordem de trabalhos Catálogo Português.

O primeiro passo foi idealizar uma possível arquitetura para o catálogo, definindo categorias, subcategorias e quais os cabos a serem inseridos nessa mesma categoria. Depois de algumas sugestões, chegou-se à conclusão de que a melhor opção seria a de seguir as linhas construtivas do Catálogo Geral.

Como exemplificado na Figura 42, podemos ver os traços gerais da arquitetura do Catálogo Geral, bem como do futuro Catálogo Português. Esta encontra-se organizada por zonas de aplicação como categorias principais, onde podemos encontrar temas tais como a indústria, infraestruturas e energias renováveis entre diversas outras. Posteriormente, dentro da categoria “Indústria” iremos poder visualizar subcategorias como cabos de controlo flexíveis, cabos para esteira articulada, cabos resistentes à temperatura entre outras subcategorias. Por fim, os cabos encontram-se organizados por materiais construtivos, ou seja, estamos a falar sobre os constituintes das bainhas exteriores tais como PVC, PUR, materiais isentos de halogéneo entre outros.

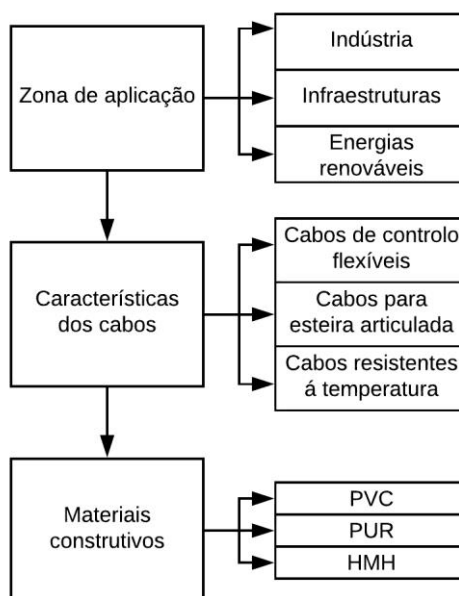
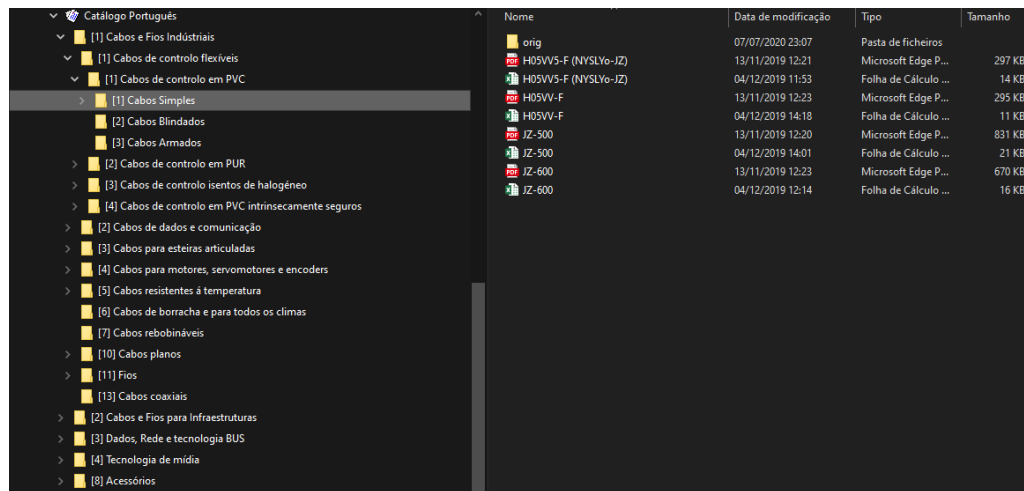


Figura 42 - Exemplo da arquitetura construtiva do Catálogo Português.

Como é perceptível, este processo demorou algum tempo até que se obtivesse uma sólida linha de trabalho possível, isto devido à seleção dos cabos mediante vendas e possibilidades de inserção de novos cabos. Como esperado, existiram imensas reuniões com diferentes elementos da empresa para esta fase de conceção. Posto isto, foi concebida uma pasta que possui a arquitetura de um possível catálogo e que foi preenchida com as fichas técnicas dos cabos em questão.

Como é possível observar na Figura 43, temos a arquitetura do catálogo totalmente desenhada e ainda como complemento em cada uma das subcategorias finais, foram acrescentadas mais três categorias, cabos simples, blindados e armados, isto com a finalidade de simplificar o próximo passo do processo.



The image shows a software interface for a catalog. On the left is a tree view under the heading 'Catálogo Português'. It contains several categories, with '[1] Cabos Simples' currently selected. On the right is a table with four columns: 'Nome', 'Data de modificação', 'Tipo', and 'Tamanho'. The table lists several files, including 'orig', 'H05VV5-F (NYSLV0-JZ)', 'H05VV-F', 'H05VV-F', 'JZ-500', 'JZ-600', and 'JZ-600'.

Nome	Data de modificação	Tipo	Tamanho
orig	07/07/2020 23:07	Pasta de ficheiros	
H05VV5-F (NYSLV0-JZ)	13/11/2019 12:21	Microsoft Edge P...	297 KB
H05VV5-F (NYSLV0-JZ)	04/12/2019 11:53	Folha de Cálculo ...	14 KB
H05VV-F	13/11/2019 12:23	Microsoft Edge P...	295 KB
H05VV-F	04/12/2019 14:18	Folha de Cálculo ...	11 KB
JZ-500	13/11/2019 12:20	Microsoft Edge P...	831 KB
JZ-500	04/12/2019 14:01	Folha de Cálculo ...	21 KB
JZ-600	13/11/2019 12:23	Microsoft Edge P...	670 KB
JZ-600	04/12/2019 12:14	Folha de Cálculo ...	16 KB

Figura 43 - Arquitetura do catálogo.

Tendo esta arquitetura concluída, foi dado o próximo passo, que passou por efetuar o *download* de todas as fichas técnicas que estariam presentes dentro das categorias. À *posteriori* foram retirados destas fichas técnicas todos os dados referentes aos *part numbers* de todos os cabos em questão, deixando para já essa informação devidamente separada por cabo como podemos observar na Figura 43.

Neste ponto do processo existia uma arquitetura preparada já com a devida informação atribuída, logo poderíamos concentrar a atenção da equipa para os possíveis passos a tomar, que consistiam na tradução individual de cada uma das fichas atribuídas. Existiam diversas formas de se ter efetuado esta fase do processo, porém, e depois de uma reunião com os principais elementos da empresa inseridos no processo, optou-se pela conceção de uma *macro* em Excel para servir de apoio à tradução das fichas técnicas.

Esta *macro* teria como função aglomerar toda a informação pertinente à construção do catálogo, sendo que esta seria mais tarde cedida a uma empresa externa para conceber a parte gráfica associada ao catálogo. Para tal foi pensada a utilização de *userforms* como interface entre humano e máquina, para facilitar a alocação de campos e facilitar a inserção da tradução em questão. Para tal idealizou-se uma base de dados horizontal na qual estão presentes todos os campos das fichas técnicas atuais como alguns campos dedicados, e que se trata de um melhoramento a ser inserido no Catálogo Português.

O aspeto geral de uma ficha técnica Helukabel pode ser consultado no Anexo 6. Nesta podemos identificar diversos campos como o nome dos cabos, a sua descrição, os dados técnicos, as suas propriedades, o seu ramo de aplicação e ainda os seus *part numbers*, entre outros. O que foi feito foi atribuir estes campos a células pré-definidas tendo em vista um crescimento vertical da base de dados. Na base de dados propriamente dita, cada campo tem um determinado número de células mediante o seu tamanho geral entre todas as fichas técnicas, sendo que se um cabo não possuir linhas suficientes para ocupar a totalidade do espaço reservado ao campo, estas células serão deixadas em branco.

Como poderá ser confirmado no Anexo 7, temos a base de dados horizontal preparada para crescimento vertical. Esta será a informação que será fornecida a uma empresa externa para que possa ser construído o Catálogo Português.

Esta *macro*, Figura 44, tinha como função facilitar a função de criação da base de dados traduzida de todos os cabos para o Catálogo Português. Esta foi concebida com o auxílio do *form*, que se trata de uma interface gráfica que facilita a interação entre máquina e utilizador.



Figura 44 - Macro catálogo Português.

Na Figura 45 podemos observar a página de criação de um *form* no segmento de programador do Excel. Neste caso o *form* possuía diversas páginas de interface que correspondem aos campos individuais das fichas técnicas. À medida que as mesmas vão sendo preenchidas temos acesso à próxima página onde se iria preencher mais uma vez com os dados do cabo em questão, porém efetuando a tradução da ficha técnica original.

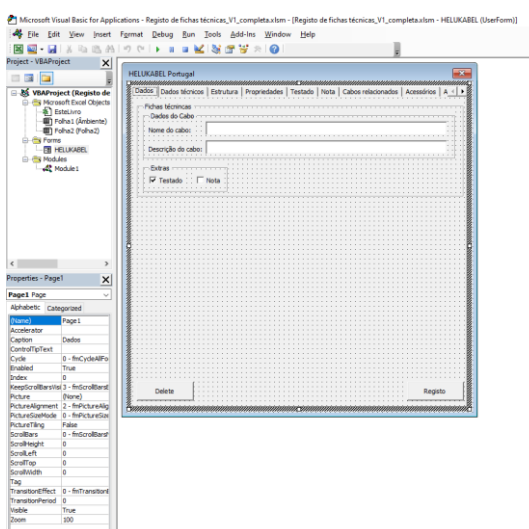


Figura 45 – Criação de *form*.

Podemos observar na Figura 46 o aspeto gráfico da primeira página do nosso *form*, onde nos possibilita a entrada do nome do cabo, bem como a sua descrição característica. Ainda nos possibilita selecionar ou não a existência dos campos “Testado” e “Nota” para o cabo em questão. Estes são dois campos que podem ou não existir nas fichas técnicas, pois tratam-se de campos auxiliares que indicam normas específicas que os mesmos cumprem, ou pequenas notas de sintaxe dos cabos. O campo extra permite efetuar a confirmação de um ou ambos os campos que nos permite a entrada ou não no campo em questão quando chegar a sua vez. Trata-se principalmente de uma otimização de tempo durante o processo de tradução. Posteriormente selecionamos “Registo” e prosseguimos na tradução da ficha técnica. Dada a utilização de *forms* neste programa, o código acaba por ser mais simplificado. Basicamente, a informação é importada dos respetivos campos para a sua real posição na base de dados. Todavia, a utilização dos *forms* tem a desvantagem da necessidade da existência de uma grande disciplina de organização para a conceção de um programa de maiores dimensões, pois o código não está apenas num local, mas tem de estar associado a botões e caixas mediante as interações requeridas.

A imagem mostra uma janela de software intitulada "HELUKABEL Portugal". No topo, há uma aba "Dados". Abaixo, há uma seção "Fichas técnicas" com o subtítulo "Dados do Cabo". Esta seção contém dois campos de texto: "Nome do cabo:" e "Descrição do cabo:". Abaixo destes campos, há uma seção "Extras" com dois campos de entrada: "Testado" (com um ícone de caixa de seleção) e "Nota" (com um ícone de caixa de seleção). No canto inferior esquerdo da janela, há um botão "Delete", e no canto inferior direito, há um botão "Registo".

Figura 46 - Primeiro *form*.

Quando selecionamos o botão “Registo” aparece esta pequena mensagem, Figura 47, que nos mostra que o registo, ou seja, a cópia da informação do *form* para a base de dados, foi realizada com sucesso, e podemos então pressionar o botão “OK” e prosseguir a nossa tradução.

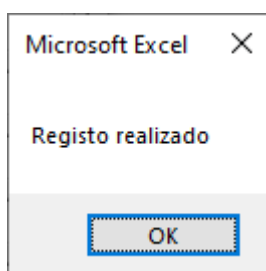


Figura 47 - Registo realizado.

Na Figura 48 está ilustrado o aspeto geral do segundo *form*, responsável pela aquisição da informação referente aos dados técnicos dos nossos cabos. Nesta figura podemos observar as 14 linhas de informação que irão corresponder cada uma a um campo. Na Figura 49 temos os restantes *forms*, idênticos aos da Figura 48. Estes cinco *forms* correspondem a metade da nossa ficha técnica, aproximadamente.

Figura 48 - *Form* dados técnicos.

Figura 49 - *Forms* 3,4,5 e 6.

Foi definido que uma das melhorias que seria implementada no Catálogo Português seria a apresentação de soluções para acessórios relevantes para o cabo apresentado, nomeadamente para os principais tipos de Bucins e de Tubos Anelados. Com isto criaram-se *menus* de *combobox* para facilitar a inserção dos acessórios a serem apresentados com cada cabo. Daí podemos observar na Figura 50, o aspeto do *form* específico para o efeito, bem como algumas das opções que podem ser selecionadas automaticamente, mais uma vez com a finalidade da poupança de tempo durante o processo de tradução. É esperado que exista um pequeno campo que irá apresentar os acessórios recomendados para o condutor específico, no futuro catálogo.

Figura 50 - Form acessórios.

Para finalizar o processo de tradução de uma ficha técnica é requerido o preenchimento do *form* “Aplicação”, Figura 51. Uma vez preenchido o campo aplicação e premido o botão “Registo” é apresentado um *pop-up* a indicar que o registo foi realizado com sucesso, Figura 52.

Figura 51 - Form aplicação.

Figura 52 - Registo terminado com sucesso.

Neste ponto do projeto a ferramenta estava a funcionar, ou seja, já se possuía um auxiliar para guardar a informação traduzida. Todavia faltava a parte crucial de efetuar a tradução de todas as fichas técnicas. Nesta primeira fase foram selecionados e traduzidos 112 cabos, sendo este o ponto de partida para o Catálogo Português.

Este é o aspeto final da base de dados criada, Anexo 8. Como já mencionado, a base de dados está organizada na horizontal e cada linha possui toda a informação técnica de cada um dos cabos a ser inserido no catálogo português. Sendo que cada uma das colunas separa os pequenos patamares que constituem a ficha técnica traduzida.

Com a base de dados já preenchida seguiu-se uma nova fase do desafio: era necessário que existisse uma forma ler a informação já trabalhada na base de dados. Pois tanto como a inserção dos dados na base de dados, como a sua correção e possível modificação ficam dificultadas quando lidando apenas com uma base de dados na sua representação pura.

Com isto surgiu a necessidade da criação de um segundo programa para este projeto, um gerador de fichas técnicas. Este segundo programa tem como objetivo trabalhar a base de dados já criada e carregar uma pré-ficha técnica com o mesmo *layout* de uma ficha técnica dita “normal”, de modo a facilitar a leitura da informação e a deteção de possíveis erros cometidos durante a tradução da mesma.

Como podemos ver na Figura 53, este programa irá oferecer a seleção de qualquer cabo que esteja inserido na base de dados. Posteriormente à criação da ficha técnica para o cabo em questão, é facultada a opção de efetuar pequenos arranjos nos respetivos campos da ficha técnica já traduzida. Estamos a falar tanto de pequenas questões estéticas como de questões léxicas. Caso o resultado atual não seja do agrado do utilizador, este tem sempre a possibilidade de limpar o ambiente de trabalho e de recomeçar de novo. Quando é atingido um resultado que seja do interesse do utilizador é facultada a opção de efetuar uma exportação em formato PDF. Qualquer alteração no que toca a correções de texto será gravada na correspondente célula.

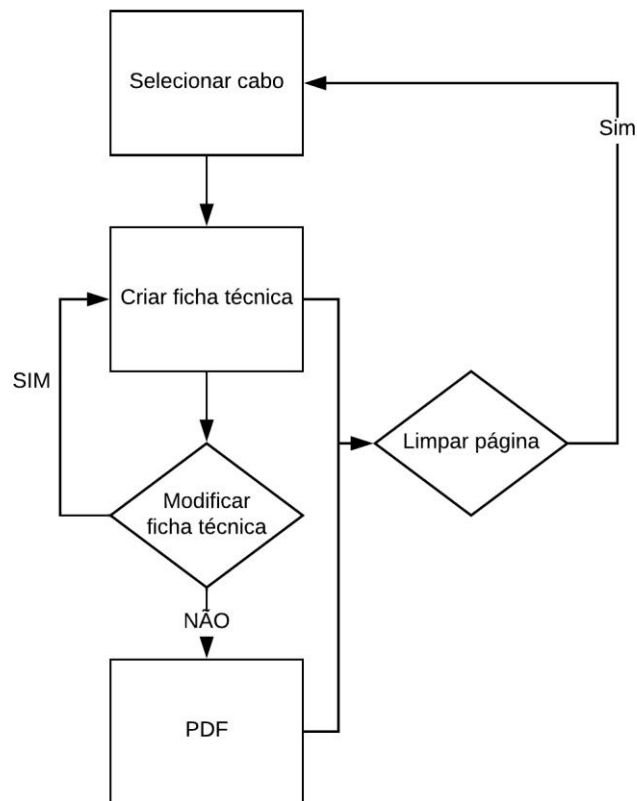


Figura 53 – Fluxograma da *macro* geradora de fichas técnicas.

Tendo estes objetivos em mente foi desenvolvida uma *macro* com estas características, representada na Figura 54 pelo seu ponto de entrada. De seguida é possível observar tanto a página inicial da *macro* como o seu ecrã de boas vindas para interface com o utilizador, ilustrado na Figura 55. Foram carregadas as informações referente aos *part numbers* de todos os cabos que estavam presentes na base de dados, separados por separadores e devidamente identificados (Figura 56).



Figura 54 - *Macro* geradora de fichas técnicas.

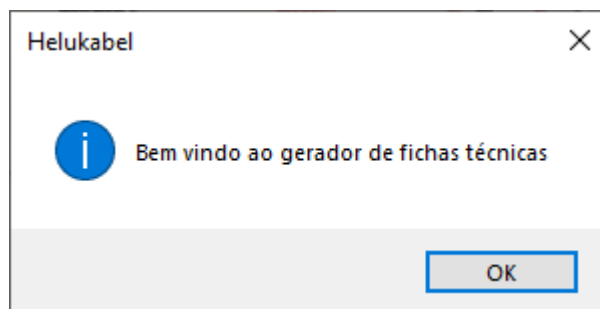


Figura 55 - Ecrã de boas vindas.

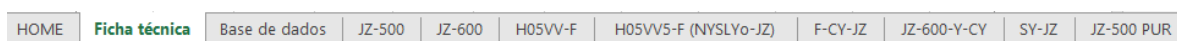


Figura 56 - Separadores com informação de *Part Numbers* (PNs).

Através dos conhecimentos adquiridos pelo estudo da bibliografia específica, incluindo a consulta de fóruns especializados, tornou-se possível uma execução de programas mais complexos e com mais funcionalidades. Neste programa podemos ver alguns pormenores adicionais tal como diferentes formas de executar o programa.

Podemos simplesmente premir a página inicial como a mesma nos sugere, com as três opções de “Criar Ficha Técnica”, “PDF” e “Limpar Ficha Técnica”, para além de nos permitir efetuar a seleção do cabo em questão (Figura 57).

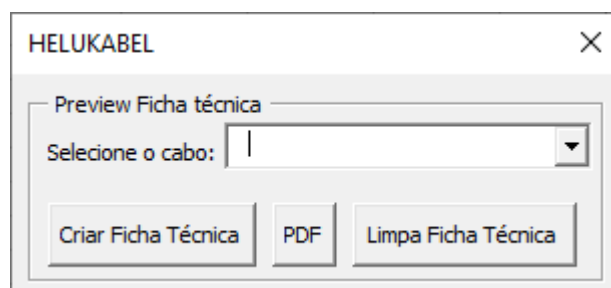


Figura 57 - Form gerador de fichas técnicas.

Porém, este programa permite uma abordagem ligeiramente diferente, como podemos ver na Figura 58. Nesta situação foi criado um separador exclusivo para executar o programa, denominado de Helukabel. Este permite ter uma ação direta sobre o objetivo em questão. Quando dentro deste separador, podemos ver as funções da própria *macro*, interligadas com os botões que é possível visualizar na Figura 59.

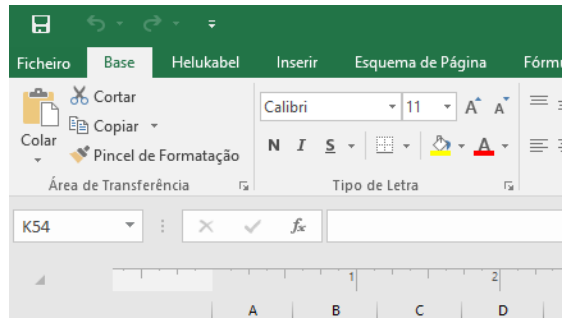


Figura 58 - Separador Excel personalizado.

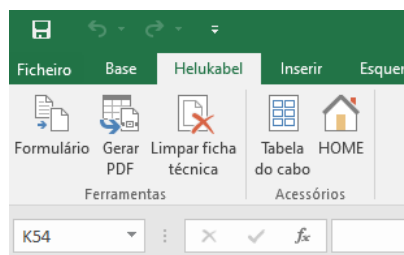


Figura 59 - Botões do separador Helukabel.

Como já referido, o *form* gerador de fichas técnicas permite efetuar tanto a seleção dentro da base de dados carregada no ficheiro, como a criação de um *draft* inicial da ficha técnica. Como se pode observar através da Figura 60, é possível verificar o aspeto do menu *drop-down* tal como alguns dos cabos que foram carregados na ficha técnica. Com o objetivo de efetuar uma demonstração de funcionalidades irá ser selecionado o cabo F-CY-JZ.

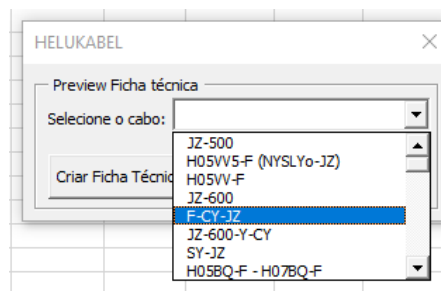


Figura 60 - Menu *drop-down* (seleção F-CY-JZ).

Depois de selecionado o cabo e premido o botão “Criar Ficha Técnica”, como demonstrado na Figura 61, é possível observar as duas partes constituintes de uma ficha técnica, sendo que na primeira folha temos presentes todos os campos traduzidos da ficha técnica, Figura 62, ou seja campos como propriedades, dados técnicos, aplicações, entre outros. Na segunda folha, e até não existirem mais *part numbers* a serem carregados, são organizados em duas colunas por página os campos mais relevantes na escolha do nosso cabo elétrico (Figura 63). O exemplo escolhido tem aproximadamente 125 *part numbers* distintos. De realçar que os

campos de informação da primeira página foram carregados dentro de caixas de texto distintas, já com a intenção de serem reorganizados antes do passo final que é retirar a ficha técnica propriamente dita em formato PDF.

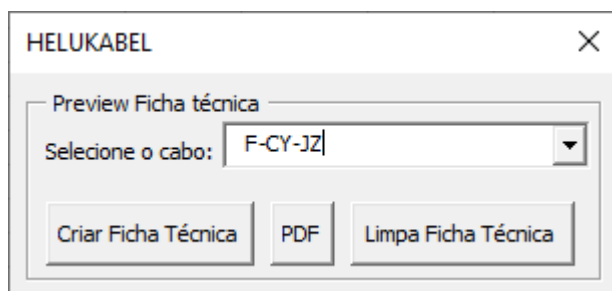


Figura 61 - F-CY-JZ selecionado na macro.

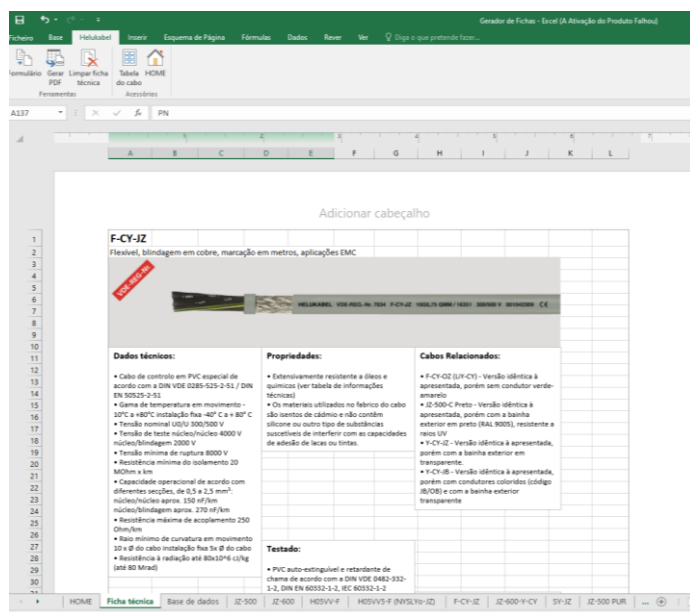


Figura 62 - Ficha Técnica 1 gerada (1).

Figura 63 - Ficha Técnica 1 gerada (2).

Como podemos observar, e depois de apenas alguns “cliques” para reorganizar as caixas de texto, temos um *layout* já muito aproximado ao de uma ficha técnica “real”, como podemos ver na Figura 64. Segue-se o próximo passo, o de ir ao separador Helukabel e efetuar o comando “Gerar PDF”. O resultado pode depois ser conferido na pasta do documento. Quando gerado o ficheiro .pdf é visualizada uma mensagem que indica a sua criação.

Figura 64 - Ficha Técnica gerada e organizada.

Como é possível observar, torna-se muito mais intuitivo ao revermos a informação. Apesar da falta do toque gráfico, ambas as fichas técnicas possuem o mesmo *layout*,

sendo que a criada pelo programa desenvolvido possui campos complementares já com a construção do catálogo em mente. Ambas podem ser consultadas no Anexo 9 e Anexo 10. À data, a Helukabel não possuía nem pessoal, nem licença de *software* que fosse capaz de realizar uma tarefa da complexidade do catálogo planeado. Logo, foram organizadas diversas reuniões com uma empresa do ramo, que essa sim conseguiria concretizar a implementação final do projeto. Numa das últimas reuniões que foram efetuadas foi possível estudar a compatibilidade da implementação da nossa base de dados num dos programas da empresa, com o objetivo de ser apresentado um orçamento para o trabalho da implementação final.

5.1.2 Ferramenta Helukabel

Durante o período em que decorreu o estágio surgiu o desafio de se tentar criar um protótipo de uma ferramenta de apoio a projetistas. Esta ferramenta teria como função principal servir de interface entre a escolha do cabo adequado à aplicação e a pessoa que tem a responsabilidade dessa escolha. O objetivo específico seria ajudar os projetistas a escolherem os cabos indicados para as situações em questão, facilitando o processo de seleção e agilizando esse processo. Como mais valia para a empresa em tentar desenvolver uma ferramenta para ajudar os projetistas, esta ganha reconhecimento e ao mesmo tempo representa um produto de publicidade para a marca. Um ponto relevante é que os projetistas não possuem os conhecimentos mais aprofundados sobre cabos elétricos, logo surge essa dificuldade acrescida, em termos de nos colocarmos no papel dos projetistas e de tentarmos agilizar a melhor forma de facilitar o processo.

Tendo isto em conta, o primeiro passo do processo foi efetuar a leitura de um conjunto de memórias descritivas criadas por projetistas, com o objetivo de nos tentarmos aproximar da sua linha de pensamento, e assim conseguir criar uma hierarquia para a futura ferramenta.

Para este nível foi definida uma arquitetura baseada no local de aplicação dos cabos, subdividida em características dos mesmos e por fim com a divisão dos materiais constituintes. No que toca à aplicação dos cabos propriamente ditos, é possível observar na Figura 65 todas as categorias principais selecionadas para a ferramenta. De realçar que todas as categorias que se encontram circundadas a vermelho possuem subcategorias, mais uma vez com a finalidade de facilitar a seleção final por parte do utilizador. Na Figura 66 é possível observar ambas as subcategorias, tanto da categoria de “Cabos de controlo flexíveis” assim como de “Cabos para esteiras articuladas”, a título de exemplo para a arquitetura deste nível. No Anexo 11 podem ser consultadas as restantes subcategorias.

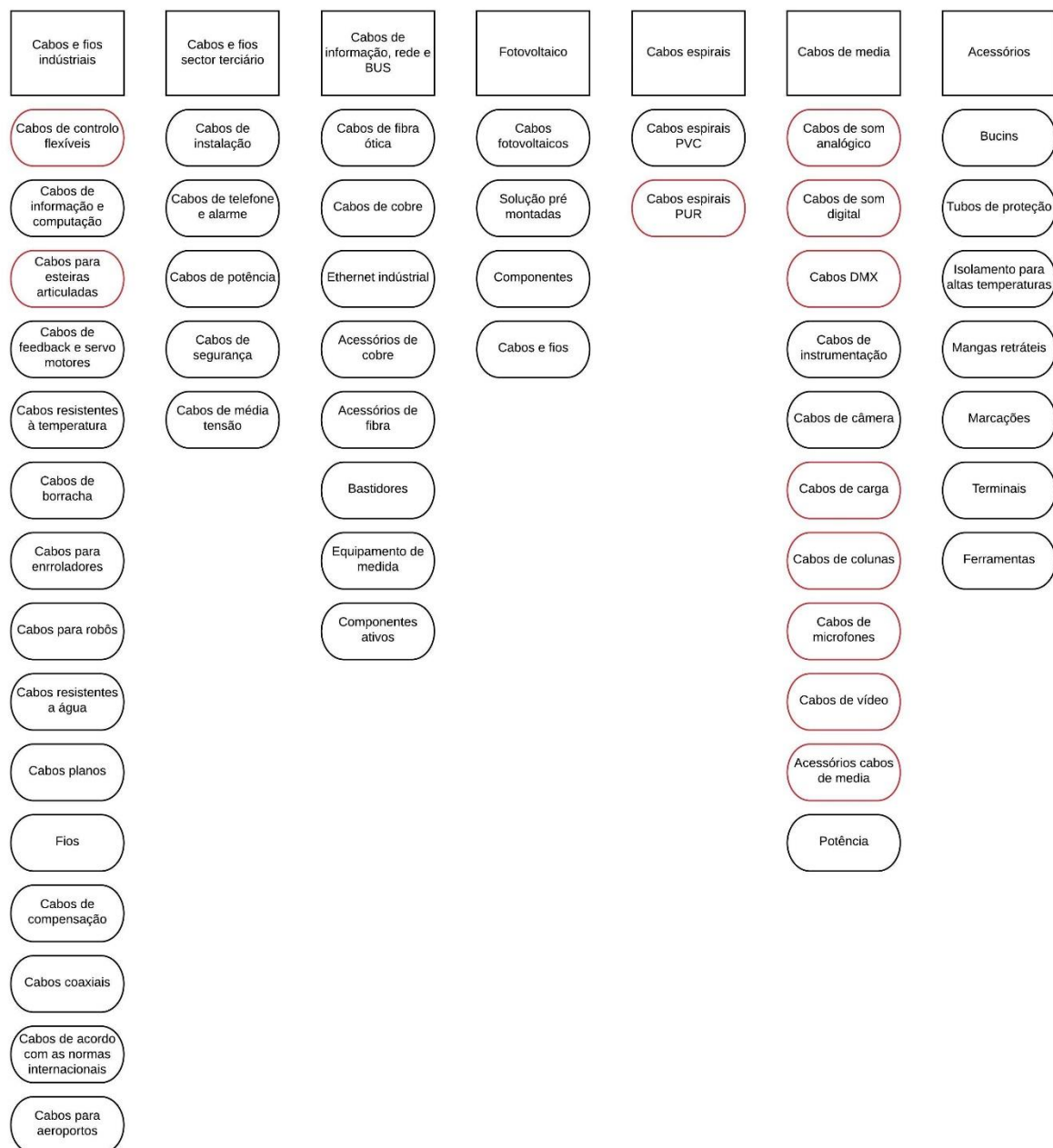


Figura 65 - Categorias principais - Ferramenta Helukabel.

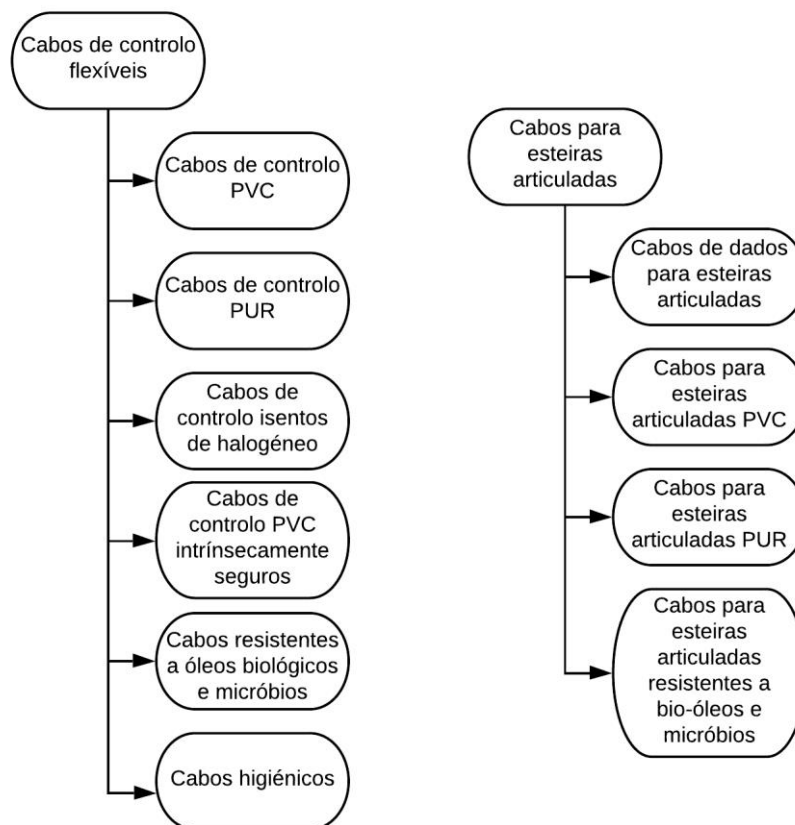


Figura 66 - Subcategorias - Ferramenta Helukabel.

Na Figura 67 é possível observar o aspeto final da arquitetura já implementada no Excel, para facilitar o processo de criação das categorias e de *menus* que poderemos analisar mais à frente. De realçar os três patamares de categorias separados por colunas "A, B e C" onde são apresentados todas as categorias e correspondentes subcategorias, e ainda a existência da coluna "D" que possui um pequeno código correspondente à categoria/subcategoria/sub-subcategoria, de modo a facilitar a inserção dos cabos correspondentes.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Cabos e fios industriais	Cabos de controlo flexíveis	Cabos de controlo PVC	A1A	Cabos e fios industriais	Cabos de controlo flexíveis			
		Cabos de controlo PUR	A1B	Cabos e fios sector terciário	Cabos de informação e computação			
		Cabos de controlo isentos de halógeno	A1C	Cabos de informação, rede e BU	Cabos para esteiras articuladas			
		Cabos de controlo PVC intrinsicamente seguros	A1D	Fotovoltaico	Cabos de feedback e servo motores			
		Cabos resistentes a óleos biológicos e microbios	A1E	Cabos espirais	Cabos resistentes à temperatura			
		Cabos higiénicos	A1F	Cabos de media	Cabos de borracha			
	Cabos de informação e computação		A2	Acessórios	Cabos para enroladores			
	Cabos para esteiras articuladas	Cabos de dados para esteiras articuladas	A3A		Cabos para robôs			
		Cabos para esteiras articuladas PVC	A3B		Cabos resistentes a água			
		Cabos para esteiras articuladas PUR	A3C		Cabos planos			
		Cabos para esteiras articuladas resistentes a bio-óleos e microbios	A3D		Fios			
	Cabos de feedback e servo motores		A4		Cabos de compensação			
	Cabos resistentes à temperatura		A5		Cabos coaxiais			
	Cabos de borracha		A6		Cabos de acordo com as normas internas			
	Cabos para enroladores		A7		Cabos para aeroportos			
	Cabos para robôs		A8					
	Cabos resistentes a água		A9					
	Cabos planos		A10					
	Fios		A11					
	Cabos de compensação		A12					
	Cabos coaxiais		A13					
	Cabos de acordo com as normas internacionais		A14					
	Cabos para aeroportos		A15					
Cabos e fios sector terciário	Cabos de instalação		B1					
	Cabos de telefone e alarme		B2					
	Cabos de potência		B3					
	Cabos de segurança		B4					
	Cabos de média tensão		B5					
Cabos de informação, rede e BUS	Cabos de fibra ótica		C1					
	Cabos de cobre		C2					
	Ethernet industrial		C3					
	Acessórios de cobre		C4					
	Acessórios de fibra		C5					

Figura 67 - Arquitetura - Ferramenta Helukabel.

Este “pequeno código”, como referido acima, corresponde a separadores do próprio ficheiro como é possível observar na Figura 68. Por exemplo, para observar os cabos que estão contidos na categoria “Cabos de controlo PVC”, presente tanto na Figura 66 como na Figura 67 e correspondente ao código “A1A”, é possível abrir o separador correspondente ao código em questão, como demonstrado na Figura 68. De realçar que este código também serviu de auxílio à construção do código propriamente dito, para efetuar a leitura do separador que possuía a informação pretendida.

1	JZ-500	Flexível, condutores numerados, marcação em metros
2	JZ-500 COLD	Flexível a baixas temperaturas, condutores numerados, marcação em metros
3	JZ-500 BLACK	Flexível, marcação em metros
4	JZ-500 ORANGE	Flexível, condutores laranja, cabo de controlo para ligações
5	H05VV5-F	Flexível, condutores numerados, resistente a óleos
6	(H)05VV5-F	Flexível, condutores numerados, resistente a óleos
7	JZ-750	Flexível, condutores numerados, 750V, marcação em metros
8	JZ-600	Flexível, condutores numerados, 0,6/1kV, marcação em metros
9	H03VV-F	De acordo com a DIN VDE 0281
10	H05VV-F	De acordo com a DIN VDE 0281
11	JB-500	Flexível, condutores coloridos
12	JB-750	Flexível, condutores coloridos, 750V
13	JB-750 YELLOW	Flexível, condutores coloridos, 750V, cabos de conexão para alarme de incêndio, marcação em metros
14	JZ-500-C BLACK	Aplicações EMC, blindagem de cobre, flexível, marcação em metros
15	F-CY-OZ	Flexível, blindagem de cobre, aplicações EMC
16	F-CY-JZ	Flexível, blindagem de cobre, aplicações EMC
17	H05VVC4V5-K	Flexível, condutores numerados, resistente a óleos, aplicações EMC
18	(H)05VVC4V5-K	Condutores numerados, blindado, resistente a óleos, aplicações EMC
19	Y-CY-JZ	Flexível, blindagem em cobre, transparente, aplicações EMC
20	SY-JZ	Flexível, condutores numerados, armado com fios de aço
21	JZ-600-Y-CY	Flexível, condutores numerados, 0,6/1kV, blindagem de cobre, aplicações EMC
22	Y-CY-JB	Flexível, blindagem de cobre, transparente, aplicações EMC
23	SY-JB	Flexível, condutores coloridos, armado com fios de aço

Figura 68 - Separadores por lista de cabos - Ferramenta Helukabel.

De seguida será demonstrada a solução criada para este protótipo, assim como algumas das suas características principais. Dado que apenas se tratava de um protótipo a ser apresentado, optou-se pela simplificação para executar a *macro* e apenas criar uma figura e associar a *macro* à mesma, poupando assim tempo e focando-se na ferramenta em si.

Na Figura 69 podemos ver a página inicial da Ferramenta Helukabel. Nesta podemos identificar diversos campos em que vamos entrar um pouco mais em pormenor. Começando pela parte superior temos um campo de *display* de informação seguida de um menu *dropdown*. Ambos permitem a seleção das categorias, Figura 70, sendo que quando é selecionada a categoria no menu *dropdown* esta atualiza a informação no campo de *display* e renova o menu *dropdown* disponível. Isto depois de premir o botão “Selecionar” que nos permite avançar na arquitetura. À esquerda temos um botão denominado de “Início” que nos permite efetuar um *reset* às categorias selecionadas, podendo assim corrigir uma possível incoerência na seleção. De destacar ainda a existência de um pequeno botão localizado no canto inferior esquerdo do botão “Início” com o logótipo da Helukabel. Este permite um acesso direto à página inicial da loja *online* da Helukabel.

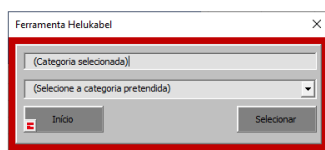


Figura 69 - Página inicial - Ferramenta Helukabel.

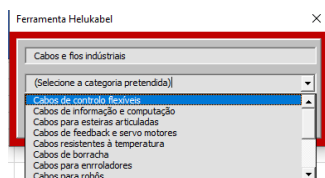


Figura 70 - Primeira categoria do programa nos *menus* – Ferramenta Helukabel.

Depois de selecionada a categoria, ou seja, quando atingimos o último patamar da categoria em pesquisa e pressionamos o botão “Selecionar”, é realizado o *display* dos cabos que estão contidos nessa categoria. A visualização dos cabos que estão dentro dessa categoria é efetuada com o auxílio de 3 janelas. A primeira janela mostra-nos o nome do cabo, a segunda mostra-nos a descrição pelo qual é conhecido e na terceira janela temos uma imagem de catálogo do mesmo cabo. Ainda de referir que quando pressionada a imagem do cabo este abre o PDF contendo a ficha técnica do mesmo (Figura 71 e Figura 72). O *display* de todas as subcategorias é realizado desta forma. Porém, como nem todas as categorias têm o mesmo número de cabos, existe a adaptação do programa para que apenas sejam mostrados os cabos corretos. No entanto o *layout* é o apresentado acima, com a anotação de que a categoria que se está a visualizar aparece descrita no canto superior esquerdo. Neste caso em

particular podemos observar os cabos presentes na subcategoria “Cabos de controlo PVC” ou “A1A” como já abordado.

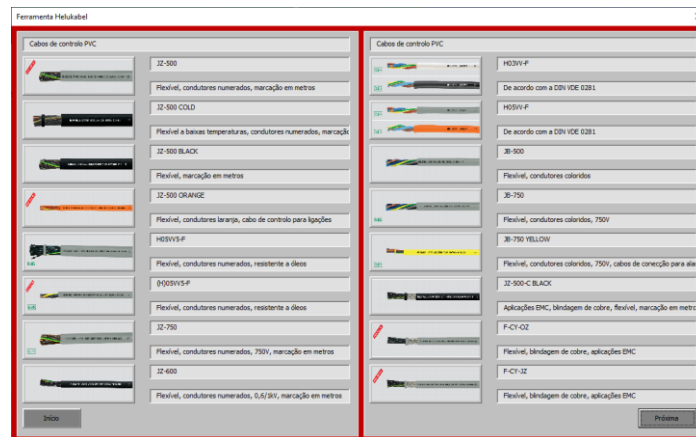


Figura 71 - Subcategoria cabos de controlo PVC (A1A) 1.

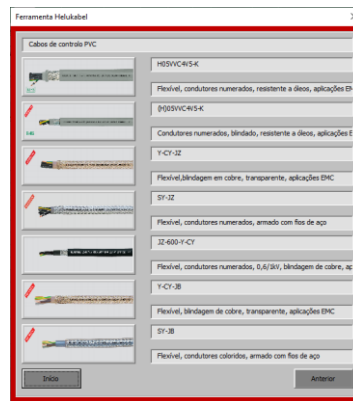


Figura 72 - Subcategoria cabos de controlo PVC (A1A) 2.

Esta foi a primeira versão da Ferramenta Helukabel que foi apresentada. Porém, quando reunidos com o resto da equipa chegou-se à conclusão de que necessitávamos de uma reorganização da mesma, tanto a nível de arquitetura, como em questões de interatividade com o utilizador. O problema era o seguinte: apesar de todo o trabalho de preparação que existiu, como a leitura de um conjunto alargado de memórias descritivas e documentos afins, o que se tornou claro foi que, como se estava tão imerso no mundo dos cabos, se acabou por subentender que vários conhecimentos são de cultura geral, o que não é exatamente verdade. Em suma, a ferramenta necessitava de ser mais apelativa visualmente de modo a simplificar a sua utilização, o que por sua vez levou a uma reorganização por completo da ferramenta já desenvolvida. Com este objetivo partiu-se para uma nova construção, sendo de que já se possuía uma base funcional, com imensas características que poderiam ser re-implementadas. A segunda versão desta ferramenta necessitava possuir uma interação mais gráfica e mais simplificada em termos de seleção.

Para esta segunda versão existiu a necessidade da reorganização total da arquitetura que tinha sido definida anteriormente. Desta vez optou-se por uma abordagem por

zona de implementação seguida de 4 subcategorias como “Alimentação/Energia”, “Controlo”, “Redes” e “Coaxiais”, sendo que estas são subdivididas em duas categorias físicas, tais como “Fios” e “Cabos” e as últimas categorias são de propriedades dos cabos e de questões construtivas. A título de exemplo podemos apresentar o diagrama da Figura 73. As restantes categorias estão referidas nos anexos.

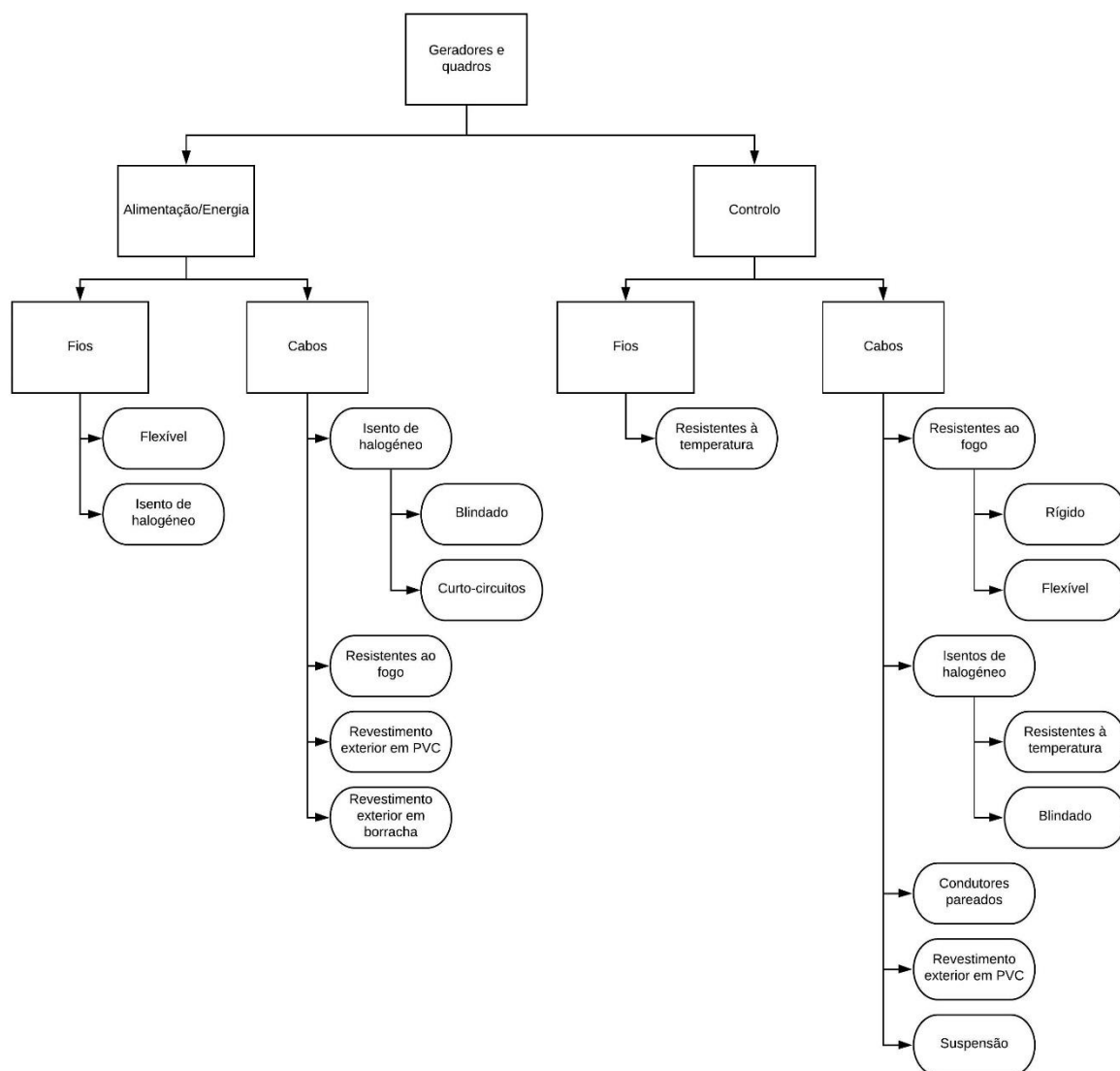


Figura 73 - Geradores e quadros arquitetura.

Na Figura 74 podemos observar parte da arquitetura já implementada em Excel. Tendo a arquitetura implementada prosseguiu-se para a implementação da nova versão de interface.

Categoria	Sub-categoria	Cabos			
Geradores e quadros	Alimentação/Energia	Fios Flexível		H07V-K	Fio PVC, condutor entrançado
		Isento de halogéneo		H07Z-K	Fio, isento de halogéneo
		Cabos Isentos de halogéneos		N2XH	Cabo de potência, 0,6/1kV, isento de halogéneo
Alimentação/Energia			Blindado	N2XCH	Cabo de potência, 0,6/1kV, isento de halogéneo, com condutor concêntrico
Controlo			Curto-circuitos	N2XHAFo	Cabo isento de halogéneo isolado com uma borracha especial, curto-circuitos
		Resistentes ao fogo		N2XHFE180 E30	Cabo de segurança, isento de halogéneo, 0,6/1kV, com características de res
		Revestimento exterior em PVC		JZ-600	0,6/1kV, flexível, condutores numerados
				HELUPower RV-K	
		Revestimento exterior em borracha		H07RN-F	Cabo com bainha exterior borracha
	Controlo	Fios		HELUTHERM 145	Fio, flexível, condutor entrançado, isento de halogéneo
		Resistentes à temperatura		JE-H(S)HFE180 E30	FE180 E30 até E30 (laranja), isento de halogéneo
		Cabos	Rígido	LI(S)HFE180 PH120	
		Resistentes ao fogo	Flexível	SiHF	Cabo de silicone, flexível, isento de halogéneo
		Isentos de halogéneos	Resistentes à temperatura	DATAFLAMM	Isento de halogéneo
			Blindado	JZ-500 HMH-C	Cabo de controlo flexível, isento de halogéneo, extremamente resistente ao fo
		Condutores pareados		PAAR-TRONIC-LI-ZYI	Isolamento em PE, baixa capacitância, Termi-Point, aplicações EMC
		Revestimento exterior em PVC		JZ-500	Flexível, condutores numerados
		Suspensão		TRAGO	Cabos de preparados para tensões 300/500 V
Painéis solares	Alimentação/Energia	Fios Flexível		H07V-K	
		Cabos	Revestimento exterior em PVC	JZ-600	
				NY-Y-J	
			Revestimento exterior em borracha	H07RN-F	
	Redes	Cobre		CAT7e S/FTP	
		Fibra	Exterior/Interior	AH-DQ(ZN)BH	
			Interior	A-DQ(ZN)BZY	
AVAC	Alimentação/Energia	Cabos	Revestimento exterior em PVC	NY-Y-J	
				JZ-600	
				HELUPower RV-K	
			Blindado	TOPFLEX-EMV-ZYSLCY-J	
				H07RN-F	
		Revestimento exterior em borracha		N2XH	
		Isentos de halogéneos	Blindado	N2XCH	

Figura 74 - Arquitetura implementada Excel.

Na Figura 75 podemos observar a página inicial da nossa ferramenta, que se trata de um ecrã de boas vindas.

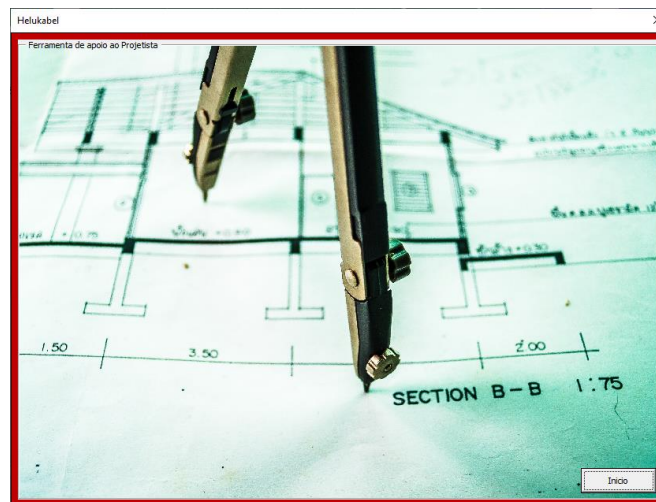


Figura 75 – Écran de boas vindas ferramenta v2.

A página principal da ferramenta apresenta-se na Figura 76, onde podemos encontrar as nove categorias principais da ferramenta, já inseridas na hierarquia. Como se pode observar a simplicidade do modelo apresentado é a chave em questão. Temos um *layout* o mais limpo possível e baseado na interatividade.

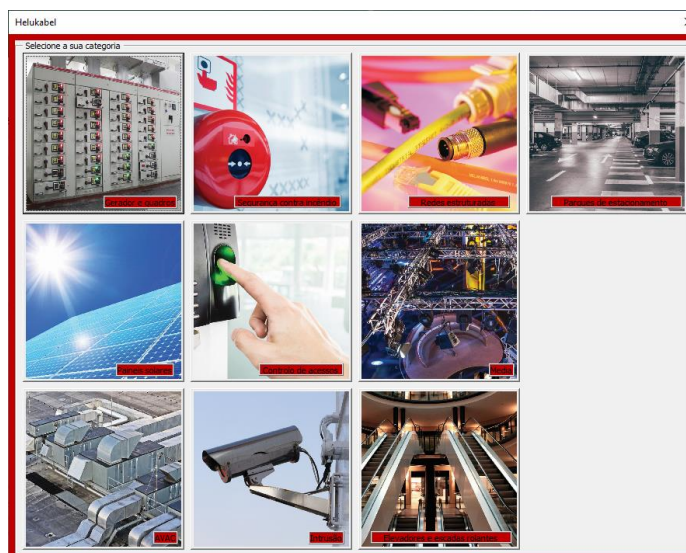


Figura 76 - Página principal – Ferramenta Helukabel v2.

Quando selecionada uma das categorias temos acesso às subcategorias. Como exemplo, para efetuar o *display* do cabo “H07V-K”, o caminho a seguir é o descrito abaixo e que pode ser visualizado nas imagens da Figura 77, Figura 78, Figura 79 e Figura 80. Como já referido, manteve-se o *layout* do último ecrã, dado que o mesmo provou ser funcional na última versão. Ou seja, mais uma vez quando pressionado em cima da imagem do cabo é efetuado o *display* da sua ficha técnica.



Figura 77 - Subcategorias "Gerador e quadros".



Figura 78 - Subcategorias "Alimentação/Energia".

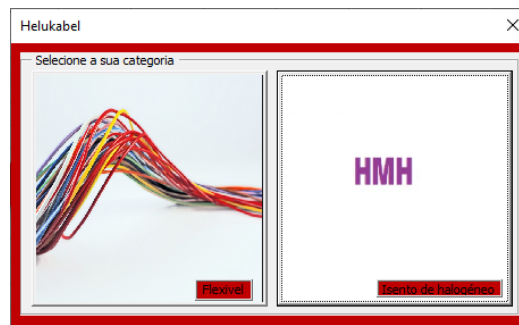


Figura 79 - Subcategorias "Fios".

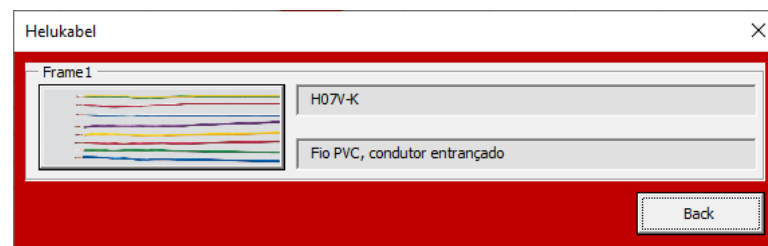


Figura 80 - Resultados apresentados na subcategoria "Flexível".

Esta foi a versão final da ferramenta criada para a Helukabel Portugal, cujo objetivo era a fácil interação entre homem e máquina, apelar à parte gráfica e conseguir mostrar de forma prática e rápida a informação pretendida. Pode-se considerar esta implementação um sucesso, que apesar de simples ajudou a alertar para um conjunto de possíveis problemas que serão assim evitados durante a conceção de uma versão final a distribuir.

5.2 Outros projetos

Neste subcapítulo serão abordados diversos outros projetos que foram desenvolvidos durante o período do estágio. Estes projetos são de dimensões e complexidade inferiores aos exibidos nos subcapítulos anteriores. Porém, a importância de alguns deles foi superior, isto do ponto de vista da poupança de tempo ao colaborador da empresa a quem ficou atribuído o seu desenvolvimento.

5.2.1 Apoio à construção de formações

Durante a presença na empresa esta adotou uma política de formações internas regulares, com periodicidade de 15 dias aproximadamente. Numa destas formações iriam ser abordados diversos temas, nomeadamente os conhecimentos de base de eletrotecnia, os quais foram compilados numa pequena apresentação que *à posteriori* foi apresentada pelo Diretor Técnico a toda a equipa. Conhecimentos como corrente elétrica, grandezas elétricas e tipos de materiais foram abordados nessa formação de uma forma simplificada e de modo a ser compreendida por toda a equipa.

5.2.2 Retificação de fichas técnicas

O estagiário pôde participar em inúmeras operações de retificação e mesmo de construção de fichas técnicas, tanto com apoio técnico como com apoio gráfico. Foram retificadas fichas técnicas, por terem sido atualizados parâmetros ou conferidas novas classificações. Foi mesmo proporcionado ao estagiário a participação na construção de fichas técnicas de raiz, ou seja, foram preparadas amostras, tiradas fotos e compilada toda esta informação numa ficha técnica. De realçar que foi tudo feito dentro da empresa, desde as fotos, ao tratamento de imagem e à construção gráfica.

5.2.3 Trabalhos individuais de tradução

Dada a origem da empresa, novos lançamentos de equipamentos ou cabos têm de ser adaptados para o mercado Português. Com isto foram desenvolvidos bastantes trabalhos de tradução técnica, tanto de equipamentos como de cabos. Este tipo de trabalho apresenta a principal dificuldade de ter de conhecer o termo e o seu significado técnico na língua materna, bem como na língua da qual estamos a traduzir. Porém, com estes trabalhos de tradução houve a oportunidade de participar em inúmeros lançamentos de novos produtos da empresa, para além da consolidação de informação muito relevante sobre produtos já existentes.

5.2.4 Apoio ao departamento financeiro

O departamento financeiro, assim como na maior parte das empresas, ainda depende bastante do Excel como ferramenta. Não que isto seja algo mau pois o Excel é uma ferramenta excecional e muito poderosa. O desafio que foi apresentado tratava-se de uma recolha de dados de um ficheiro que extraia informação de outro para retirar conclusões. Logo tratava-se de algo que uma *macro* poderia facilitar no dia a dia. Neste caso uma vez por semana um colaborador precisava de “perder” 20 minutos para atualizar o ficheiro em questão. De notar que o ficheiro tinha histórico associado, ou seja, os dados da semana anterior mantinham-se no ficheiro. Para o efeito foi programada uma *macro* no ficheiro que arranca ao executá-lo e de seguida importa os dados. À *posteriori* vai verificar as datas dos dados importados com a data do dia em que está a ser aberto e importa os dados no formato numérico requerido. Para concluir, oculta certas páginas com informação sensível. De realçar que não irá ser exposta qualquer parte deste ficheiro nem do código associado por se tratar de informação confidencial para a empresa.

5.2.5 Lista de clientes

Com o decorrer dos anos de funcionamento da empresa, e com a contratação crescente de novos Comerciais, existiu um crescimento bastante relevante na lista de clientes da empresa. Porém, como a maior parte dos Comerciais já possuía alguns anos de experiência no ramo dos cabos elétricos, cada um deles acaba por possuir a sua própria lista de clientes, muitas vezes até mais do que uma. Com isto o desafio

que surgiu foi uma compilação geral das listas de clientes de toda a empresa. Mais uma vez recorreu-se às *macros* para poder comparar campos semelhantes e assim reduzir bastante o tempo que me levaria a efetuar a tarefa. Dado o código em questão ser bastante simples e mais uma vez a informação ser de cariz privado da empresa, não será apresentada qualquer figura relativa ao trabalho realizado.

5.2.6 Departamento de compras

O responsável pelo departamento de compras iniciou atividade na empresa sensivelmente ao mesmo tempo que se iniciou este estágio. Porém, mais uma vez trata-se de alguém que já estava no ramo dos cabos elétricos há bastante tempo e já possuía bastante experiência. Depois dessa pessoa se habituar ao método de trabalho da empresa e com o acumular do trabalho, e visto que já tinha demonstrado bastante facilidade no manuseio da ferramenta Excel, foi incumbido ao estagiário o apoio à pessoa responsável pelas compras. Mais propriamente, no registo das propostas recebidas. Basicamente o desenvolvimento e gestão de uma base de dados onde estão presentes a maior parte das cotações pedidas pela empresa. Essa base de dados encontra-se disponível numa pasta partilhada da empresa e encontra-se separada por fornecedores e pelas principais gamas de cabos. Este trabalho foi desenvolvido ao longo do estágio e teve uma perspetiva de necessidade da empresa.

Foram realizadas diversas otimizações em documentos de consulta de comparação de pesos e preços para este departamento. Além destas foram construídos diversos formulários para cálculo de valores, tendo em conta a variação do preço do cobre e pequenos fatores complementares. Basicamente, ferramentas para que a pessoa responsável não tenha de usar 5 minutos em cálculos auxiliares, quando precisa de comparar dois preços distintos. Como a maior parte dos formulários em que o estagiário esteve envolvido durante o processo de estágio, o objetivo que sempre esteve subjacente foi facilitar o trabalho dos colaboradores da empresa. Quando se refere facilitar, muitas vezes basta reduzir 1 minuto numa atividade que se tem de realizar 20 vezes num dia para se ganhar tempo para outras atividades importantes.

5.2.7 Lançamentos mais relevantes

Durante o período de permanência na empresa o estagiário assistiu a inúmeras campanhas por parte da empresa assim como lançamentos de novos cabos para o mercado Português. Algumas das campanhas que mais marcaram foi o lançamento do NSGAFoU em laranja, bem como o lançamento do HELUTOOL. O NSGAFoU é um fio vocacionado para a utilização em quadros elétricos, daí a sua cor laranja e a ausência da necessidade da utilização de mangas laranja. Trata-se de um fio em cobre estanhado que possibilita a utilização de uma tensão de até 3 kV. Por outro lado, o HELUTOOL, que é um alicate para cravar ponteiras em fios. O mesmo é vendido já com as cabeças de cravamento e as mesmas possibilitam a sua compra em separado. Permite um raio de secções de 0,5 mm² a 50 mm² dependendo dos terminais em questão. O mais interessante durante todo o processo de lançamento foi

poder observar e acompanhar todos os passos que tiveram de ser cumpridos para que os produtos fossem lançados. E a possibilidade de poder ter participado em alguns desses passos ajudou imenso, tanto na compreensão do produto como no aprofundamento de conhecimentos da área, bem como de áreas sobre as quais o estagiário não tinha qualquer conhecimento prévio, como por exemplo a edição de imagem, preparação e formatação de documentação etc.

5.2.8 Registo de amostras

Quando entra um pedido de amostra na Helukabel esse pedido é efetuado à casa mãe sendo que quando a mesma tiver um cabo que corresponda a um pedido envia um cabo de amostra juntamente com uma das encomendas diárias. O que acontece regularmente é que em vez de ser pedido um cabo de cada vez à casa mãe, são pedidos vários cabos de amostra para possíveis pedidos de amostra. O que estava a acontecer é que esses cabos estavam a começar a ficar amontoados dentro de caixas e já ninguém sabia que cabos estariam preparados para servirem de amostra. Com o objetivo de solucionar este problema, foi efetuada a listagem de todos os cabos presentes para amostra por PN, nome, secção, metragem disponível, com a sua correspondente localização (caixa) e o saco dentro dessa mesma caixa. Com este objetivo criou-se mais um Excel com os cabos devidamente identificados e localizados. Com este pequeno documento todos os colaboradores podem saber com apenas alguns “cliques” se o cabo que o cliente está a pedir está em armazém e qual a sua localização precisa. Caso não encontre o cabo em questão na listagem, basta solicitá-lo à casa mãe e assim que possível o mesmo será entregue.

5.2.9 Áudio e vídeo

Durante o espaço temporal que decorreu entre estar concluída a base de dados do Catálogo Português e existir o contacto por parte da empresa com a empresa exterior para estudar a possibilidade da integração dos dados, foi solicitado ao estagiário que efetuasse algo semelhante ao realizado para o Catálogo Português para um catálogo destinado apenas a áudio e vídeo. O processo foi bastante semelhante ao primeiro, no entanto, dado se tratar de apenas um pequeno subgrupo de cabos, todo o processo foi notoriamente mais breve. Mais uma vez foram definidas subcategorias para organizar o nosso catálogo, que foram preenchidas com os respetivos cabos. Visto se tratarem apenas de 25 cabos, não foi necessário efetuar uma base de dados e a tradução das fichas técnicas foi efetuada individualmente. Porém, desta vez as mesmas ficaram apenas como um ficheiro Excel.

Conclusão

O estágio descrito neste relatório foi desenvolvido na área dos condutores e cabos elétricos, principalmente no que se refere aos seus elementos construtivos, bem como na sua utilização e instalação em condições ideais.

O estagiário foi alocado ao departamento comercial, mantendo, no entanto, ligações com os restantes segmentos da empresa. O presente estágio tinha como objetivo principal dar resposta a duas necessidades da empresa em que o perfil de estudos do estagiário poderia ser uma mais valia importante. Estas consistiam num estudo de implementação de um equipamento para construir cabos espirais e numa revisão do catálogo em vigor. Todavia, durante o período temporal que decorreu entre as reuniões iniciais e o início do período do estágio efetivo, os objetivos da empresa alteraram-se, passando para segundo plano o estudo dos cabos em espiral. Surgiu, entretanto, um novo desafio na empresa, que consistia no desenvolvimento de uma ferramenta de apoio a projetistas, cujo objetivo seria o apoio à conceção de projeto e a divulgação da gama Helukabel.

Ao longo do estágio foram apresentados diversos desafios, os quais motivaram um estudo constante. Assim, foi possível a aquisição de conhecimentos em áreas diversas, tais como os materiais e processos construtivos de um condutor elétrico, o funcionamento da indústria, mercado e comercialização de condutores elétricos, assim como na área da programação, especificamente no desenvolvimento de ferramentas de apoio aos processos técnico-comerciais associados à indústria dos condutores elétricos.

Este estágio permitiu a participação em diversos projetos de diferentes áreas de ação da empresa, incluindo o estudo e conceção da base de dados que suportará o próximo catálogo Português, o desenvolvimento de um protótipo da ferramenta de apoio a projetistas e ainda a colaboração nas atividades técnico-comerciais diárias no ramo dos condutores elétricos, orçamentação e soluções de engenharia.

Relativamente ao catálogo Português, foi programada uma *macro* específica de auxílio à construção da base de dados que suportará o próximo catálogo Português da empresa. Para a definição e implementação desta ferramenta foi necessário um conhecimento detalhado do catálogo e uma perspetiva dos projetos a que a empresa responde. Como a Helukabel não possui nem pessoal, nem licença de *software* que permita realizar um projeto da dimensão do catálogo que foi idealizado, uma empresa externa foi contactada com esse objetivo. Na última fase de abordagem a este projeto estava em estudo a utilização da base de dados construída para a implementação direta no programa de desenvolvimento gráfico utilizada pela empresa contratada.

Relativamente à ferramenta Helukabel desenvolvida, o objetivo foi o de criar uma ferramenta de apoio ao projetista que teria como base a fácil interação entre homem e máquina, apelar à parte gráfica e conseguir mostrar de forma simples e rápida a informação pretendida. Com a conceção desta ferramenta, foi possível criar uma base

para a ferramenta final a ser desenvolvida, tendo sido possível, através deste processo, identificar um conjunto de possíveis problemas que serão assim evitados durante a conceção de uma versão final da ferramenta.

Para além dos projetos principais mencionados, o estagiário colaborou em diversos outros projetos de dimensões mais reduzidas, mas para os quais essa participação foi importante e de elevada utilidade para os colaboradores da empresa neles envolvidos.

Este estágio na Helukabel permitiu aprender e desenvolver competências na indústria e mercado dos cabos elétricos, assim como contribuir com ferramentas específicas de apoio à concretização de tarefas e otimização de processos.

Apesar de uma das componentes definidas inicialmente para objetivo do estágio não se ter concretizada, tendo sido substituída por outra, considera-se que o estágio foi um sucesso, tendo sido muito enriquecedor para a formação profissional e pessoal do estagiário.

Referências Bibliográficas

- [1] Helukabel, "The company HELUKABEL," 2020. [Online]. Available: <https://www.helukabel.com/en/about-helukabel/company/company-overview.html>.
- [2] Helukabel, "Research & Development," 2020. [Online]. Available: <https://www.helukabel.com/en/about-helukabel/research-development/cable-engineering-and-innovation.html>.
- [3] Helukabel, "Production," 2020. [Online]. Available: <https://www.helukabel.com/en/about-helukabel/production/cable-and-wire-production.html>.
- [4] Helukabel, "Quality is one of HELUKABEL's top priorities," 2020. [Online]. Available: <https://www.helukabel.com/en/about-helukabel/quality/quality-overview.html>.
- [5] Helukabel, "Logistics Centre," 2020. [Online]. Available: <https://www.helukabel.com/en/about-helukabel/logistics/logistics-centres/logistics-centre-industry/logistics-centre-industry.html>.
- [6] Einforma - Informação de empresas, "Einforma," 2020. [Online]. Available: https://www.einforma.pt/servlet/app/portal/ENTP/prod/ETIQUETA_EMPRESA/nif/513944168/.
- [7] Diário as Beiras, "Ranking 1000 Maiores Empresas do distrito de Coimbra," *Revista 1000 Maiores Empresas do Centro*, 2017/2018/2019.
- [8] J. N. d. Santos, Condutores e cabos de Energia, FEUP, 2005.
- [9] Solidal Condutores Elétricos S.A., Guia Técnico Portugal, NORPRINT, 2007.
- [10] Wikipédia, "Polímero condutor," 2020. [Online]. Available: https://pt.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%ADmero_condutor#/media/Ficheiro:ConductivePoly.png.
- [11] G. F. Moore, *Electric Cables Handbook* (Third Edition), Blackwell Science Ltd, 1997.
- [12] Helukabel Portugal, "Tipos de blindagem dos cabos para redes estruturadas," *Anteprojetos*, p. 12, 2019.
- [13] Helukabel Portugal, "Como distinguir a categoria dos cabos para redes estruturadas," *O eletricista*, p. 24, 2019.
- [14] Helukabel Portugal, "Catálogo Geral de cabos," 2009.
- [15] Helukabel Portugal, "Nota técnica," *Cabos blindados - tipos e diferentes aplicações*, 2020.
- [16] Helukabel Portugal, "Soluções Helukabel em cabos 0,6/1kV com condutor concêntrico," em *Informação técnico-comercial*, 2019, p. 98.
- [17] Helukabel Portugal, "Fios e cabos livres de halogéneos," *Artigos técnico-comerciais*, 2019.

- [18] Helukabel, "Power," *How cables are made*, 2017 a 2020.
- [19] HMS - Connecting Devices, "Industrial Ethernet," 2019. [Online]. Available: <https://www.hms-networks.com/home>.
- [20] Wire & Cable Tips, "ix Industrial: The revolution in Ethernet connectors?," 2020. [Online]. Available: <https://www.wireandcabletips.com/ix-industrial-the-revolution-in-ethernet-connectors/>.
- [21] Helukabel Portugal, *Data, Network & Bus Technology - Industrial Ethernet (Apresentação)*, Coimbra, 2020.
- [22] Helukabel Portugal, "Requisitos de segurança para cabos e condutores isolados utilizados na transmissão de energia elétrica," *Atigo técnico-comercial*, 2019.
- [23] Helukabel Portugal, "Regulamento de Construção para materiais de construção CPR (Apresentação)," Coimbra, 2020.
- [24] Cables RCT, CPR Novo regulamento da UE para materiais da construção, Castellón.
- [25] General Cable, Regulamento dos produtos de construção (RPC, ou CPR), 2003.
- [26] Helukabel Portugal, "Formações," Coimbra, 2020.
- [27] Voltimum, "Eletrotecnia Básica: Princípio de funcionamento de um aparelho diferencial," 2018. [Online]. Available: <https://www.voltimum.pt/artigos/licoes-de-electricidade/eletrotecnia-6>. [Acedido em 2020].
- [28] Analítica, "Fichas técnicas," 2019. [Online]. Available: <https://www.analitica.pt/fichas-tecnicas/#1547460382107-1e863959-9cb9>. [Acedido em 2020].

Anexos

Anexo 1 - Valores 1000 empresas (Helukabel) [6].

Ano Revista	Ano referente	Ranking	Nome	Concelho sede social	Capital social	Volume de negócios
2020						
2019	2018	162	HELUKABEL PORTUGAL, LDA	COIMBRA	50000	7129908,00
2018	2017	244	HELUKABEL PORTUGAL, LDA	COIMBRA	50000	4235731,00
2017	2016	923	HELUKABEL PORTUGAL, LDA	COIMBRA	50000	940889,48

Variação do volume de negócios	Resultado líquido	Valor acrescentado bruto	Rentabilidade (%)	Rentabilidade do ativo (%)
68,33	105909,00	593378,00	1,49	2,44
350,18	48190,00	313617,00	1,14	1,88
	578,02	86742,52	0,06	0,06

Rentabilidade do capital próprio (%)	Solvabilidade (%)	Exportação total	Empregados
51,74	4,95	2399831,00	16
48,79	4,00	1680377,00	10
1,14	5,48	287846,17	5

Anexo 2 - Harmonizações em outros países [26].

Não-harmonizados (Alemanha)

- norma VDE 0250 e VDE 0276 para cabos de energia
- Norma VDE 0815/16 para cabos de Telecomunicações

Power cables acc. to VDE 0250

□ □ □ □ □ □ X □
1 2 3 4 5 6 7 8

1. Relationship to Standards

N according to VDE
(N)/X with reference to VDE

2. Insulating materials

Y	PVC
4Y	polyamide
5Y	PTFE (teflon)
6Y	FEP (teflon)
9Y	polypropylen
11Y	polyurethan (PUR)
2X	XLPE
G	elastomer
2G	silicon
3G	EPR-rubber
4G	EVA
5G	polychloroprene
HX	LSOH

A	single-core
D	solid wire
AF	single-core, fine stranded
F	flexible wire for fittings
L	fluorescent tube cable
LH	connecting cable for light mechanical load
MH	connecting cable for middle mechanical load
SH	connecting cable for, heavy mechanical load
SSH	connecting cable for special mechanical load
SL	control/welding cable
S	control cable
LS	light control cable
FL	flat cable
Si	silicon cable
Z	twin cable
GL	glass fibre
Li	stranded wires acc. to VDE 812

4. Special constructions

T	strength member
ō	oil-resistant
u	flame resistant
w	heat-/weather resistant
FE	fire resistant
C	screen
S	steel wire armouring

5. Sheathing materials I

see 2. insulation materials

P Polyurethan

6. Protective conductor

-J with green/yellow core
-O without green/yellow core

7. Number of cores

8. Cross-section of conductor

Não-harmonizados UNE 20434 (Espanha)

ISOLAMENTO INTERIOR:

R	 Polietileno reticulado (XLPE).
X	 Polietileno reticulado (XLPE).
Z1	 Poliolefina termoplástica libre de halógenos.
Z	 Elastómero termoestable libre de halógenos.
V	 Policloruro de vinilo (PVC).
S	 Compuesto termoestable de silicona libre de halógenos.
D	 Elastómero de etileno-propileno (EPR).

MALHA, REVESTIMENTO EXTERIOR, ARMADURA:

C3	 Pantalla de hilos de cobre dispuestos helicoidalmente.
C4	 Pantalla de cobre en forma de trenza, sobre los conductores aislados reunidos.
V	 Policloruro de vinilo (PVC).
Z1	 Poliolefina termoplástica libre de halógenos.

ARMADURA:

F	 Fleje de acero dispuesto helicoidalmente.
FA	 Fleje de aluminio dispuesto helicoidalmente.
FA3	 Fleje de aluminio corrugado longitudinalmente.
M	 Corona de hilos de acero.

ISOLAMENTO EXTERIORES:

V	 Policloruro de vinilo (PVC).
Z1	 Poliolefina termoplástica libre de halógenos.
Z	 Elastómero termoestable libre de halógenos.
N	 Polímero clorado vulcanizado.

CONDUTOR:

-K	 Flexible de cobre (clase 5) para instalaciones fijas.
-F	 Flexible de cobre (clase 5) para servicios móviles.
-D	 Flexible para cables de máquinas de soldar.

AL Si el conductor es de aluminio, se indica (AL).

0,6/1 kV Tensión nominal 1.000V

Não-harmonizados CEI UNEL 35011 (Itália)

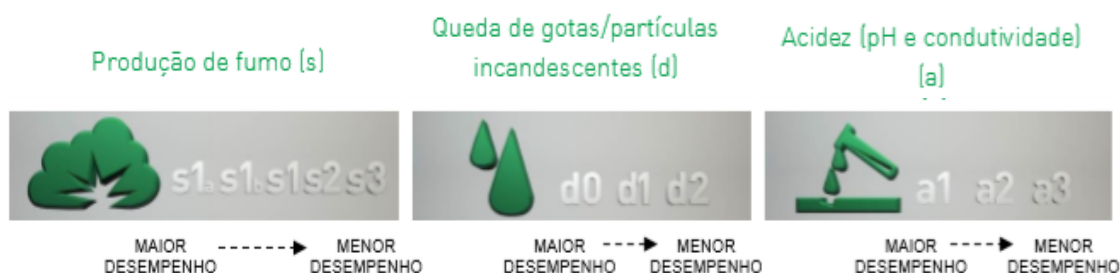
Conductor	F	Flexible core	Screens	C	Concentric copper conductor
	FF	Extra-flexible core		H	Aluminium tape screen
	R	Stranded core		H1	Copper tape screen
	U	Solid core		H2	Copper braid screen
Insulation	E	Polyethylene	Armours	A	Galvanized steel braid armour
	E4	XLPE cross-linked polyethylene		F	Galvanized steel wire armour
	G7	HEPR thermoplastic compound		N	Galvanized steel tape armour
	G10	Cross-linked halogen-free elastomer		Z	Galvanized steel plate armour
	R	PVC compound	Outer sheath	E	Polyethylene
Shape	R2	PVC resisting to 70° C		M1	Halogen-free thermoplastic compound
	R3	PVC resisting to 105° C	Carrier	R	PVC compound
	D	Flatform cable		Y	Steel or textile carrier
	O	Round cable			
	X	Twisted per triad			

Anexo 3 - Nomenclaturas Harmonizadas (HD 361 S3:1999) [27].

EXEMPLO ⁽¹⁾ ⇒			H	05	V	V			- F	3	G	2,5
		SÍMBOLO										
NORMALIZAÇÃO	• Harmonizado	H										
	• Tipo nacional reconhecido	A										
	• Tipo nacional não reconhecido	PT-N										
TENSÃO	• < 100 / 100 V	00										
	• ≥ 100 / 100 V; < 300 / 300 V	01										
	• 300 / 300 V	03										
	• 300 / 500 V	05										
	• 450 / 750 V	07										
C O N S T R U T I V E S	Isolamento	• Borracha de etileno-propileno	B									
		• Etileno acetato de vinilo	G									
		• Borracha	R									
		• Borracha de silicone	S									
		• Policloreto de vinilo	V									
		• Polietileno reticulado	X									
	Revestimento metálico / / armaduras	• Bainha lisa de alumínio, extrudida ou soldada	A2									
		• Condutor concêntrico de alumínio	A									
		• Blindagem de alumínio	A7									
		• Armadura em fita de aço, galvanizado ou não	Z4									
	Bainha	• Etileno acetato de vinilo	G									
		• Trança de fibra de vidro	J									
		• Policloropreno	N									
		• Borracha	R									
		• Trança têxtil	T									
		• Policloreto de vinilo	V									
C O N S T R U Ç Ã O	Forma	• Cabo circular	Sem letra									
		• Cabo plano:										
	Natureza	- condutores separáveis	H									
		- condutores não separáveis	H2									
	Flexibilidade	• Cobre	Sem letra									
		• Alumínio	- A									
		• Condutor flexível de classe 5	- F									
		• Condutor flexível de classe 6	- H									
		• Condutor ou cabo flexível para instalação fixa	- K									
Composição ⁽²⁾		• Condutor rígido circular cabreado	- R									
		• Condutor rígido sectorial cabreado	- S									
		• Condutor rígido maciço circular	- U									
		• Condutor rígido maciço sectorial	- W									
		• Condutor linel	- Y									
		• Número de condutores										
		• Ausência de condutor verde/amarelo	x									
		• Existência de condutor verde/amarelo	G									
		• Secção do condutor (mm ²)										
		• Identificação por coloração	Sem letra									
		• Identificação por algarismo	N									

Anexo 4 - Norma NP 665 [28].

NP 665		EXEMPLO	A			A	QU	S	B	9	NA LPTO
		SÍMBOLO									
Material dos condutores	Cobre	S/ letra									
	Alumínio multifilar	L									
	Alumínio maciço	LS									
Grau de flexibilidade	Condutores rígidos	S/ letra									
	Condutores flexíveis	F									
	Condutores extra-flexíveis	FF									
Material do isolamento	Borracha de etileno-propileno	B									
	Etileno acetato de vinilo	G									
	Papel	P									
	Policloreto de vinilo - PVC	V									
	Polietileno - PE	E									
	Polietileno reticulado - XLPE	X									
Blindagem	Blindagem individual	HI									
	Blindagem colectiva	H									
	Blindagem de estanque:										
	- individual;	1HI									
- colectiva	1H										
Revestimentos metálicos para protecção mecânica	Magnéticos:										
	Fitas de aço	A									
	Fios de aço	R									
	Barrinhas de aço	M									
	Trança de aço galvanizado	1Q									
	Não magnéticos:										
	Fitas	1A									
	Fios	1R									
Barrinhas	1M										
Trança de cobre	Q										
Forma de agrupamento dos condutores isolados	Cableados ou torcidos	S/ letra									
	Dispostos paralelamente	D									
	Cabos auto-suportados	S									
Material das bainhas	Não metálico:										
	Borracha de etileno-propileno	B									
	Etileno acetato de vinilo	G									
	Papel	P									
	Policloreto de vinilo - PVC	V									
	Polietileno - PE	E									
	Polietileno reticulado - XLPE	X									
	Metálico:										
	Alumínio	L									
	Chumbo	C									
Comportamento ao fogo	Retardante ao fogo	(frt)									
	Resistente ao fogo	(frs)									
	Baixa opacidade dos fumos libertados	(ls)									
	Baixa corrosividade dos fumos libertados	(la)									
	Baixa toxicidade dos fumos libertados	(lt)									
	Isento de halogéneos	(zh)									
Composição	Número de condutores										
	Ausência de condutor verde/ amarelo	X									
	Existência de condutor verde/ amarelo	G									
	Secção do condutor (mm²)										
Tensão estipulada		U/U kv									

Anexo 5 - Sub categorias CPR [9].**CLASSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO E OPACIDADE DOS FUMOS EMITIDOS (s)**

Classe	Método de Ensaio	Critérios de classificação complementar	
s1	EN 50399	$TSP_{1200s} \leq 50 \text{ m}^3$ e $SPR \text{ máx.} \leq 0,25 \text{ m}^3/\text{s}$	Baixa produção de fumo
s1a	EN 50399 EN 61034-2	$TSP_{1200s} \leq 50 \text{ m}^3$ e $SPR \text{ máx.} \leq 0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ Transmitância $\geq 80 \%$	s1 e transmitância de fumos superior a 80%
s1b	EN 50399 EN 61034-2	$TSP_{1200s} \leq 50 \text{ m}^3$ e $SPR \text{ máx.} \leq 0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ Transmitância $\geq 60 \%$	s1 e transmitância de fumos superior a 60% e inferior a 80%
s2	EN 50399	$TSP_{1200s} \leq 400 \text{ m}^3$ e $SPR \text{ máx.} \leq 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$	Valores intermédios de produção de fumo
s3	EN 50399	Nem s1, nem s2	

TSP: Produção total de fumo; SPR: Taxa de produção de fumo
[Parâmetros de ensaio totalmente novos, introduzidos pelo RPC na norma EN 50399].

CLASSIFICAÇÃO DE QUEDA DE GOTAS/PARTÍCULAS INCANDESCENTES (d)

Classe	Método de Ensaio	Critérios de classificação complementar
d0	EN 50399	Inexistência de gotas e partículas incandescentes em 1200 s
d1	EN 50399	Não se observa a persistência de partículas incandescentes por mais de 10 s em 1200 s
d2	EN 50399	Nem d0, nem d1

CLASSIFICAÇÃO DE ACIDEZ E CONDUTIVIDADE (a)

Classe	Método de Ensaio	Critérios de classificação complementar	
a1	EN 60754-2	Condutividade $< 2,5 \mu\text{S}/\text{mm}$ e $\text{pH} > 4,3$	Muito baixa acidez
a2	EN 60754-2	Condutividade $< 10 \mu\text{S}/\text{mm}$ e $\text{pH} > 4,3$	Baixa acidez
a3	EN 60754-2	Nem a1, nem a2	

Anexo 6 - Ficha técnica do JZ-500 [14].

JZ-500

flexible, number coded, meter marking



VDE-REG-Nr.



HELUKABEL VDE-REG.-Nr. 7032 JZ-500 25G1,5 QMM / 10110 300/500 V 001041117 CE

Technical data

- PVC cable adapted to DIN VDE 0285-525-2-51 / DIN EN 50525-2-51
- **Temperature range** flexing -15°C to +80°C fixed installation -40°C to +80°C
- **Nominal voltage** U₀/U 300/500 V
- **Test voltage** 4000 V
- **Breakdown voltage** min. 8000 V
- **Minimum bending radius** flexing 7,5x cable Ø fixed installation 4x cable Ø

Cable structure

- Bare copper conductor, fine wire acc. to DIN VDE 0295 cl.5 / IEC 60228 cl.5
- Core insulation of PVC compound type Z 7225
- Core identification to DIN VDE 0293 black cores with continuous white numbering
- GN-YE conductor, 3 cores and above in the outer layer
- Cores stranded in layers with optimal lay length
- Outer sheath of PVC compound type TM2 to DIN VDE 0207-363-4-1 / DIN EN 50363-4-1
- Sheath colour: grey (RAL 7001)
- With meter marking

Properties

- Extensively oil resistant, oil-/chemical resistance see "Technical Information"
- Conditional drag chain compatible
- Conditional suitability for torsion
- The materials used during manufacturing are cadmium-free, contain no silicone and are free from substances harmful to the wetting properties of lacquers

Tests

- Flame retardant acc. to DIN VDE 0482-332-1-2 / DIN EN 60332-1-2 / IEC 60332-1-2

Note

- G = with GN-YE conductor
- x = without GN-YE conductor (OZ)
- Please note "cleanroom qualified" when ordering.
- AWG sizes are approximate equivalent values. The actual cross section is in mm².
- Screened analogue type:
F-CY-JZ,
F-CY-OZ (LiY-CY),
Y-CY-JB,
Y-CY-JZ

Application

These cables are appropriate for flexible use with medium mechanical stresses, and free movement without tensile stress or forced movements in dry, moist and wet rooms but not open air. Suitable to be used as connecting and control cables in tool machines, conveyor belts, assembly lines, plant engineering, AC technology, steel production and other manufacturing environments. Selected PVC compounds guarantee good flexibility as well as an economic and fast installation.

CE = Product conforms with Low-Voltage Directive 2014/35/EU.

Part no.	No. cores x cross-sec. mm ²	Outer Ø app. mm	Cop. weight kg / km	Weight app. kg / km	AWG-No.
10001	2 x 0,5	4,8	9,6	40,0	20
10002	3 G 0,5	5,1	14,4	46,0	20
10003	3 x 0,5	5,1	14,4	46,0	20
10004	4 G 0,5	5,5	19,0	56,0	20
10005	4 x 0,5	5,5	19,0	56,0	20
10006	5 G 0,5	6,2	24,0	65,0	20
10007	5 x 0,5	6,2	24,0	65,0	20
10008	6 G 0,5	6,7	29,0	75,0	20
10009	7 G 0,5	6,7	33,6	80,0	20
10010	7 x 0,5	6,7	33,6	80,0	20
10011	8 G 0,5	7,4	38,0	97,0	20
10172	8 x 0,5	7,4	38,0	97,0	20
10012	10 G 0,5	8,6	48,0	116,0	20
10013	12 G 0,5	9,1	58,0	135,0	20
10014	12 x 0,5	9,1	58,0	135,0	20
10015	14 G 0,5	9,5	67,0	150,0	20
10183	16 G 0,5	10,0	76,0	175,0	20
10016	18 G 0,5	10,7	86,0	196,0	20
10017	20 G 0,5	11,3	96,0	215,0	20
10018	21 G 0,5	11,3	101,0	240,0	20
10019	25 G 0,5	12,6	120,0	270,0	20
10020	30 G 0,5	13,5	144,0	310,0	20
10021	32 G 0,5	14,0	154,0	323,0	20
10022	34 G 0,5	14,7	163,0	362,0	20
10023	40 G 0,5	15,3	192,0	434,0	20
10024	42 G 0,5	15,8	202,0	449,0	20
10025	50 G 0,5	17,3	240,0	513,0	20
10169	52 G 0,5	17,3	252,0	534,0	20
10026	61 G 0,5	18,5	292,0	623,0	20
10027	65 G 0,5	19,2	312,0	682,0	20
10028	80 G 0,5	21,3	384,0	780,0	20
10029	100 G 0,5	23,8	480,0	980,0	20

Continuation ▶

02.05.2019 / Dimensions and specifications may be changed without prior notice.

Anexo 7 - Base de dados Excel catálogo Português.

Nome do cabo	Descrição do cabo
JZ-500	Flexível, Condutores numerados, Marcação em metros
H05VV5-F (MYSLYo-JZ)	Flexível, condutores numerados, resistente a óleos, marcação em metros
H05VV-F	
JZ-600	0,6/1kV, flexível, condutores numerados, marcação em metros
F-CY-JZ	Flexível, blindagem em cobre, marcação em metros, aplicações EMC

Dados técnicos 1
Cabo de controlo em PVC especial de acordo com a DIN VDE 0285-525-251/ DIN EN 50525-2-51
Cabo de controlo em PVC especial com uma bainha exterior resistente a óleos, de acordo com a DIN VDE 0285-525-2-51/ DIN EN 50525-2-51 and IEC 60227/75
Cabo de controlo em PVC de acordo com a DIN VDE 0285-525-2-11/ DIN EN 50525-2-11 e IEC 60227-5
Cabo em PVC de acordo com a DIN VDE 0262 e DIN VDE 0285-525-2-51/ DIN EN 50525-2-51, com espessura de isolamento para 1kV
Cabo de controlo em PVC especial de acordo com a DIN VDE 0285-525-2-51/ DIN EN 50525-2-51

Anexo 8 - Base de dados Catálogo Português.

Nome do cabo		Descrição do cabo	Dados técnicos 1
1	IZ-500	Flexível, Condutores numerados, Marcação em metros	Cabo de controlo em PVC especial de acordo com a DIN VDE 0285-525-2-51 DIN EN 50625-2-51
2	HDSVAF-FIN-SLV-Y-ZI	Flexível, Condutores numerados, Marcação em metros	Cabo de controlo em PVC especial de acordo com a DIN VDE 0285-525-2-51 e IEC 60227-5
3	HDSV-F	Flexível, Condutores numerados, resistente a óleos, marcação em metros	Cabo de controlo em PVC especial de acordo com a DIN VDE 0285-525-2-51 e IEC 60227-5
4	IZ-600	0,6/1 kV, flexível, condutores numerados, marcação em metros	Cabo em PVC de acordo com a DIN VDE 0362 e DIN VDE 0285-525-2-51 DIN EN 50625-2-51, com espessura de isolamento para 1 kV
5	F-CY-IZ	Flexível, blindagem em cobre, marcação em metros, aplicações EMC	Cabo de controlo em PVC especial de acordo com a DIN VDE 0285-525-2-51 DIN EN 50625-2-51
6	IZ-600-Y-CY	0,6/1 kV, flexível, condutores numerados, blindado, marcação em metros, aplicações EMC	Adaptado de acordo com a DIN VDE 0265 e DIN VDE 0285-525-2-51 DIN EN 50625-2-51
7	SY-IZ	Flexível, condutores numerados, com fios de aço entrançados, marcação em metros	Cabo em PVC de acordo com a DIN VDE 0285-525-2-51 DIN EN 50625-2-51
8	IZ-500-F	Flexível, condutores numerados, com fios de aço entrançados, marcação em metros	Cabo em PVC de acordo com a DIN VDE 0285-525-2-51 DIN EN 50625-2-51
9	IZ-500-PLR	Flexível, condutores numerados, com fios de aço entrançados, marcação em metros	Cabo de controlo em PUR especial de acordo com a DIN VDE 0285-525-2-51 DIN EN 50625-2-51
10	IZ-500-FC-PUR	Aplicações EMC, resistente ao impacto e a líquidos de refrigeração, blindado, sem bainha interior, marcação em metros	Cabo de controlo em PUR especial de acordo com a DIN VDE 0285-525-2-51 DIN EN 50625-2-51
11	Y-C-C-PURD-IZ	Resistente ao impacto e a líquidos de refrigeração, blindado, com bainha interior, resistência a óleos reforçada, aplicações EMC, marcação em metros	Cabo de controlo em PUR especial de acordo com a DIN VDE 0285-525-2-51 DIN EN 50625-2-51
12	IZ-500-HH	Cabo de controlo flexível, isento de halógeno, extremamente resistente ao fogo, resistente a óleos, aplicações EMC, marcação em metros	Cabo de controlo flexível, isento de halógeno de acordo com a DIN VDE 0285-525-2-51 DIN EN 50625-2-51 e DIN VDE 0285-525-3-11 DIN EN 50625-3-11
13	IZ-600-HH	Cabo de controlo flexível, isento de halógeno, extremamente resistente ao fogo, resistente a óleos, aplicações EMC, marcação em metros	Cabo de controlo flexível, isento de halógeno de acordo com a DIN VDE 0285-525-2-51 e DIN VDE 0285-525-3-11 DIN EN 50625-3-11
14	IZ-500-HH-C	Cabo de controlo flexível, isento de halógeno, extremamente resistente ao fogo, resistente a óleos, aplicações EMC, marcação em metros	Cabo de controlo flexível, isento de halógeno de acordo com a DIN VDE 0285-525-2-51 DIN EN 50625-2-51 e DIN VDE 0285-525-3-11 DIN EN 50625-3-11
15	IZ-600-HH-C	Cabo de controlo flexível, isento de halógeno, extremamente resistente ao fogo, resistente a óleos, aplicações EMC, marcação em metros	Cabo de controlo flexível, isento de halógeno de acordo com a DIN VDE 0285-525-2-51 e DIN VDE 0285-525-3-11 DIN EN 50625-3-11
16	IZ-600-HH-C	Cabo de controlo flexível, isento de halógeno, extremamente resistente ao fogo, resistente a óleos, aplicações EMC, marcação em metros	Cabo de controlo flexível, isento de halógeno de acordo com a DIN VDE 0285-525-2-51 e DIN VDE 0285-525-3-11 DIN EN 50625-3-11
17	IZ-BL	Bainha exterior em azul, flexível, marcação em metros	Cabo de PVC de acordo com a DIN VDE 0285-525-2-51 DIN EN 50625-2-51
18	DE-BL-PAAR-CY	Bainha exterior em azul, marcação em metros, aplicações EMC	Cabo de PVC de acordo com a DIN VDE 0285-525-2-51 DIN EN 50625-2-51
19	TRONC-LV-Y	Flexível, condutores coloridos de acordo com a DIN 47100, marcação em metros	Cabo de dados em PVC especial de acordo com a DIN VDE 0812
20	PAAR-TRONC	Flexível, condutores coloridos de acordo com a DIN 47100, marcação em metros	Cabo de dados em PVC especial de acordo com a DIN VDE 0812 e DIN VDE 0812 e DIN VDE 0812 e DIN VDE 0812
21	PAAR-TRONC-CY	Aplicações EMC, flexível, blindagem em cobre, condutores coloridos de acordo com a DIN 47100, marcação em metros	Cabo de dados em PVC especial de acordo com a DIN VDE 0812 e DIN VDE 0812 e DIN VDE 0812 e DIN VDE 0812
22	TRONC-CY-LV-CY	Flexível, condutores coloridos de acordo com a DIN 47100, blindado, marcação em metros, aplicações EMC	Cabo de dados em PVC especial adaptado a DIN VDE 0812

Anexo 10 - Ficha técnica F-CY-JZ.

Flexible Control Cables / PVC Control Cables

F-CY-JZ flexible, Cu-screened, EMC-preferred type, meter marking



Technical data

- Special-PVC control cable adapted to DIN VDE 0285-525-2-51 / DIN EN 50525-2-51
- **Temperature range**
flexing -10°C to +80°C
fixed installation -40°C to +80°C
- **Nominal voltage** U_0/U 300/500 V
- **Test voltage**
core/core 4000 V
core/screen 2000 V
- **Breakdown voltage** min. 8000 V
- **Insulation resistance**
min. 20 MΩm x km
- **Mutual capacitance**
acc. to different cross-sections
0,5 up to 2,5 mm²:
core/core approx. 150 nF/km
core/screen approx. 270 nF/km
- **Coupling resistance**
max. 250 Ωm/km
- **Minimum bending radius**
flexing 10x cable Ø
fixed installation 5x cable Ø
- **Radiation resistance**
up to 80x10⁶ cJ/kg (up to 80 Mrad)

Cable structure

- Bare copper-conductor, to DIN VDE 0295 cl.5, fine-wire, BS 6360 cl.5, IEC 60228 cl.5
- Core insulation of special PVC compound type Z 7225
- Core identification to DIN VDE 0293 black cores with continuous white numbering
- GN-YE conductor, 3 cores and above in the outer layer
- Cores stranded in layers with optimal lay-length
- Foil separator
- Tinned copper braided screening, approx. 85% coverage
- Outer sheath of special PVC compound type TM2 to DIN VDE 0207-363-4-1 / DIN EN 50363-4-1
- Sheath colour grey (RAL 7001)
- With meter marking

Properties

- Extensively oil resistant, oil-/chemical resistance see table Technical Informations
 - The materials used in manufacture are cadmium-free and contain no silicone and free from substances harmful to the wetting properties of lacquers
- Tests**
- PVC self-extinguishing and flame retardant acc. to DIN VDE 0482-332-1-2, DIN EN 60332-1-2, IEC 60332-1 (equivalent DIN VDE 0472 part 804 test method B)

Note

- G = with green-yellow conductor
x = without green-yellow conductor (OZ)
- Please note the cleanroom qualification when ordering. For more information, see introduction.
- AWG sizes are approximate equivalent values. The actual cross-section is in mm².
- unscreened analogue type:
JZ-500, confer page 30

Application

For use as a data cable in control circuits, in tool-making and machine industries as well as a signal cable in computer systems and electronics. The more usual PVC inner sheath has been replaced in these cables by a stabilising foil separator, thus reducing the total diameter of the cables considerably and thereby reducing the bending radius, total weight etc. The high covering percentage of the copper screening offers interference-free signal transfer etc. The dense screening assures disturbance-free transmission of all signals and impulses. An ideal disturbance-free control cable for the above application.

EMC = Electromagnetic compatibility

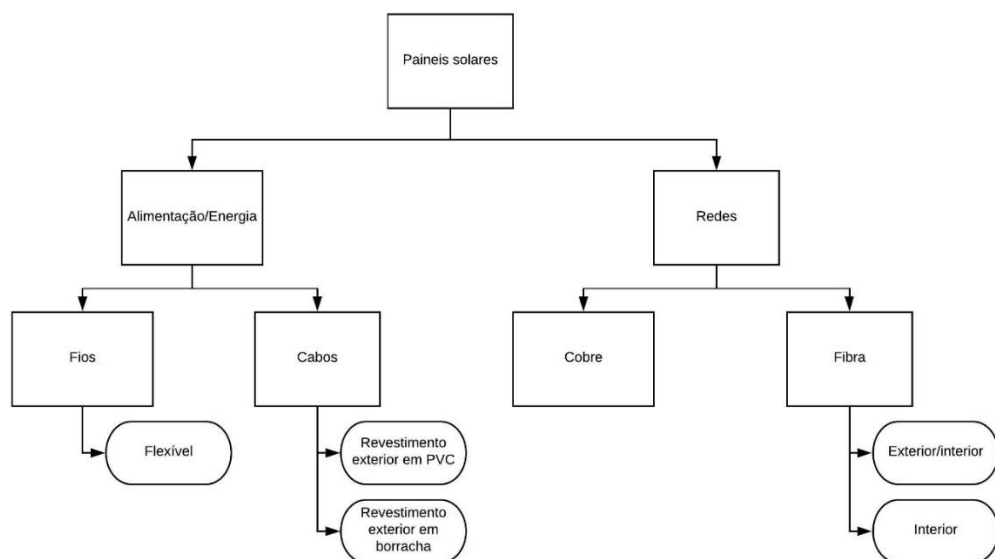
To optimize the EMC features we recommend a large round contact of the copper braiding on both ends.

CE= The product is conformed with the EC Low-Voltage Directive 2006/95/EC.

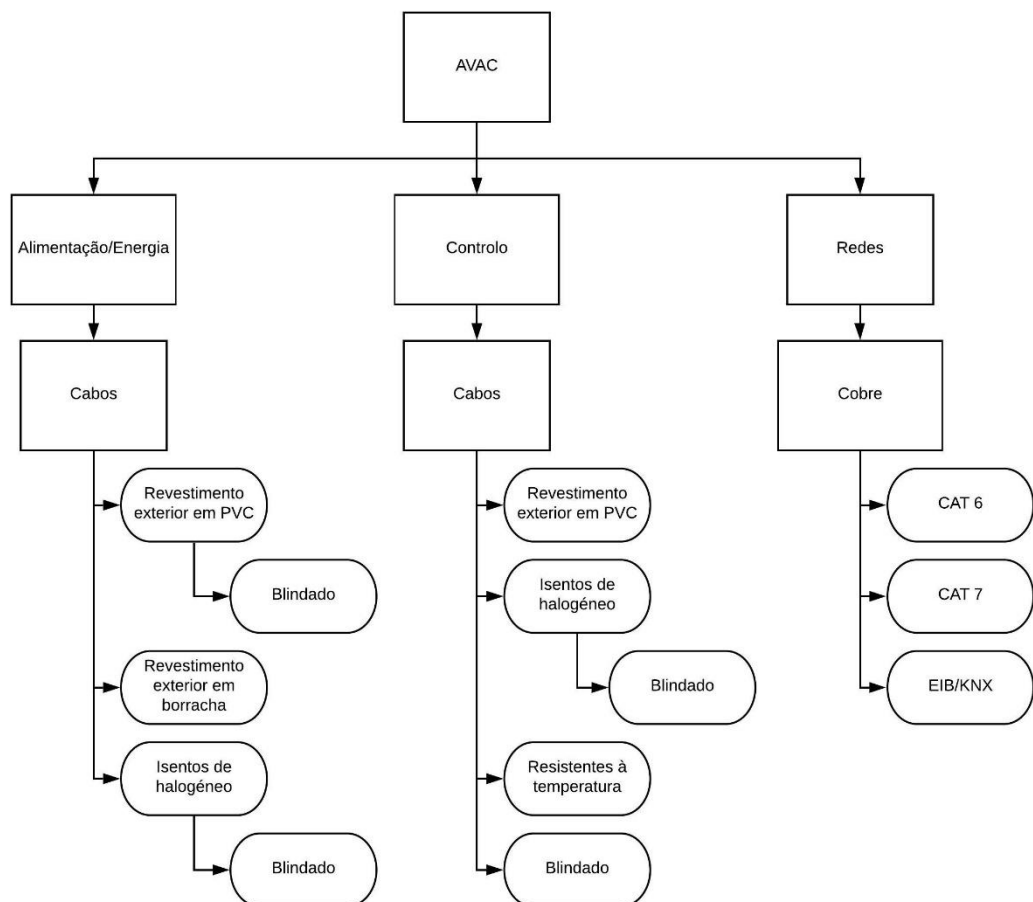
Part no.	No. cores x cross-sec. mm ²	Outer Ø approx. mm	Cop. weight kg / km	Weight approx. kg / km	AWG-No.	Part no.	No. cores x cross-sec. mm ²	Outer Ø approx. mm	Cop. weight kg / km	Weight approx. kg / km	AWG-No.
16320	2 x 0,5	5,7	35,0	45,0	20	16333	21 G 0,5	12,3	188,0	250,0	20
16321	3 G 0,5	5,9	42,0	55,0	20	16334	24 G 0,5	13,6	235,0	300,0	20
16322	4 G 0,5	6,4	47,0	61,0	20	16335	25 G 0,5	13,7	240,0	314,0	20
16323	5 G 0,5	6,9	56,0	74,0	20	16336	30 G 0,5	14,4	295,0	360,0	20
16324	6 G 0,5	7,6	67,0	89,0	20	16337	32 G 0,5	14,9	301,0	425,0	20
16325	7 G 0,5	7,6	69,0	98,0	20	16165	34 G 0,5	15,6	312,0	433,0	20
16326	8 G 0,5	8,1	80,0	117,0	20	16338	36 G 0,5	15,6	318,0	446,0	20
16327	10 G 0,5	9,6	94,0	135,0	20	16339	40 G 0,5	16,4	343,0	475,0	20
16328	12 G 0,5	9,7	108,0	157,0	20	16490	41 G 0,5	16,5	348,0	486,0	20
16329	14 G 0,5	10,2	116,0	190,0	20	16340	50 G 0,5	18,5	406,0	573,0	20
16330	16 G 0,5	11,0	129,0	210,0	20	16341	61 G 0,5	19,7	508,0	653,0	20
16331	18 G 0,5	11,5	145,0	217,0	20	16342	80 G 0,5	22,6	680,0	784,0	20
16332	20 G 0,5	12,3	172,0	240,0	20	16343	100 G 0,5	24,9	804,0	995,0	20

Anexo 11 - Categorias ferramenta Helukabel.

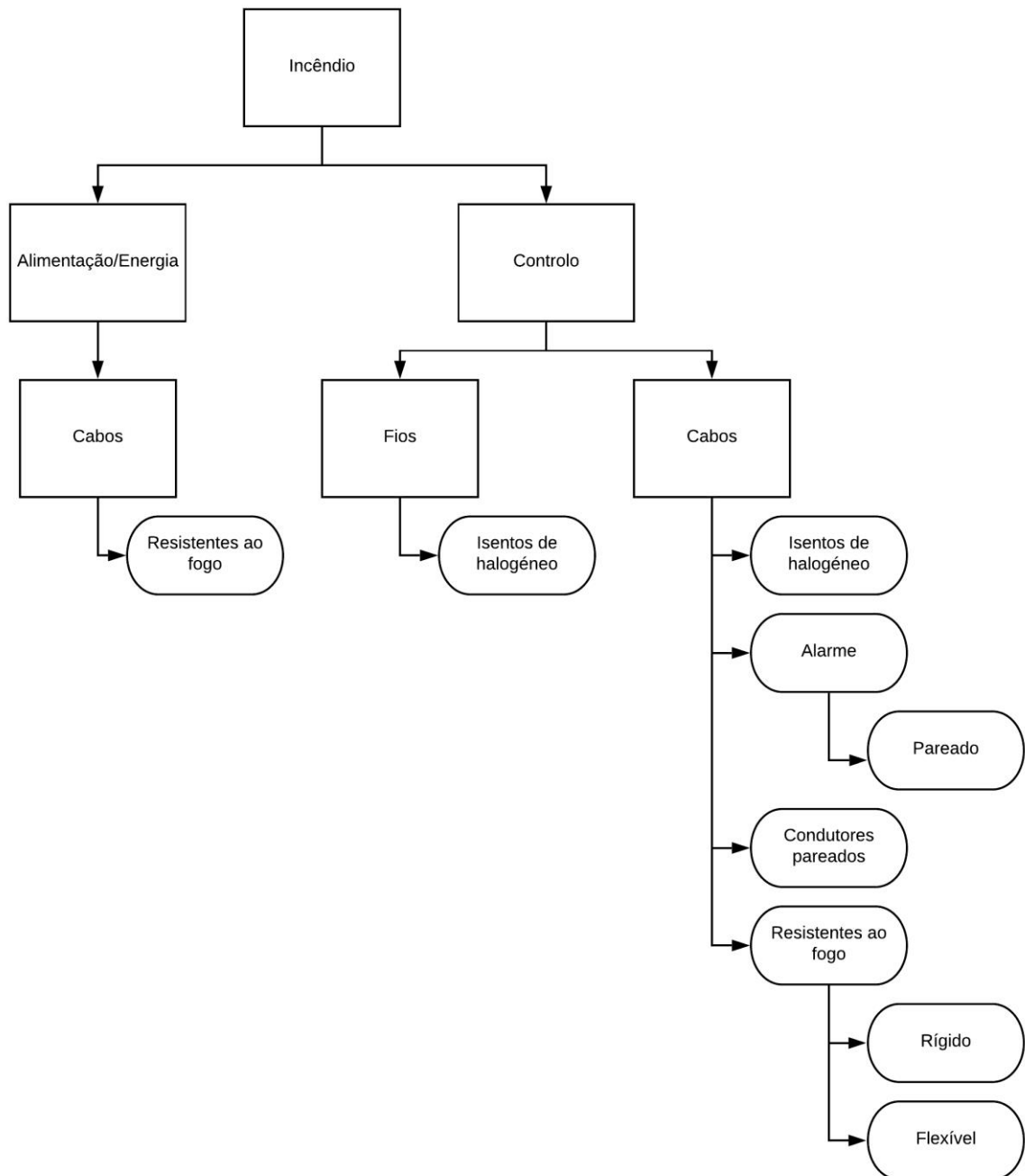
Painéis solares



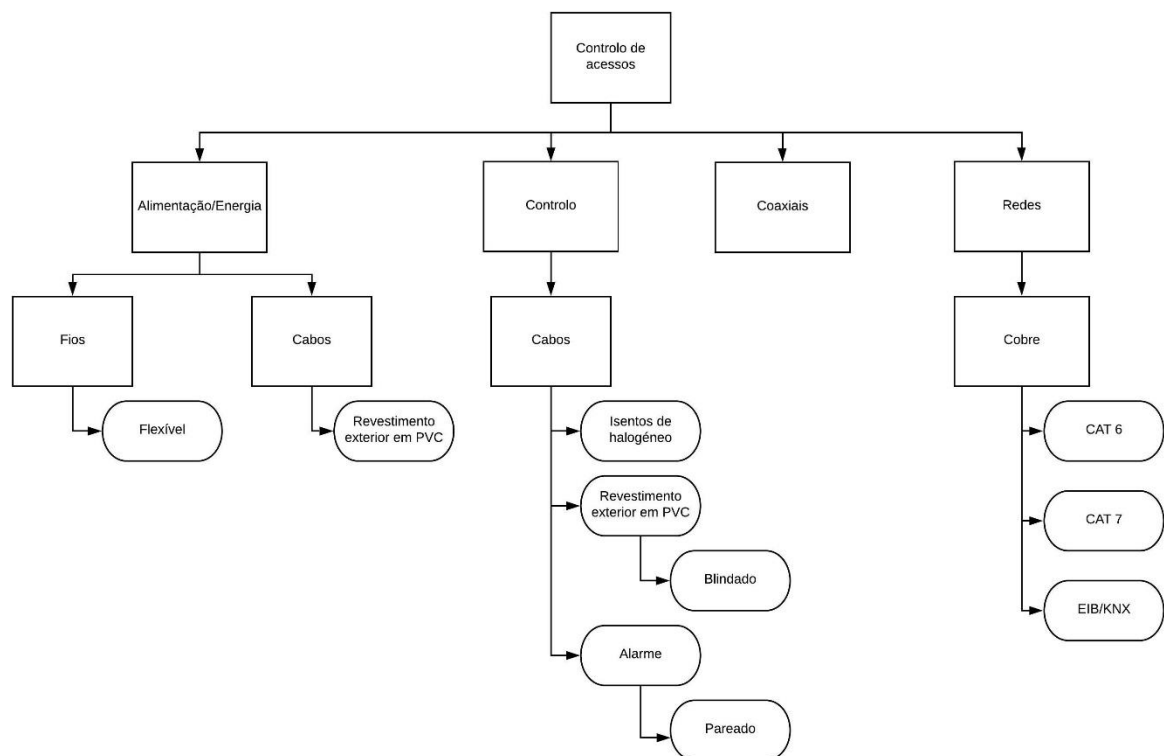
AVAC



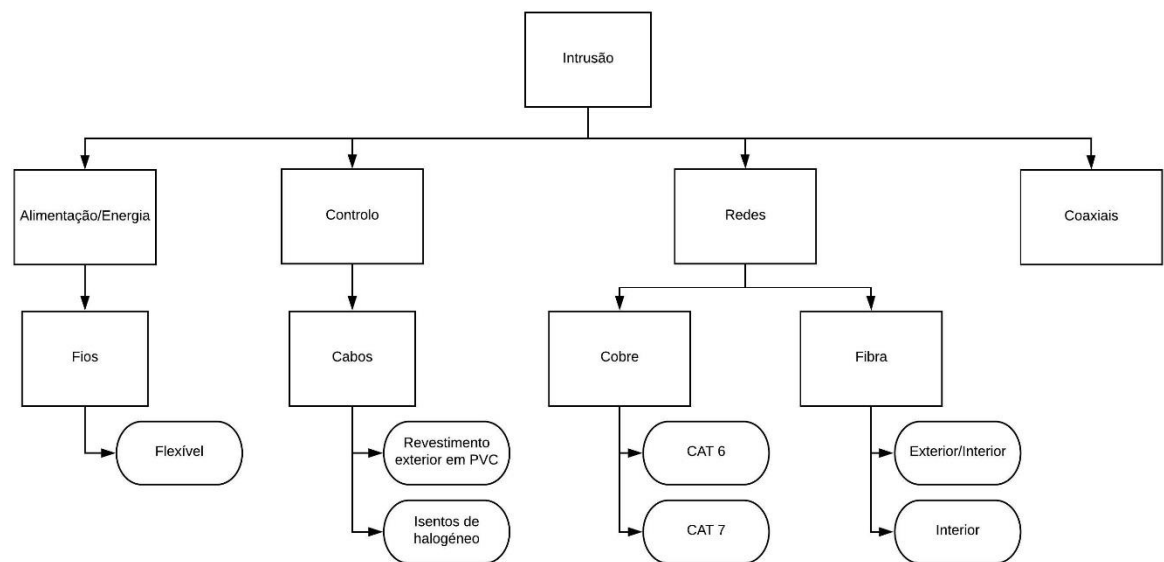
Incêndio



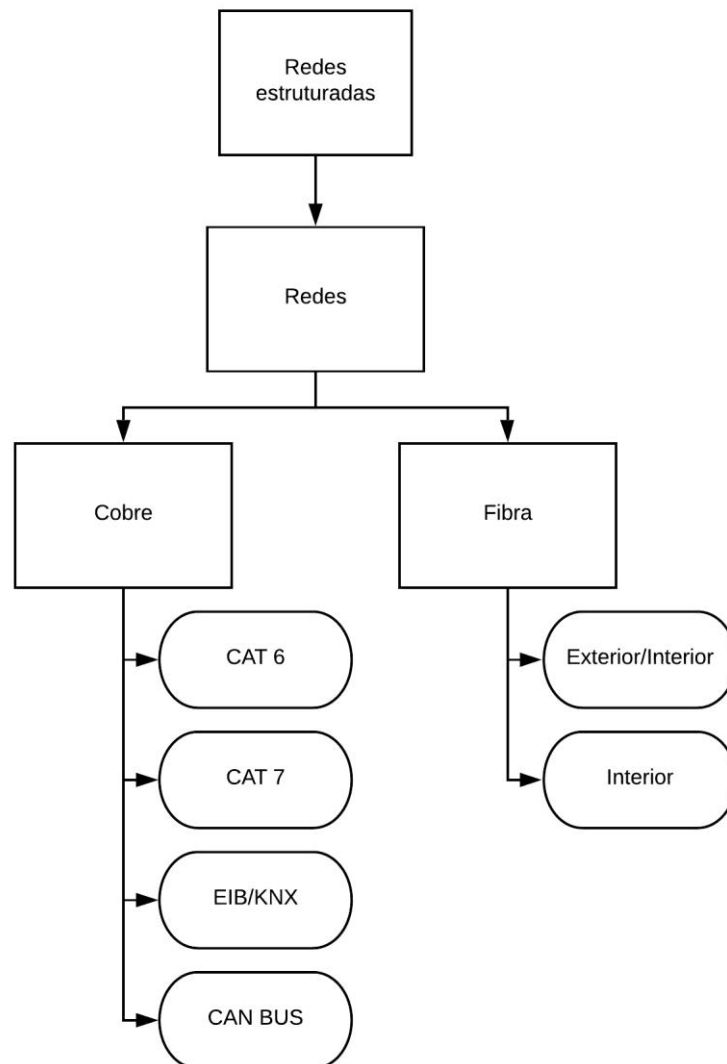
Controlo de acessos



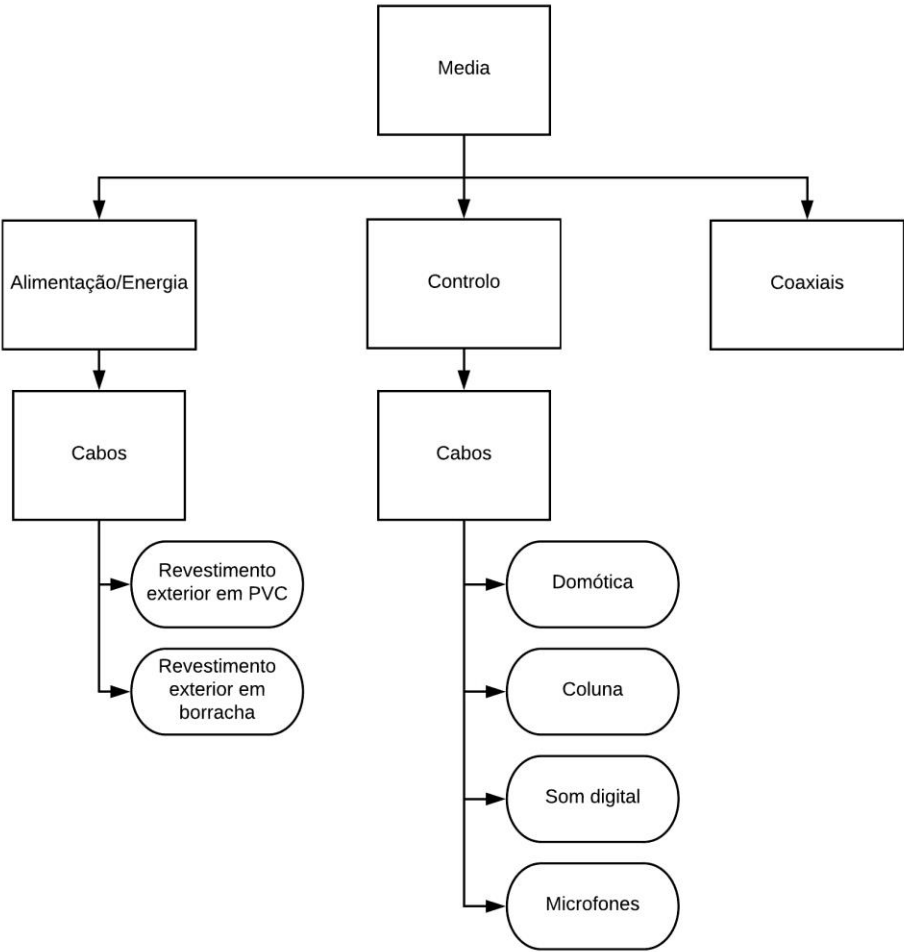
Intrusão



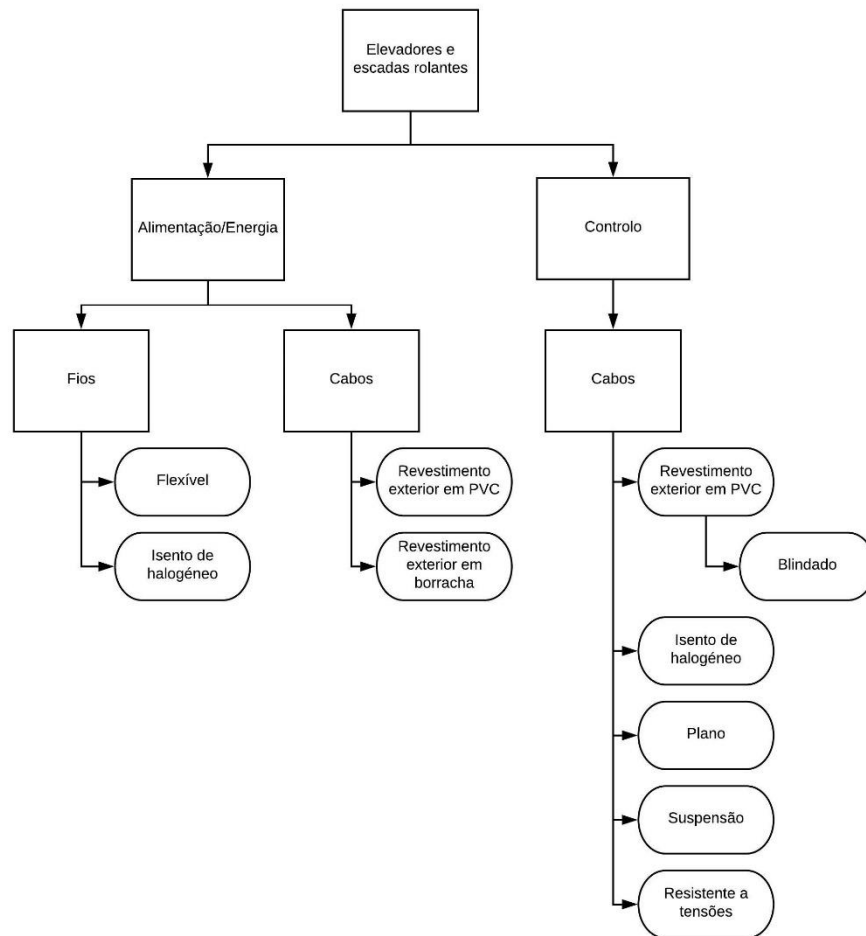
Redes estruturadas



Media



Elevadores e escadas rolantes



Parque de estacionamento

