



Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E
BIOLÓGICA

Desenvolvimento e Estruturação de um Dossier Técnico para Escadas Fixas em Câmaras de Visita segundo a Norma NP EN14396:2009

Trabalho de Projeto para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Autor

Pedro Daniel Oliveira Quinteiro

Orientador

Professor Doutor Hugo David Nogueira Raposo

Supervisor na empresa H2TEC

João Filipe Marques da Silva



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, outubro, 2025

AGRADECIMENTOS

Na conclusão deste ciclo, expresso a minha mais sincera gratidão a todas as pessoas e instituições que, de diferentes formas, contribuíram para a realização do presente trabalho.

Em primeiro lugar, agradeço à H2TEC pela oportunidade de desenvolver este projeto em paralelo com o exercício das minhas funções. De forma especial, ao Eng. Rafael Martinho, pela confiança demonstrada desde o início e por ter abraçado a ideia de concretizar este trabalho no seio da empresa.

Ao Eng. João Silva, um agradecimento especial pelo apoio prestado, pela partilha de conhecimento e pelo acompanhamento dedicado ao longo de todo o processo, fatores determinantes para a concretização deste trabalho.

Ao meu orientador, Professor Doutor Hugo Raposo, manifesto o meu profundo agradecimento pela disponibilidade, pelo acompanhamento atento e pelo incentivo constante durante a elaboração do presente trabalho.

À minha família, em especial aos meus pais, irmãos e cunhadas, agradeço pelo apoio incondicional e pela coragem transmitida em todas as etapas deste percurso. Um reconhecimento especial ao meu irmão, Tiago Quinteiro, verdadeiro pilar do meu trajeto académico, pela força, pelo incentivo e por acreditar sempre no meu potencial.

À minha namorada, expresso um agradecimento sentido por ter sido o meu porto de abrigo, pela motivação, pelo carinho e pelo companheirismo que foram fundamentais ao longo de todo o meu percurso académico.

Por último, agradeço aos meus amigos, colegas de curso, colegas de trabalho e a todos os professores que, de diferentes formas, contribuíram para o meu crescimento pessoal e académico.

RESUMO

O presente trabalho tem como propósito a elaboração de um dossier técnico para escadas fixas em câmaras de visita, em conformidade com os requisitos da norma NP EN 14396:2009 e restante documentação aplicável. O estudo tem início com uma análise normativa abrangente, incluindo a avaliação do Regulamento (EU – European Union) nº 305/2011, da marcação CE, da normalização e de princípios de gestão da qualidade, de modo a identificar os requisitos técnicos e de segurança necessários para a colocação do produto no mercado.

A metodologia utilizada resultou da combinação de análise documental com um caso de estudo prático, que incluiu a elaboração do dossier técnico e o desenvolvimento do próprio produto. Para este propósito, recorreu-se a ferramentas de modelação tridimensional e de simulação estrutural, possibilitando a validação do desempenho do produto e a adequação dos materiais selecionados. O dossier técnico elaborado integra documentação essencial, tais como a avaliação de riscos, lista de materiais, desenhos de fabrico, ficha técnica, instruções de montagem e utilização, plano de transporte, controlo de produção e declarações de conformidade e desempenho.

Os resultados obtidos permitem estruturar uma base técnica robusta, que faz a junção da análise normativa à prática na engenharia, estabelecendo uma base sólida para a certificação e lançamento do produto no mercado. Apesar de algumas fragilidades identificadas, como a ausência de ensaios experimentais em protótipos físicos, o trabalho fornece contributos relevantes tanto para a empresa, ao auxiliar a introdução do produto no mercado, como para o meio académico, ao reforçar a ligação entre a teoria normativa e a sua aplicação prática em engenharia.

Palavras-chave: Dossier Técnico, NP EN 14396:2009, Escadas Fixas, Desenvolvimento de Produto

ABSTRACT

This work aims at the development of a technical file for fixed ladders for manholes, in compliance with the requirements of NP EN 14396:2009 and other applicable documentation. The study begins with a comprehensive normative analysis, including the assessment of Regulation (EU-European Union) No. 305/2011, CE marking, standardization, and quality management principles, in order to identify the technical and safety requirements necessary for placing the product on the market.

The adopted methodology combined documentary analysis with a practical case study, which involved the preparation of the technical file and the development of the product itself. For this purpose, 3D modeling and structural simulation tools were used, enabling the validation of product performance and the suitability of selected materials. The resulting technical file integrates essential documentation, such as risk assessment, bill of materials, manufacturing drawings, technical datasheet, assembly and user instructions, transport plan, production control and conformity and performance declarations.

The obtained results allowed the structuring of a robust technical foundation, combining normative analysis with engineering practice, and establishing a solid basis for product certification and market introduction. Despite some identified limitations, in particular, the lack of testing carried out on physical prototypes, the work provides relevant contributions both for the company, by supporting the product's market introduction, and for academia, by reinforcing the connection between normative theory and its practical application in engineering.

Keywords: Technical File, NP EN 14396:2009, Fixed Ladders, Product Development

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
ÍNDICE.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABELAS.....	xv
SIMBOLOGIA.....	xvii
SIGLAS E ABREVIATURAS	xix
1 Introdução	21
1.1 Objetivos e Metodologia do Trabalho	21
1.2 Estrutura do Relatório de Projeto.....	22
2 Estado de Arte	23
2.1 Normalização.....	23
2.2 Auditorias	24
2.3 Certificação e Marcação CE.....	26
2.4 Norma NP EN ISO 9001 – Sistemas de Gestão de Qualidade.....	27
2.5 O que são as Normas Harmonizadas?	30
2.6 Norma NP EN 14396 – Escadas Fixas para Câmaras de Visita.....	30
2.7 Regulamento nº 305/2011	33
2.7.1 Declaração de Desempenho (Artigo 4º).....	34
2.7.2 Conteúdo da Declaração de Desempenho (Artigo 6º)	34
2.7.3 Princípios Gerais e Utilização da Marcação CE (Artigo 8º)	35
2.7.4 Deveres dos Fabricantes (Artigo 11º).....	35
2.7.5 Avaliação da Regularidade do Desempenho (Artigo 28º)	35
2.7.6 Declaração de Desempenho (Anexo III)	36
2.7.7 Avaliação da Regularidade do Desempenho (Anexo V)	37
2.8 Análise Estrutural: Método dos Elementos Finitos.....	37
2.9 Momento Fletor	39
3 Apresentação do grupo H2TEC.....	40
4 Caso de estudo / trabalho desenvolvido	48
4.1 Elaboração de um Dossier Técnico.....	48

4.2	Normas Aplicáveis ao Produto	49
4.3	Avaliação de Riscos.....	50
4.3.1	Identificação dos Riscos	51
4.3.2	Análise dos Riscos	52
4.3.3	Avaliação dos Riscos.....	53
4.4	Lista de Peças.....	58
4.5	Fluxograma do Processo Produtivo	60
4.6	Conceção do Produto.....	62
4.6.1	Modelação Tridimensional do Equipamento.....	63
4.6.2	Desenhos de Fabrico do Equipamento.....	65
4.7	Testes – Simulação.....	69
4.7.1	Ensaio da Força Vertical nos Degraus.....	69
4.7.2	Ensaio de Resistência dos Montantes das Escadas (Anexo C).....	73
4.7.3	Cálculo da Resistência dos Pontos de Cravação (Anexo E)	76
4.7.4	Cálculo da Resistência das Escadas Fixas (Anexo F).....	80
4.8	Marcação / Chapa Característica	85
4.9	Ficha Técnica.....	86
4.10	Instruções de Montagem e Utilização	90
4.11	Plano de Transporte	93
4.12	Controlo de Produção	98
4.13	Declaração de Desempenho.....	101
4.14	Declaração de conformidade.....	101
5	trabalhos futuros	104
6	Conclusões.....	106
7	Referências bibliográficas.....	108
	Anexos	111
	Anexo I – Ensaio da força vertical dos degraus	111
	Anexo II – Ensaio da resistência dos montantes	113
	Anexo III – Ensaio da resistência dos montantes.....	114
	Anexo IV – Cálculo da resistência das escadas fixas.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas de desenvolvimento de uma norma (adaptado de Santos & Niz, 2024).....	24
Figura 2 - Princípios para o bom funcionamento das auditorias internas Fonte: (APOpartner, 2025).....	25
Figura 3 - Simbologia da marcação CE Fonte: Diretiva 93/68/CEE (União Europeia, 1993).....	27
Figura 4 – Estrutura da declaração de desempenho Fonte: (Regulamento (UE) No 305/2011, n.d.).....	36
Figura 5 - Sistemas de avaliação de desempenho Fonte: (Universidade de Coimbra, 2025).....	37
Figura 6 - Forma geométrica dos elementos Fonte: (Quinteiro, Gonçalves, & Silva, 2023).....	38
Figura 7 – Instalações H2TEC	40
Figura 8 - Análise química de efluente a tratar.....	41
Figura 9 - Projeto de ETAR.....	41
Figura 10 - Tubagens câmara de manobras.....	42
Figura 11 - Reabilitação de filtro	43
Figura 12 – Grade semi vertical.....	44
Figura 13 - Crivo rotativo.....	44
Figura 14 - Crivo estático	45
Figura 15 – Organograma da empresa.....	46
Figura 16 - Fases do processo avaliação de riscos.....	51
Figura 17 – Esquema referente à BOM das escadas.....	59
Figura 18 – BOM do produto em estudo.....	59
Figura 19 - Legenda do fluxograma	60
Figura 20 - Fluxograma do processo produtivo do equipamento.....	61
Figura 21 - Dimensões das escadas Fonte: (Escadas Fixas Para Câmaras de Visita, 2009).....	62
Figura 22 - <i>Sketch</i> arco dorsal.....	63
Figura 23 – Modelação tridimensional arco dorsal	63
Figura 24 - Modelo final escadas	65
Figura 25 – Desenho de quinagem para os degraus.....	66

Figura 26 - Desenhos de preparação das peças do guarda-corpos.....	67
Figura 27 - Desenhos de montagem de diferentes módulos.....	68
Figura 28 - Desenho de montagem com medidas gerais.....	68
Figura 29 – Teste a realizar aos degraus Fonte: (Escadas Fixas Para Câmaras de Visita, 2009).....	69
Figura 30 - Parâmetros de simulação definidos para teste dos degraus	70
Figura 31 – Convergência dos deslocamentos para o teste dos degraus	72
Figura 32 - Teste a realizar aos montantes Fonte: (Escadas Fixas Para Câmaras de Visita, 2009).....	73
Figura 33 - Parâmetros de simulação definidos para o teste dos montantes.....	74
Figura 34 - Convergência dos deslocamentos.....	76
Figura 35 - Montagem para simulação da resistência dos pontos de cravação.....	77
Figura 36 - Condições fronteira definidas no <i>software</i>	78
Figura 37 – Convergência dos deslocamentos pontos de cravação	80
Figura 38 – Momento fletor a aplicar em escadas fixas com dois montantes Fonte: (Escadas Fixas Para Câmaras de Visita, 2009)	81
Figura 39 - Condições fronteira definidas no <i>software</i>	82
Figura 40 - Convergência dos deslocamentos - Resistência das escadas	84
Figura 41 - Exemplo de marcação CE no produto.....	85
Figura 42 – Maquete chapa característica.....	86
Figura 43 - Exemplo da marcação CE na documentação das escadas	87
Figura 44 – 1ª página da ficha técnica do produto	88
Figura 45 - 2ª página da ficha técnica do produto.....	89
Figura 46 – Instruções de montagem / utilização (1ª página)	91
Figura 47 - Instruções de montagem / utilização (2ª página)	92
Figura 48 - Instruções de montagem / utilização (3ª página)	93
Figura 49 - Plano de transporte (1ª Página).....	95
Figura 50 - Plano de transporte (2ª Página).....	96
Figura 51 - Plano de transporte (3ª Página).....	97
Figura 52 - Aspeto da superfície durante o processo de soldadura	99
Figura 53 – Dimensão dos degraus do produto	99
Figura 54 – Escadas após o processo de passivação.....	100
Figura 55 – Exemplo de marcação do produto de construção	100

Figura 56 – Modelo da declaração de conformidade..... 103

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Estrutura do regulamento	33
Tabela 2 – Estrutura do dossier técnico	49
Tabela 3 – Identificação dos riscos	52
Tabela 4 – Análise de riscos (Identificação das consequências)	53
Tabela 5 - Probabilidade de ocorrência do risco	54
Tabela 6 - Impacto da ocorrência do risco.....	54
Tabela 7 - Matriz de risco	54
Tabela 8 - Tolerância ao risco	55
Tabela 9 - Categorias da avaliação de riscos.....	56
Tabela 10 - Avaliação de riscos.....	57
Tabela 11 – Valores Obtidos para as tensões no teste dos Degraus.....	71
Tabela 12 - Valores obtidos para os deslocamentos no teste dos degraus.....	71
Tabela 13 - Valores obtidos para as tensões no teste dos montantes.....	75
Tabela 14 - Valores obtidos para os deslocamentos no teste dos montantes.....	75
Tabela 15 - Valores obtidos para as tensões - Teste dos pontos de cravação	79
Tabela 16 - Valores obtidos para os deslocamentos - Teste dos pontos de cravação	79
Tabela 17 - Valores obtidos para as tensões no teste de resistência das escadas fixas	83
Tabela 18 - Valores obtidos para os deslocamentos no teste de resistência das escadas fixas	83
Tabela 19 - Tipos de escadas fixas	87

SIMBOLOGIA

σ – Tensão de Von Mises

u – Deslocamento

F_2 – Força vertical exercida no montante

M_2 – Momento Fletor

SIGLAS E ABREVIATURAS

BOM – *Bill of Materials*

CAD – *Computer Aided Design*

CE – Conformidade Europeia

CEN – Comité Europeu de Normalização

CENELEC – Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica

EE – Estações Elevatórias (EE)

EPI – Equipamento de Proteção Individual

ETA – Estações de Tratamento de Água

ETAR – Estações de Tratamento de Águas residuais

IEC – Comissão Eletrotécnica Internacional (*International Electrotechnical Commission*)

IPQ – Instituto Português da Qualidade

ISEC – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

ISO – *International Organization of Standardization*

Itecons – Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MEGI – Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório foi elaborado no âmbito de um projeto em engenharia, inserido no Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, ministrada no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC). Este documento descreve o trabalho desenvolvido ao longo do projeto realizado na empresa H2TEC – Soluções Ambientais, S.A., unidade fabril localizada em Montemor-o-Velho, dedicada ao fornecimento de soluções de engenharia para o abastecimento, tratamento e reaproveitamento da água.

1.1 Objetivos e Metodologia do Trabalho

O presente trabalho tem como objetivo a elaboração de um dossier técnico para escadas fixas em câmaras de visita, em conformidade com os requisitos estabelecidos na norma NP EN 14396: 2009. O trabalho visa a analisar as normas aplicáveis e identificar os principais requisitos para a colocação do produto no mercado, bem como proceder à elaboração de um dossier técnico completo, incluindo documentação detalhada, avaliação de riscos, lista de materiais e desenhos de fabrico, entre outros documentos tratados ao longo deste trabalho. Paralelamente, com a elaboração do dossier técnico, foi também desenvolvido o próprio produto, através da sua projeção em 3D, da seleção criteriosa dos materiais e da preparação de toda a documentação técnica necessária à sua produção, de forma a garantir o rigor, a clareza e a adequação do dossier para o lançamento do produto no mercado.

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho assenta numa abordagem sistemática e normativa. Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica e uma análise detalhada da norma NP EN 14396:2009, e outros documentos complementares, permitindo compreender os requisitos essenciais e especificações técnicas aplicáveis ao produto. Seguiu-se um caso de estudo prático, que teve como base a elaboração do dossier técnico e desenvolvimento do produto, onde foram recolhidos dados técnicos de produtos concorrentes no mercado, incluindo dimensões, materiais, critérios de segurança e documentação técnica, com o objetivo de elaborar um dossier técnico completo.

Para auxiliar o desenvolvimento do produto, foram utilizadas ferramentas de modelação tridimensional e de análise estrutural, através do SolidWorks. A utilização destas ferramentas permite a projeção precisa do produto, a seleção criteriosa dos materiais e a preparação de desenhos de fabrico detalhados.

Por fim, foram definidos procedimentos de auditoria e avaliação de conformidade, através da realização da avaliação de riscos e da verificação do cumprimento das normas aplicáveis, assegurando que o dossier técnico respeita os requisitos normativos aplicáveis. Esta abordagem permitiu a condução deste

trabalho de forma completa, articulando a análise normativa, o desenvolvimento prático do produto e a documentação necessária para o seu lançamento no mercado.

1.2 Estrutura do Relatório de Projeto

O presente trabalho encontra-se organizado em sete capítulos principais, estruturados de forma a permitir uma leitura lógica e progressiva dos temas abordados.

Na introdução, são apresentados os objetivos que guiaram o desenvolvimento do trabalho, a metodologia utilizada e, por fim, a descrição de como o trabalho se encontra organizado.

O estado de arte, estabelece um enquadramento teórico e normativo, ao abordar conceitos fundamentais de normalização, auditorias e certificação, bem como a marcação CE. São também explorados aspetos relacionados com a norma ISO 9001, a importância das normas harmonizadas e de uma forma mais detalhada, a norma NP EN 14396, que serve de base para o presente estudo. O presente capítulo contempla ainda uma análise ao Regulamento (UE) nº 305/2011, destacando os seus artigos/anexos mais relevantes tendo em conta o tema em estudo. Por fim, este capítulo contempla uma secção dedicada à análise estrutural através do método dos elementos finitos.

No quarto capítulo, é feita uma introdução da entidade na qual o trabalho foi desenvolvido, contextualizando a sua área de atuação, missão e relevância no âmbito do projeto em análise.

O capítulo cinco, constitui o núcleo central do trabalho, onde é apresentado de forma detalhada o processo de elaboração do dossier técnico e do desenvolvimento do produto. Neste capítulo é também contemplada a conceção do produto, incluindo a modelação tridimensional, os desenhos de fabrico, os testes e simulações estruturais, bem como a documentação técnica complementar que inclui os seguintes documentos: a ficha técnica, instruções de montagem e utilização, plano de transporte, controlo de produção, marcação e respetivas declarações de desempenho e de conformidade.

No capítulo referente aos trabalhos futuros, são apresentadas as potenciais linhas de continuidade e desenvolvimento do trabalho a partir dos resultados obtidos, destacando possibilidades de melhoria e de aprofundamento do estudo.

Por fim, no capítulo sete, referente às conclusões, é feita uma síntese dos resultados obtidos, refletindo as principais contribuições do trabalho e são também apresentadas as considerações finais sobre a sua relevância e aplicabilidade.

2 ESTADO DE ARTE

2.1 Normalização

A normalização é uma atividade estruturada, inclusiva e transparente, que visa apoiar o desenvolvimento sustentável da sociedade, promovendo uma economia competitiva, equitativa, e ambientalmente mais sustentável. Ao facilitar práticas comuns e seguras no dia a dia das pessoas, a normalização contribui para simplificar o quotidiano dos cidadãos e reforçar a confiança nos produtos e serviços. Trata-se de um processo aberto à participação de todas as partes interessadas, assegurando uma representação equilibrada. A transparência do sistema garante o acesso público à informação e evita a duplicação de documentos normativos, funcionando de forma coordenada e fiável (Santos & Niz, 2024).

De acordo com Santos e Niz (2024), a normalização apresenta diversos benefícios que abrangem diferentes setores, desde económicos, técnicos a sociais. Entre eles destacam-se: a proteção dos interesses dos consumidores; a eliminação de obstáculos técnicos; a adequação dos produtos aos fins a que se destinam; a economia de matérias-primas e tempos de produção; a melhoria da comunicação entre as partes interessadas; o estabelecimento de acordos e soluções comuns; a definição de especificações técnicas para produtos e serviços; a facilitação da avaliação de conformidade; o apoio às entidades legisladoras; o incentivo à cooperação tecnológica entre países; a promoção do interesse nacional e a redução de desperdícios.

Para além das vantagens anteriormente referidas, a atividade de normalização assenta em seis princípios fundamentais: **transparência; abertura e paridade; desenvolvimento sustentável; imparcialidade e consenso; efetividade e relevância e a coerência**. Estes princípios permitem que o processo normativo decorra de forma inclusiva, equilibrada e em conformidade com as necessidades da sociedade e do mercado (Santos & Niz, 2024).

A estrutura da atividade de normalização encontra-se organizada a nível mundial em três níveis, de acordo com o âmbito de atuação das entidades envolvidas. Em primeiro lugar, os **organismos internacionais de normalização**, tal como a ISO (*International Organization of Standardization*), entidade que desenvolve normas aplicáveis globalmente. De seguida, as **organizações regionais de normalização**, tal como o CEN (Comité Européen de Normalização) que atuam em contextos geográficos específicos. Por fim, **os organismos nacionais de normalização**, como o IPQ (Instituto Português da Qualidade), responsável pela implementação de normas a nível nacional e pela representação do seu país a nível regional e internacional (Santos & Niz, 2024).

Tal como referido anteriormente, o IPQ (Instituto Português da Qualidade) é o organismo nacional de normalização em Portugal. Esta entidade representa, a

nível nacional, organizações europeias e internacionais de normalização, tais como o CEN, o CENELEC (Comité Européu de Normalização Eletrotécnica), a ISO e a IEC (*International Electrotechnical Commission*). Para além da representação institucional, o IPQ assegura também a participação efetiva de Portugal nos respetivos órgãos técnicos e grupos de trabalho dessas organizações (Santos & Niz, 2024).

A atividade de normalização deu origem às **normas**, entendidas como documentos técnicos que definem regras, características e orientações aplicáveis a produtos, serviços ou processos. Estes documentos são baseados em resultados consolidados da ciência, da tecnologia e da experiência, sendo elaborados por consenso entre as partes interessadas e aprovadas por um organismo de normalização reconhecido. O seu principal objetivo é otimizar os benefícios para a sociedade, promovendo a qualidade, a segurança e a eficiência. Embora a aplicação das normas seja, por norma, voluntária, a sua revisão periódica é obrigatória, garantindo a atualização face às evoluções tecnológicas e às necessidades do mercado (Santos & Niz, 2024).

De acordo com Santos e Niz (2024), a elaboração das normas segue um conjunto estruturado de fases, conforme ilustrado na Figura 1 abaixo apresentada.

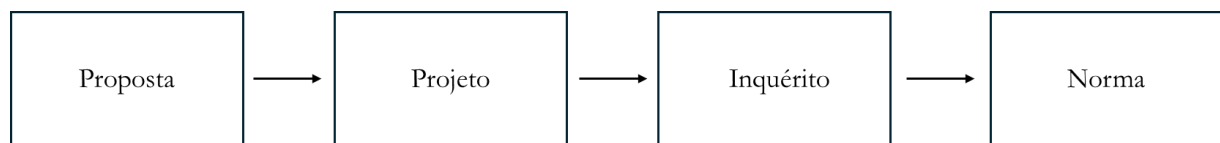


Figura 1 - Etapas de desenvolvimento de uma norma (adaptado de Santos & Niz, 2024)

A elaboração dos documentos normativos é da responsabilidade das comissões técnicas, que constituem os órgãos técnicos especializados em domínios específicos da normalização. Estas organizações são compostas por representantes das partes interessadas e possuem diversas funções, nomeadamente: presidente, secretário, vogais, observadores, filiados e um coordenador de grupo de trabalho, quando aplicável. A participação deve ser assegurada por uma representação equilibrada considerando os interesses socioeconómicos envolvidos, de modo a garantir imparcialidade e qualidade técnica no desenvolvimento normativo (Santos & Niz, 2024).

2.2 Auditorias

A norma **ISO 19011: 2018 (Diretrizes para Auditorias de Sistemas de Gestão)** define auditoria como um “processo sistemático, independente e documentado para obter evidências objetivas e avaliá-las de forma objetiva, com o intuito de determinar em que medida os critérios de auditoria são cumpridos”. Neste

contexto, a auditoria constitui um instrumento de análise e avaliação, com o propósito de promover a melhoria contínua da organização. Trata-se de um processo que compara os objetivos previamente definidos com a realidade da organização auditada, proporcionando uma visão clara do seu desempenho. Assim, as auditorias funcionam como mecanismos de diagnóstico que permitem identificar desvios, oportunidades de melhoria e pontos críticos nos processos internos, contribuindo para a melhoria contínua da organização.

Existem dois tipos principais de auditorias: auditorias internas e auditorias externas. As auditorias internas são planeadas e realizadas pela própria organização, com o objetivo de avaliar o desempenho e a conformidade dos seus processos. Funcionam como uma ferramenta de controlo interno, identificando oportunidades de melhoria, não conformidades e assegurando que os processos estão a ser executados como pretendido. Este modelo contribui para a manutenção e otimização do sistema de gestão da organização, através da análise da informação recolhida (DQS, 2025).

A norma **ISO 19011: 2018** estabelece sete princípios para fundamentais para garantir a eficácia e a confiabilidade do processo de auditoria. Estes princípios, ilustrados na figura seguinte (Figura 2), visam apoiar os sistemas de gestão auditados, fornecendo informações relevantes que podem ser utilizadas para a melhoria contínua da organização. Os princípios enunciados têm como objetivo uniformizar a condução das auditorias, criando condições para que diferentes auditores possam chegar a conclusões semelhantes em contextos equivalentes. Para além disso, promovem a atuação independente dos auditores, garantindo a imparcialidade e a consistência do processo de auditoria.

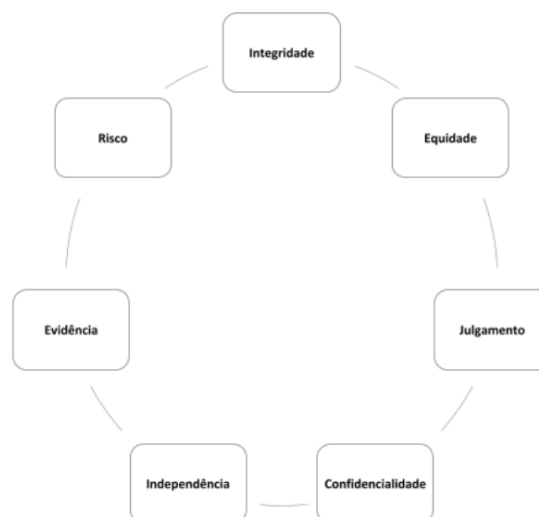


Figura 2 - Princípios para o bom funcionamento das auditorias internas
Fonte: (APOpartner, 2025)

De acordo com a norma **ISO 19011: 2018**, as auditorias externas abrangem as auditorias de segunda e de terceira parte. As auditorias de segunda parte são realizadas por entidades que possuem um interesse direto na organização auditada, como por exemplo clientes ou seus representantes. Por outro lado, as auditorias de terceira parte são conduzidas por organismos de auditoria independentes, incluindo as entidades responsáveis pela certificação ou registo de conformidade, bem como autoridades governamentais.

Sempre que é realizada uma auditoria a uma organização, é elaborado um relatório de auditoria, o qual apresenta um resumo dos resultados obtidos pelo auditor. Este documento centra-se, essencialmente, na verificação do cumprimento dos critérios de auditoria, na identificação de eventuais não conformidades e na avaliação da sua gravidade. Para além de documentar os resultados, o relatório fornece medidas corretivas e de melhoria, orientadas para a resolução dos problemas identificados durante o processo de auditoria (DQS, 2025).

2.3 Certificação e Marcação CE

A certificação de um produto consiste num procedimento destinado a garantir que um determinado produto ou serviço cumpre todos os requisitos normativos que lhe são aplicáveis (União Europeia, 2025). A certificação pode ser realizada por:

- **Auto declaração do Fabricante**, em que o próprio assume, sob sua responsabilidade, que o produto está em conformidade com os requisitos legais, emitindo uma declaração formal;
- **Certificação por entidades independentes**, também denominada de certificação de terceira parte, na qual um organismo externo e imparcial avalia e valida a conformidade do produto.

No contexto da União Europeia, a marcação CE constitui o símbolo oficial que os fabricantes aplicam nos seus produtos para declarar que estes estão em conformidade com a legislação europeia aplicável. Esta marcação está associada à conformidade com os requisitos legais essenciais relacionados com segurança, saúde pública e proteção ambiental.

A diretiva **93/68/CEE do conselho, de 22 de julho de 1993**, estabelece as regras harmonizadas relativas à aposição da marcação CE. De acordo com esta diretiva, a marcação CE é constituída pelas iniciais “CE” de acordo com a imagem seguinte (Figura 3).

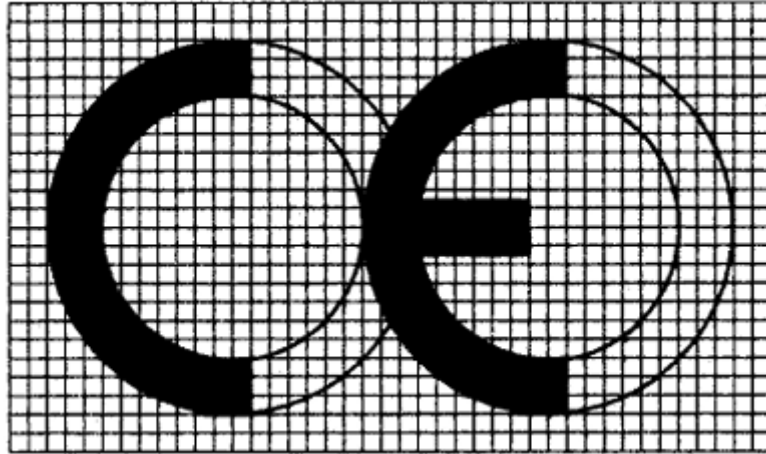


Figura 3 - Simbologia da marcação CE

Fonte: Diretiva 93/68/CEE (União Europeia, 1993)

A marcação CE deve respeitar determinadas regras gráficas: os elementos que a compõem devem ter a mesma dimensão vertical, com um limite mínimo de 5 milímetros. Em situações de ampliação ou redução, devem ser mantidas as proporções originais do grafismo.

Segundo o portal oficial da União Europeia “Ao colocar a marcação CE num produto, o fabricante declara, sob a sua exclusiva responsabilidade, que esse produto está conforme os requisitos legais da marcação CE e pode ser vendido em todo o Espaço Económico Europeu”.

Importa salientar que nem todos os produtos necessitam marcação CE. Esta só é obrigatória para produtos que se encontram abrangidos por legislação europeia específica que imponha tal requisito. Exemplos comuns incluem máquinas, produtos de construção, brinquedos, dispositivos médicos e equipamentos de proteção individual.

A responsabilidade pela marcação CE recai exclusivamente sobre o fabricante, mesmo que este recorra a terceiros durante o processo. No caso de importadores ou distribuidores, a sua responsabilidade limita-se a garantir que apenas comercializam produtos devidamente marcados e acompanhados da respetiva documentação técnica exigida (União Europeia, 2025).

2.4 Norma NP EN ISO 9001 – Sistemas de Gestão de Qualidade

A norma **NP EN ISO 9001: 2015**, com o título “Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos” tem o propósito de auxiliar a implementação e manutenção de sistemas de gestão da qualidade em organizações de qualquer setor ou dimensão. A sua função principal é garantir que os serviços/produtos fornecidos por uma

entidade cumpram os requisitos do cliente, a legislação aplicável e promovam a melhoria contínua da entidade.

O documento foi publicado em Portugal pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ), sendo uma transposição à norma europeia EN ISO 9001: 2015, fazendo parte da família ISO 9000 e representa a versão mais atualizada até aos dias de hoje, revogando assim a versão anterior de 2008.

A adoção voluntária por parte das empresas permite a certificação formal por entidades acreditadas, o reforço da confiança dos clientes, a melhoria da eficiência operacional e o cumprimento dos requisitos normativos em diversos setores, como por exemplo o produto abordado no presente estudo.

A norma baseia-se em sete princípios fundamentais da gestão da qualidade:

1. **Foco no cliente** – Compreender e satisfazer os requisitos dos clientes;
2. **Liderança** – Definir objetivos claros e alinhados com a organização;
3. **Envolvimento das pessoas** – Valorizar e integrar os colaboradores;
4. **Abordagem por processos** – Gerir atividades como processos interligados entre si;
5. **Melhoria** – Promover a melhoria contínua da organização;
6. **Tomada de decisões baseada em evidências** – Utilizar dados fidedignos para a tomada de decisão;
7. **Gestão das relações** – Desenvolver relações sustentáveis com partes interessadas.

O documento encontra-se dividido em 10 pontos, dos quais os pontos 4 a 10 contêm os requisitos obrigatórios, sendo eles:

- **Ponto 4 – Contexto da organização:** Análise das necessidades da organização, do seu ambiente interno e externo e definição do objetivo do sistema de gestão;
- **Ponto 5 – Liderança:** Papel da gestão de topo, política da qualidade e responsabilidades;
- **Ponto 6 – Planeamento:** Determinação de riscos e possíveis oportunidades, objetivos da qualidade e planeamento para os atingir;
- **Ponto 8 – Apoio:** Gestão de recursos, competências, consciencialização, comunicação e informação documentada;
- **Ponto 9 – Avaliação do desempenho:** Monitorização, auditorias internas, análise por parte da gestão;
- **Ponto 10 – Melhoria:** Gestão de não conformidades, ações corretivas e melhoria contínua.

A norma em questão foi utilizada como referência metodológica para a elaboração do dossier técnico do produto em estudo, onde os seus requisitos foram respeitados desde a fase de planeamento até à avaliação de conformidade.

Tendo por base os requisitos apresentados no ponto 6 da norma, foi realizada uma **avaliação dos riscos** relacionada com o processo produtivo do produto. Foram também definidos objetivos de qualidade, no que diz respeito à segurança do utilizador e desempenho estrutural do produto, em linha com os requisitos exigidos pela sua norma técnica (NP EN 14396).

A organização das etapas de **controlo operacional**, desde a receção de matérias-primas até à montagem final do produto, teve por base o ponto 8 da norma. Foram estabelecidos métodos de verificação, critérios de aceitação e procedimentos de registo que garantem a rastreabilidade dos componentes e a verificação da conformidade.

Um dos objetivos principais da elaboração do dossier técnico é que a **documentação esteja devidamente estruturada e rastreável**, tal como é exigido na secção 7.5 da presente norma. Para tal, todos os documentos associados ao produto, presentes no dossier técnico, foram organizados e identificados, respeitando os seguintes requisitos:

- Identificação clara do documento e sua revisão;
- Controlo de versões e alterações;
- Acesso e proteção contra alterações não autorizadas.

A avaliação de desempenho do produto e a verificação da conformidade tendo em conta as especificações técnicas a que o produto é abrangido foram realizadas com base nos critérios definidos na secção 9 do presente documento. O ponto 10 do documento também irá ser considerado futuramente quando forem implementadas ações corretivas provenientes das atualizações da avaliação de riscos e também quando forem detetadas não conformidades durante os ensaios e inspeções.

A aplicação dos conceitos abordados na norma ISO 9001: 2015 durante o processo de desenvolvimento e fabrico do produto, contribui para a construção de um sistema fiável e documentado, assegurando o cumprimento dos requisitos normativos a que o produto está submetido e também aumenta a confiança na fiabilidade e qualidade do produto final. Adicionalmente, estruturar o dossier técnico com base nesta norma, facilita o processo de certificação do produto, possibilitando que a empresa demonstre de forma clara o seu compromisso com a qualidade e a melhoria contínua do produto e da empresa.

2.5 O que são as Normas Harmonizadas?

As normas harmonizadas correspondem a “uma norma europeia aprovada com base num pedido apresentado pela Comissão tendo em vista a aplicação de legislação da União em matéria de harmonização” (Regulamento UE n° 1025/2012, 2012). A sua publicação no Jornal Oficial da União Europeia confere a presunção de conformidade dos produtos com os requisitos que abrange. A elaboração deste documento compete de forma exclusiva às organizações europeias de normalização, como por exemplo o CEN ou o CENELEC, e ocorre apenas na sequência de um pedido formal da comissão. O principal objetivo destas normas é facilitar a livre circulação de produtos no mercado interno europeu, aumentar a competitividade e alinhar-se com as políticas da União Europeia em domínios como a segurança, a inovação e a proteção ambiental (Regulamento UE n° 1025/2012, 2012).

De acordo com o regulamento n° 305/2011, as normas harmonizadas fornecem métodos e critérios de avaliação de desempenho dos produtos relativamente às suas características essenciais, incluindo pormenores técnicos necessários para a aplicação do sistema de avaliação de desempenho em vigor para a norma harmonizada em específico. Neste contexto, as normas harmonizadas são o único documento utilizado para fazer a declaração de desempenho dos produtos de construção abrangidos pelas mesmas. Os organismos europeus de normalização são as entidades responsáveis por definir o controlo de produção em fábrica a aplicar ao produto tendo em conta as suas condições específicas de fabrico (Regulamento (UE) No 305/2011, 2011).

2.6 Norma NP EN 14396 – Escadas Fixas para Câmaras de Visita

A norma **NP EN 14396: 2009**, com o título “Escadas Fixas para Câmaras de Visita”, publicada pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ), trata-se da adaptação portuguesa da norma europeia **EN 14396: 2004**. Este documento define um conjunto de requisitos técnicos aplicáveis a escadas fixas para acesso a câmaras de visita subterrâneas, bastante comuns em sistemas de águas residuais, pluviais ou em redes de abastecimento de água, com o objetivo de garantir a segurança, estabilidade e durabilidade destes produtos.

A presente norma foi elaborada pelo Comité Europeu de Normalização (CEN), com o objetivo de assegurar a conformidade do produto em questão tendo em conta as exigências técnicas da legislação europeia. Neste sentido, este documento é fulcral para fabricantes, projetistas e instaladores de escadas fixas para câmaras de visita.

O documento está estruturado em sete capítulos principais, que abordam desde o objetivo e campo de aplicação da norma até aos procedimentos para obter a conformidade do produto, inclui ainda vários anexos normativos e informativos com exemplos práticos. Neste sentido, as principais secções da norma são:

- Objetivo e campo de aplicação;
- Referências Normativas;
- Termos, definições e símbolos;
- Requisitos;
- Marcação;
- Instruções para a instalação e utilização;
- Avaliação de conformidade.

Para além dos pontos principais, a norma possui anexos de A a F, que detalham os métodos de ensaio e os cálculos estruturais a realizar ao produto, e ainda o anexo ZA, que interliga a presente norma com a diretiva europeia dos produtos de construção e da marcação CE.

O documento estabelece aspetos técnicos relevantes na ótica do fabricante, onde são abordados os seguintes pontos:

- Materiais admitidos;
- Conceção e Geometria;
- Resistência Mecânica;

No que diz respeito aos **materiais admitidos**, com o objetivo de assegurar o desempenho adequado das escadas, a norma estabelece os materiais que podem ser utilizados, em que a sua escolha deve ser realizada com base nas condições ambientais e no local de instalação. O documento aborda vários tipos de materiais, sendo eles:

- Aço estrutural (EN 10025);
- Aço inoxidável (EN 10088);
- Compósitos reforçados em fibra de vidro (EN 13706);
- Ligas de alumínio (EN 10204).

O documento ressalva ainda a necessidade de garantir a resistência à corrosão, mencionando cuidados adicionais na combinação de metais suscetíveis de provocar corrosão galvânica.

Relativamente à **conceção e geometria**, a norma contempla diversos tipos de escada, com um ou dois montantes, podendo ou não integrar sistema anti queda.

A escolha tipo de escada mais adequado depende das condições do local de instalação. Adicionalmente, são definidos requisitos de conceção que incluem:

- Largura mínima dos degraus e distância entre degraus;
- Afastamento da parede da câmara de visita;
- Superfícies antiderrapantes nos degraus e proteções laterais;
- Localização dos pontos de fixação e suportes estruturais;
- Exigência de plataformas de descanso, quando aplicável.

Os requisitos de conceção exigidos na presente norma têm como objetivo garantir a segurança e conforto no acesso e permanência dentro da câmara de visita.

A norma estabelece vários critérios para garantir a **resistência mecânica** do produto, de modo a assegurar que o mesmo resiste às cargas que estão previstas durante a sua utilização. Entre estes destacam-se:

- Ensaio de força vertical aplicada nos degraus (Anexo B);
- Ensaio da resistência dos montantes (Anexo C e D);
- Ensaio da resistência dos pontos de cravação (Anexo E);
- Ensaio da resistência do suporte e da escada (Anexo F).

Para a realização destes ensaios, a norma estabelece coeficientes de segurança mínimos que variam consoante o tipo de material utilizado na escada. No caso específico do presente estudo, em que foi utilizado aço inoxidável 316L, o coeficiente de segurança aplicável é de 1,75.

No que diz respeito à **marcação do produto**, de acordo com a norma, as escadas devem incluir uma marcação duradoura e visível, onde conste a seguinte informação:

- Identificação do fabricante (Nome ou símbolo);
- Ano de fabrico (dois últimos dígitos);
- Tipo de escada;
- Distância máxima entre suportes de fixação.

Em complemento à marcação do produto, a norma exige que o fabricante disponibilize **instruções de instalação do produto**, nas quais devem ser incluídas informações tais como o tipo de fixação, a compatibilidade com sistemas anti queda e recomendações específicas tendo em conta o ambiente de instalação do produto.

Por fim, a norma descreve de forma detalhada os requisitos necessários para demonstrar a **conformidade do produto** e proceder à aposição da **marcação CE**.

No que diz respeito à **demonstração da conformidade**, o documento aborda dois pilares fundamentais:

- **Realização de ensaios de tipo**, realizados sobre protótipos antes de iniciar a produção em série do produto;
- **Controlo de produção em fábrica**, que consiste na definição de um sistema interno de qualidade, onde são definidos procedimentos, registos e ensaios regulares, que asseguram a qualidade dos produtos fabricados.

Ao cumprir a norma de forma integral, o fabricante possui o direito de emitir uma declaração de conformidade de acordo com o regulamento europeu nº 305/2011, o que o habilita a apor a marcação CE no produto e na respetiva documentação técnica associada. A marcação CE no produto deve incluir diversas informações técnicas, como o tipo de escada, as dimensões principais, a resistência mecânica e a aplicação prevista.

2.7 Regulamento nº 305/2011

O propósito deste regulamento é estabelecer condições harmonizadas para a comercialização de produtos de construção revogando assim a diretiva 89/106/CE mencionada na norma NP EN 14396.

Este documento identifica de uma forma detalhada os deveres dos fabricantes, importadores, distribuidores, organizações de avaliação técnica e de todas as entidades que possam estar envolvidas no lançamento de um produto de construção no mercado.

Na perspetiva do fabricante, este documento transmite de uma forma detalhada todos os requisitos necessários para poder comercializar produtos de construção, abordando a documentação necessária para poder certificar o produto em questão.

O regulamento é composto por 68 artigos e 5 anexos dos quais para o presente trabalho se mostram relevantes os artigos/anexos presentes na seguinte tabela (Tabela 1). (Regulamento (UE) No 305/2011, n.d.)

Tabela 1 - Estrutura do regulamento

Número	Nome
Artigo 4º	Declaração de desempenho

Artigo 6º	Conteúdo da declaração de desempenho
Artigo 8º	Princípios gerais e utilização da marcação CE
Artigo 11º	Deveres dos fabricantes
Artigo 28º	Avaliação e verificação da regularidade do desempenho
Anexo III	Declaração de desempenho
Anexo V	Avaliação e verificação da regularidade do desempenho

2.7.1 Declaração de Desempenho (Artigo 4º)

Ao analisar este artigo foi possível concluir que um fabricante ao introduzir um produto de construção que seja abrangido por uma norma harmonizada no mercado, tem por obrigação de elaborar uma declaração de desempenho para o produto em questão com a sua colocação no mercado. Através da declaração de desempenho, o fabricante assume a responsabilidade pela conformidade do produto com o desempenho declarado.

2.7.2 Conteúdo da Declaração de Desempenho (Artigo 6º)

Neste artigo, o documento refere que a declaração de desempenho deve transmitir o comportamento dos produtos de construção relativamente às suas características de acordo com a norma harmonizada aplicada ao produto. Posto isto, a declaração de desempenho deve incluir a seguinte informação:

- Referência do produto tipo para o qual foi feita a declaração;
- Sistema de avaliação e verificação de regularidade de desempenho para o produto de construção (Presente no Anexo V do documento em análise);
- O número de referência e a data de emissão da norma harmonizada;
- A utilização prevista para o produto;
- A lista de características essenciais determinadas na especificação técnica harmonizada;
- O desempenho de pelo menos uma das características essenciais do produto de construção.

2.7.3 Princípios Gerais e Utilização da Marcação CE (Artigo 8º)

De acordo com o artigo 8º, só é possível emitir uma declaração de conformidade do produto, caso tenha sido emitido pelo fabricante uma declaração de desempenho. Ao emitir uma declaração de conformidade, o fabricante assume a responsabilidade pela conformidade do produto, garantindo o cumprimento dos requisitos aplicáveis estabelecidos na norma harmonizada e declarando o desempenho do produto de construção. Neste seguimento, a declaração CE, é o único documento que atesta a conformidade do produto.

2.7.4 Deveres dos Fabricantes (Artigo 11º)

Neste artigo, são abordados os deveres dos fabricantes ao lançar um produto no mercado, sendo eles:

- Os fabricantes devem elaborar uma declaração de desempenho e apor a marcação CE no produto;
- A documentação técnica e declaração de desempenho devem ser conservadas durante um período de 10 anos a partir da data de colocação no mercado do produto;
- Deve ser assegurado por parte dos fabricantes procedimentos de modo a garantir que a produção em série do produto mantenha o desempenho declarado;
- O fabricante deve assegurar que os produtos de construção contenham o tipo, lote ou número de série, ou outros elementos identificativos;
- Deve ser indicado por parte do fabricante o seu nome, designação/marca comercial e o seu endereço de contacto no produto;
- O fabricante deve assegurar que o produto é acompanhado de instruções e informações de segurança.

2.7.5 Avaliação da Regularidade do Desempenho (Artigo 28º)

Este artigo, refere que para proceder à avaliação e verificação da regularidade do desempenho de um produto de construção é necessário seguir um determinado sistema. O sistema ou sistemas em questão são referidos nas normas harmonizadas do produto em específico.

2.7.6 Declaração de Desempenho (Anexo III)

O Anexo III apresenta uma estrutura para a declaração de desempenho, como é possível verificar na imagem que se segue (Figura 4), que o fabricante deve seguir ao emitir a declaração de desempenho para um produto de construção.

ANEXO III

DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO

N.º

1. Código de identificação único do produto-tipo:

2. Utilização(ões) prevista(s).....
.....

3. Fabricante:

4. Mandatário:

5. Sistema(s) de avaliação e verificação da regularidade do desempenho (AVCP):.....

6A. Norma harmonizada:

Organismo(s) notificado(s):

6B. Documento de Avaliação Europeu.....

Avaliação Técnica Europeia.....

Organismo de Avaliação Técnica:.....

Organismo(s) notificado (s):.....

7. Desempenho(s) declarado(s):.....

8. Documentação Técnica Adequada e/ou Documentação Técnica Específica:

O desempenho do produto identificado acima está em conformidade com o conjunto de desempenhos declarados. A presente declaração de desempenho é emitida, em conformidade com o Regulamento (UE) n.º 305/2011, sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado acima.

Assinado por e em nome do fabricante por:

[nome].....

Em [local]em [data de emissão].....

[Assinatura].....

Figura 4 – Estrutura da declaração de desempenho

Fonte: (Regulamento (UE) No 305/2011, n.d.)

2.7.7 Avaliação da Regularidade do Desempenho (Anexo V)

O Anexo V é composto por diversos sistemas de avaliação e verificação da regularidade do desempenho de um produto, conforme ilustrado na imagem seguinte (Figura 5).

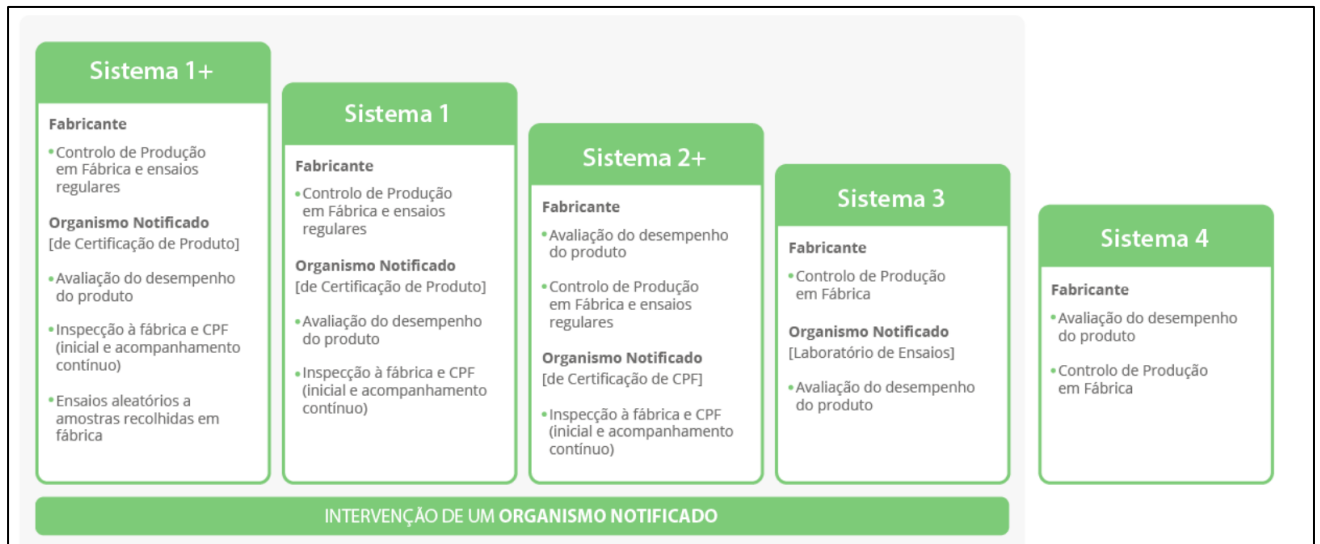


Figura 5 - Sistemas de avaliação de desempenho

Fonte: (Universidade de Coimbra, 2025)

Como se pode observar na Figura 5, existem cinco sistemas de avaliação de regularidade de desempenho, sendo que quatro exigem a intervenção de um organismo notificado. A declaração de desempenho do produto de construção é emitida com base num destes sistemas.

2.8 Análise Estrutural: Método dos Elementos Finitos

O Método dos Elementos Finitos (MEF) tem como objetivo determinar o estado de deformação e tensão de um sólido com uma geometria definida, sujeita a ações externas. Este método baseia-se na decomposição da geometria inicial em um número finito de elementos, sobre os quais se determina uma solução aproximada da solução exata do problema (Mirlisenna, 2016).

Os elementos podem assumir diferentes formas geométricas (Figura 6), tais como triangular, quadrilateral, entre outras, dependendo da sua dimensão, da complexidade da geometria e das características específicas do problema em análise. A escolha da forma e tipo de elemento influencia diretamente a qualidade da aproximação e a eficiência computacional do modelo (Mirlisenna, 2016).

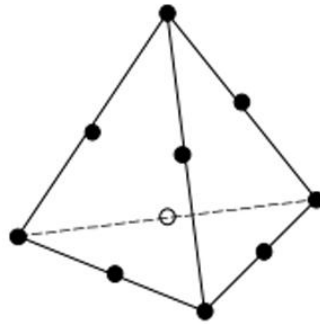


Figura 6 - Forma geométrica dos elementos

Fonte: (Quinteiro, Gonçalves, & Silva, 2023)

Os elementos estão interligados entre si através de pontos designados por nós, que, em conjunto, formam uma grelha designada como malha.

A precisão dos resultados obtidos através da aplicação deste método depende diretamente de fatores como o número de elementos, número de nós e densidade da malha. No geral, uma malha mais refinada traduz-se em resultados mais próximos da solução real, embora resulte também em resultados computacionais mais elevados (Instituto Superior de Engenharia de Coimbra - ISEC, Departamento de Mecânica, 2023).

A aplicação do método dos elementos finitos em problemas de análise estrutural segue, geralmente, a seguinte estrutura:

1. Divisão da estrutura em pequenas peças (elementos), que contêm nós nas suas extremidades;
2. Definição das propriedades físicas de cada elemento;
3. Interligação dos elementos através de nós, formando um sistema estrutural global;
4. Definição das ligações com o exterior e as solicitações existentes;
5. Resolução do sistema de equações associado às incógnitas do problema;
6. Cálculo das quantidades desejadas (tensões e deformações);

Para garantir a fiabilidade dos resultados obtidos com este método, é realizada uma análise de convergência, tanto para os deslocamentos como para as tensões. Esta análise de convergência é feita refinando a malha progressivamente e analisando os resultados ponto a ponto.

2.9 Momento Fletor

Um **momento fletor** ocorre quando uma força é aplicada a uma determinada distância relativamente a um ponto de referência, provocando uma tendência de rotação ou de curvatura num elemento estrutural (SkyCiv Engenharia, 2025). Essa distância designa-se por braço, correspondendo à distância na perpendicular entre a linha de ação da força e o ponto considerado (Jensen & Chenoweth, 1972).

A unidade do Sistema Internacional (SI) para o momento fletor é Newton metro (Nm). O seu cálculo é efetuado multiplicando o valor da força aplicada (F) pela distância do braço (b) (Jensen & Chenoweth, 1972), conforme representado na equação seguinte:

$$M = F \times b$$

Equação 1 – Momento fletor

Legenda:

- M - Momento Fletor (Nm);
- F – Força (N);
- b – Braço (m).

O momento fletor é uma grandeza fundamental na análise estrutural, uma vez que descreve a tendência de uma viga ou elemento estrutural se deformar por flexão quando sujeito a cargas externas. Em estruturas sujeitas a esforços transversais, o momento fletor varia ao longo do comprimento do elemento, tornando assim possível representar essa variação através de diagramas de momentos fletores, que permitem identificar zonas críticas de maior solicitação.

A distribuição do momento fletor nas estruturas depende das condições de apoio e do tipo de carga a que estão sujeitas. No caso das escadas fixas, que podem ser consideradas conjuntos de elementos estruturais submetidos a esforços de flexão, os momentos fletores assumem um papel fundamental na avaliação do seu comportamento mecânico. Tanto os montantes como os degraus funcionam como elementos estruturais que resistem às ações aplicadas, sendo o estudo da flexão fundamental para compreender a forma como as cargas são transmitidas e distribuídas ao longo da estrutura. A análise teórica do momento fletor nestes componentes permite, assim, prever o comportamento das escadas quando sujeitas às cargas em estudo constituindo uma etapa essencial no processo de dimensionamento e verificação estrutural.

3 APRESENTAÇÃO DO GRUPO H2TEC

O presente capítulo irá incidir sobre a H2TEC - Soluções Ambientais S.A (Figura 7), empresa onde decorreu o presente projeto deste relatório.



Figura 7 – Instalações H2TEC

Fundada em 2014, sediada em Montemor - o - Velho, com um capital social de 150 000 euros, a H2TEC - Soluções Ambientais S.A, é uma empresa dinâmica e inovadora que atua no fornecimento de soluções de engenharia para o abastecimento, tratamento e reaproveitamento de água. Com valores centrados na **excelência, transparência e integridade**, a organização tem como principal objetivo ser uma referência a nível nacional na sua área de atuação, servindo com qualidade e transparência, garantindo rentabilidade sustentável.

Com cerca de 60 trabalhadores, a H2TEC possui atualmente três áreas principais de atuação:

- Conceção e manutenção de sistemas de tratamento, reaproveitamento e distribuição de água;
- Montagens eletromecânicas e manutenção industrial;
- Fabrico e manutenção de equipamentos para o setor ambiental;

O **departamento de projeto**, a aposta mais recente da empresa, foi fundado com o objetivo de projetar sistemas de tratamento e reaproveitamento de água, nomeadamente Estações de Tratamento de Águas residuais (ETAR), Estações de Tratamento de Água (ETA), Estações Elevatórias (EE), reservatórios de água e Estações de Tratamento de Águas Residuais Industriais (ETARI). Conforme evidenciado nas figuras (Figura 8 e 9) que se seguem, o processo de

dimensionamento desenvolvido por este departamento inclui a realização de análises químicas ao efluente a tratar, a definição das soluções de tratamento adequadas e a elaboração do respetivo projeto, assegurando aos clientes da empresa uma solução completa e tecnicamente consistente.



Figura 8 - Análise química de efluente a tratar

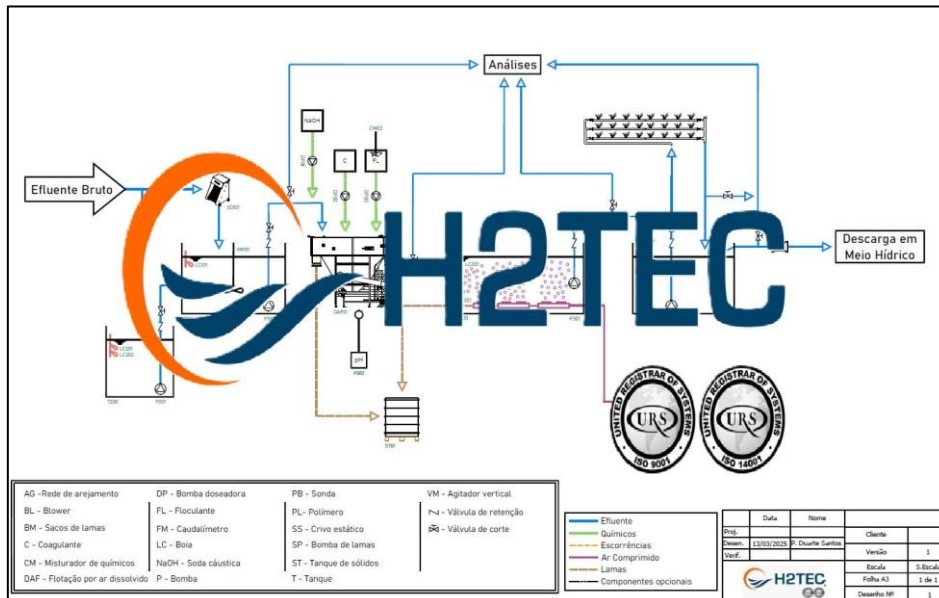


Figura 9 - Projeto de ETAR

O departamento de montagens eletromecânicas e manutenção industrial é atualmente a principal fonte de receita da empresa. A sua missão centra-

se na montagem e manutenção de máquinas e equipamentos, na fabricação e instalação de tubagens, bem como na produção de estruturas por medida. O processo de desenvolvimento tem início na fase de orçamentação, onde é orçamentada toda a obra. De seguida, o preparador de obra que desloca-se ao local de execução para realizar as medições necessárias e esclarecer eventuais dúvidas relacionadas com o projeto. Na posse de todas as informações, o preparador procede à fase de preparação da obra, que inclui a elaboração dos desenhos técnicos, a realização das encomendas e o planeamento do fabrico dos componentes que integram o projeto. Posteriormente, entra em ação o diretor de obra, responsável por garantir a execução dos trabalhos preparados previamente, assegurando também a comunicação constante com o cliente. De seguida, apresentam-se alguns exemplos de trabalhos (Figura 10 e 11) desenvolvidos por este departamento.



Figura 10 - Tubagens câmara de manobras



Figura 11 - Reabilitação de filtro

Por último, o **departamento de equipamentos** tem como principal objetivo o fabrico de soluções para o pré-tratamento de efluentes, bem como a realização de serviços de manutenção desses e de outros sistemas associados. Este departamento desempenha um papel fundamental no apoio técnico às restantes áreas da empresa.

Está estruturado em duas vertentes: orçamentação e projeto/produção. O processo inicia-se com a elaboração do orçamento, preparado de acordo com as especificações do cliente. Após a adjudicação, tem início a fase de conceção e fabrico, na qual o preparador desenvolve o desenho técnico e trata das encomendas necessárias para a produção. Durante a fase produtiva, o departamento acompanha todo o processo, assegurando a conformidade com o projeto e o padrão de qualidade que caracteriza a empresa. De seguida, apresentam-se alguns exemplos de produtos desenvolvidos por este departamento (Figuras 12, 13 e 14).



Figura 12 – Grade semi vertical



Figura 13 - Crivo rotativo



Figura 14 - Crivo estático

Com estas três áreas de atuação, o principal objetivo da H2TEC é oferecer uma solução completa, que abrange todas as fases do processo, desde o desenvolvimento do projeto, fabrico e fornecimento de equipamentos até à sua execução e posterior manutenção. Desta forma, a empresa garante um serviço integrado, adaptado às necessidades específicas de cada cliente orientado para a qualidade, eficiência e sustentabilidade.

De seguida, é apresentado o organograma (Figura 15) da área operacional da empresa, que referencia todos os departamentos mencionados anteriormente, constituído atualmente por 15 colaboradores.



Figura 15 – Organograma da empresa

Ao longo da realização deste projeto, desempenhei funções no departamento de equipamentos. As minhas principais responsabilidades incluíram a orçamentação, elaboração de documentação técnica, o desenvolvimento e o projeto de equipamentos, bem como a elaboração de desenhos de fabrico. Paralelamente, tive como base para este trabalho o desenvolvimento de um produto de construção (escadas) e a elaboração do respetivo dossier técnico. Estas atividades contribuíram de forma significativa para o meu desenvolvimento profissional, permitindo-me aprofundar os conhecimentos teóricos adquiridos ao longo da formação, e para o meu crescimento pessoal, através da interação direta com processos e desafios reais da área.

4 CASO DE ESTUDO / TRABALHO DESENVOLVIDO

4.1 Elaboração de um Dossier Técnico

Segundo a comissão europeia (2025), o dossier técnico de um produto contém informação relativamente ao seu design, fabrico e operação. Este conjunto de documentos deve também conter todos os detalhes necessários para demonstrar que o produto está em conformidade com os requisitos aplicados ao mesmo.

Na ótica do fabricante, existem algumas regras que devem ser consideradas ao colocar um produto no mercado, tais como:

- A documentação técnica deve ser preparada antes de colocar o produto no mercado;
- Garantir que a documentação técnica é válida para as entidades competentes logo que produto seja colocado no mercado;
- A documentação técnica deve ser mantida durante 10 anos a partir do momento que o produto é colocado no mercado.

Na elaboração de um dossier técnico é necessário garantir a seguinte informação:

- Nome e morada do fabricante;
- Descrição do produto;
- Identificação do produto, como por exemplo o seu número de série;
- Nome e morada das entidades envolvidas no design e fabrico do produto;
- Nome e morada da entidade envolvida na avaliação da conformidade do produto;
- Uma declaração do procedimento de avaliação de conformidade que foi seguido;
- Declaração de conformidade;
- Etiqueta/Rótulo e instruções de utilização;
- Uma declaração que identifique as normas com as quais o produto está em conformidade;
- Identificação das normas com a qual a conformidade é requerida;
- Lista de peças;
- Resultados dos testes.

Neste seguimento, foi elaborada a seguinte estrutura (Tabela 2) para proceder ao desenvolvimento do dossier técnico:

Tabela 2 – Estrutura do dossier técnico

Estrutura dossier técnico
1 - Normas aplicáveis ao produto;
2 - Avaliação de riscos;
3 - Lista de peças;
4 - Fluxograma do processo;
5 - Conceção;
6 - Testes;
7- Identificação;
8 - Ficha técnica;
9 - Instrução de montagem e utilização;
10 - Plano de transporte;
11 - Controlo de Produção;
12 - Declaração de desempenho;
13 - Declaração de conformidade;
14 – Controlo de garantias;
15 – Não conformidades;

4.2 Normas Aplicáveis ao Produto

Para a elaboração do dossier técnico do produto, foi necessário realizar um estudo aprofundado das normas aplicáveis, com o objetivo de garantir a conformidade com os requisitos técnicos e regulamentares em vigor. Neste seguimento, procedeu-se a uma pesquisa sistemática com o objetivo de identificar as normas mais relevantes para o enquadramento e desenvolvimento do produto.

O raciocínio seguido para a seleção das normas assentou, em primeiro lugar, na verificação da existência de uma norma harmonizada específica para escadas. Após a identificação de uma norma diretamente aplicável ao tipo de produto em causa, foram também analisadas normas complementares, em que o conteúdo também se relevou pertinente para suportar tecnicamente a elaboração do dossier

técnico. Como resultado desta análise, foram consideradas as seguintes normas principais:

- Norma NP EN 14396 – Escadas fixas para câmaras de visita;
- Regulamento (UE) n° 305/2011 – Regulamento dos produtos de construção;

Importa referir que, ao longo do presente trabalho, são mencionadas outras normas e regulamentos, utilizadas como complemento para esclarecer e fundamentar aspetos técnicos específicos. Todavia, não se encontram diretamente relacionadas com o produto em si, motivo pela qual não são incluídas nas normas principais.

4.3 Avaliação de Riscos

A avaliação de riscos é uma metodologia utilizada para avaliar os riscos de um produto e por sua vez selecionar as medidas mais adequadas para minimizar/evitar a ocorrência de falha do produto relativamente a esse risco (Sun, 2024). Este processo identifica o risco, analisa a sua probabilidade de ocorrência e avalia o seu impacto, transmitindo também as possíveis consequências. Segundo Evrin (2021), esta metodologia permite:

- Identificar e analisar possíveis falhas futuras que possam afetar o processo de desenvolvimento do produto;
- Tomar decisões sobre a gestão e aceitação do risco com base na análise de riscos efetuada;

Entre os diversos modelos de análise de riscos, os mais comuns são:

- Análise qualitativa;
- Análise quantitativa.

O propósito da análise qualitativa é identificar os riscos que necessitam de uma análise detalhada, definir os controlos e ações apropriados com base no seu impacto potencial nos objetivos do produto. Esta análise é rápida de implementar visto que não depende de fatores mensuráveis e pode ser feita facilmente. Em contrapartida, este tipo de análise acaba por ser subjetiva, porém, a subjetividade pode ser considerada parte do processo e, dependendo do tipo de análise, a subjetividade pode resultar em uma maior flexibilidade de interpretação dos resultados.

Existem dois métodos que se aplicam nesta análise:

- **Keep It Super Simple (KISS):** Este método pode ser utilizado em pequenos projetos com pouca complexidade, permitindo que a avaliação possa ser feita facilmente por equipas que ainda não possuam maturidade na realização de avaliações de risco. Esta técnica envolve classificar o risco em uma escala simples, como por exemplo: Muito alto/Alto/Médio/Baixo/Muito Baixo;
- **Probability/Impact:** Método que pode ser utilizado em situações de maior complexidade, realizado por equipas com experiência em avaliação de riscos. Este método é utilizado para classificar a probabilidade de ocorrência de um risco e o seu impacto. Para classificar a probabilidade de ocorrência e o risco do seu impacto é utilizada uma escala como por exemplo: Escala de um a cinco.

Em resumo, para uma análise de riscos rápida e fácil, uma análise qualitativa é o que noventa e nove por cento das organizações utilizam (Evrin, 2021).

A análise quantitativa resulta em uma abordagem em que é dada uma classificação numérica ou quantitativa para desenvolver a probabilidade de ocorrência de determinada falha, porém, deve ser tido em consideração que continua a existir uma estimativa na aplicação deste modelo. Nesta perspectiva, este tipo de análise oferece informação mais detalhada e objetiva auxiliando na tomada de decisão na existência de incerteza, deste modo, esta abordagem deve ser utilizada em projetos grandes e complexos que exigem uma tomada de decisão exigente. Para esta análise ser eficiente, precisa de uma grande quantidade de dados fiáveis, e é neste ponto que esta abordagem apresenta a sua maior limitação, nesta fase do projeto, a quantidade de dados recolhida é bastante limitada resultando em uma incerteza na aplicação deste modelo.

De acordo com a norma **ISO 31000**, que estabelece diretrizes para a gestão de risco, o processo de avaliação de riscos é constituído por várias fases, conforme ilustrado na figura seguinte (Figura 16):

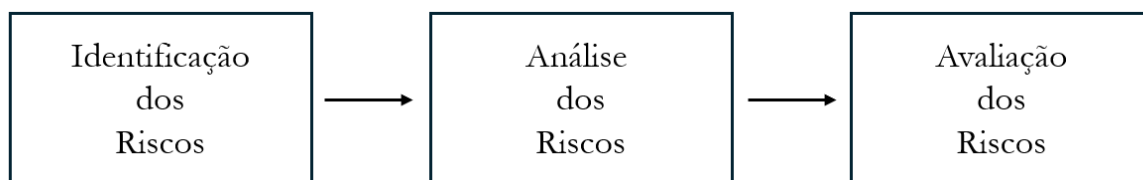


Figura 16 - Fases do processo avaliação de riscos

4.3.1 Identificação dos Riscos

O objetivo da identificação de riscos é encontrar, reconhecer e descrever riscos que possam impedir o processo de produção do equipamento em estudo (International Organization for Standardization, 2018). Assim, para identificar esses

riscos, foi idealizado um modelo do processo de produção das escadas na organização, abrangendo desde a chegada do material até à operação e manutenção do produto por parte do cliente. Na tabela seguinte (Tabela 3), apresentam-se os principais riscos identificados ao longo deste processo.

Tabela 3 – Identificação dos riscos

Riscos Identificados
Queda de material suspenso;
Queda ao mesmo nível/ Tropeçamento;
Choque com objetos móveis / imóveis;
Lesões músculo – esqueléticas;
Perda de audição / Vertigens;
Eletrização;
Cortes / Escoriações;
Esmagamento;
Queda de em altura;
Queda de materiais / Objetos;
Afetação do sistema nervoso;
Queimaduras;
Incêndio / Explosão;
Lesões Oculares;
Perfurações;
Projeção de partículas;
Lesões dérmicas;
Ingestão;
Inalação;
Intoxicação / Asfixia
Insolação / Desidratação.
Efeitos biofísicos diretos: Efeitos térmicos
Efeitos biofísicos diretos: Efeitos não térmicos
Efeitos Indiretos

4.3.2 Análise dos Riscos

Nesta fase, o objetivo é efetuar uma análise dos riscos e compreender a natureza do risco, as suas consequências e classificar o seu impacto por níveis

(International Organization for Standardization, 2018). Para tal, as consequências foram categorizadas por nível de impacto segundo uma escala de 1 a 5, onde:

- 1 - Muito baixo;
- 2 - Baixo;
- 3 - Médio;
- 4 - Alto;
- 5 - Muito alto.

Com base na escala de classificação definida e na análise da natureza dos riscos, foram identificadas as possíveis consequências associadas à ocorrência de cada risco. Esta caracterização teve um carácter geral, abrangendo todos os riscos identificados, com o objetivo de permitir a sua aplicação futura na avaliação de riscos de outros produtos. De seguida, apresentam-se as consequências identificadas, conforme ilustrado na tabela seguinte (Tabela 4).

Tabela 4 – Análise de riscos (Identificação das consequências)

Impacto	1	Sem lesões físicas
	2	Lesões superficiais (Primeiros socorros básicos são suficientes)
	3	Lesões temporariamente incapacitantes (Primeiros socorros de emergência são necessários)
	4	Lesões incapacitantes permanentes
	5	Morte

4.3.3 Avaliação dos Riscos

Na última fase, são avaliados os riscos para auxiliar a tomada de decisão da organização. Os riscos e as suas consequências são classificadas, resultando num nível de risco associado. Esse nível de risco orienta a decisão sobre a necessidade de medidas de prevenção ou a aceitação do risco (International Organization for Standardization, 2018).

Para classificar os riscos e as suas consequências, utiliza-se a matriz de risco. Esta ferramenta combina classificações qualitativas de consequências e probabilidades, gerando uma classificação de risco. O seu objetivo é avaliar e comunicar a magnitude relativa dos riscos com base na relação entre probabilidade e consequência (ISO 3100, 2025).

A matriz tem duas variáveis de entrada: a probabilidade de ocorrência do risco e o nível de impacto da sua consequência. Para este fim, foi definida uma escala de 1 a 5, com significados qualitativos, conforme apresentado nas tabelas seguintes (Tabela 5 e 6).

Tabela 5 - Probabilidade de ocorrência do risco

Probabilidade	1	Muito baixo
	2	Baixo
	3	Médio
	4	Alto
	5	Muito alto

Tabela 6 - Impacto da ocorrência do risco

Impacto	1	Muito baixo
	2	Baixo
	3	Médio
	4	Alto
	5	Muito alto

Com base na classificação das entradas da matriz, obtemos os seguintes resultados (Tabela 7). A partir destes, define-se a tolerância ao risco, permitindo determinar a necessidade de medidas adicionais.

Tabela 7 - Matriz de risco

		Impacto				
		1	2	3	4	5
Probabilidade	1	1	2	3	4	5
	2	2	4	6	8	10

	3	3	6	9	12	15
	4	4	8	12	16	20
	5	5	10	15	20	25

Para interpretar os resultados obtidos da matriz de risco, é essencial definir uma tolerância ao risco. Com essa definição, torna-se possível avaliar os riscos identificados e tomar decisões apropriadas. Neste contexto, a empresa adotou uma tolerância ao risco baixa, resultando na seguinte classificação (Tabela 8).

Tabela 8 - Tolerância ao risco

Tolerância ao Risco (Baixa)	1 a 4	Baixo Risco (Aceitável)
	9 a 14	Risco Médio (Tolerável com medidas de controlo)
	15 a 25	Alto Risco (Inaceitável, requer ação imediata)

Através das classificações obtidas devem ser tomadas as seguintes decisões:

- **Baixo Risco:** Não é necessária ação imediata, o risco pode ser apenas monitorizado;
- **Risco Médio:** Deve ser reduzido se possível, ou seja, devem ser adotadas as medidas de mitigação recomendadas.
- **Alto Risco:** É necessário implementar ações corretivas urgentemente.

A realização da avaliação de riscos está dividida em categorias, correspondentes às diferentes fases da vida útil do produto na perspetiva da empresa, ou seja, desde a preparação do material até à operação e manutenção do produto. Na tabela seguinte (Tabela 9), encontram-se as diferentes categorias em que foi realizada avaliação de riscos.

Tabela 9 - Categorias da avaliação de riscos

Avaliação de riscos	Categoria
1	Preparação de material
2	Produção
3	Ensaios
4	Embalamento e Transporte
5	Instalação
6	Operação e Manutenção

Para uma leitura mais clara e objetiva, apresentam-se de seguida apenas os riscos que atingiram níveis mais elevados, de acordo com a metodologia utilizada. A tabela completa com todos os riscos identificados e classificados encontra-se no ficheiro Excel de avaliação de riscos do produto (Tabela 10).

Tabela 10 - Avaliação de riscos

Tarefa	Perigo	Risco	Cálculo do Risco			Ações de Prevenção
			Probabilidade Risco	Probabilidade Impacto	Classificação do Risco	
Execução de trabalhos em equipamentos (Guilhotina/Quinadeira)	Exposição ao ruído	Perda de audição / Vertigens	4	3	12	<ul style="list-style-type: none"> - Utilização de proteção auditiva. - Rotatividade e pausa no trabalho.
Trabalhos de corte e rebarbagem	Exposição a vibrações	Afetação do sistema nervoso	3	4	12	<ul style="list-style-type: none"> - Garantir o bom estado e manutenção do equipamento. - O equipamento deverá estar preferencialmente equipado com sistema antivibração. - Alertar para as situações anómalas do equipamento.
Trabalhos de Soldadura	Contacto com produtos químicos sob pressão	Incêndio / Explosão	3	4	12	<ul style="list-style-type: none"> - Garantir que as válvulas e mangueiras se encontram em bom estado de conservação. - Garantir um afastamento de segurança das botijas em relação ao posto de trabalho. - Garantir que as botijas, quando fornecidas se encontram na validade.

Através da avaliação de riscos efetuada, foi possível identificar os pontos críticos no processo de produção das escadas, permitindo uma abordagem sistemática à sua mitigação. As ações de prevenção mencionadas, têm como objetivo reduzir a probabilidade de ocorrência dos riscos com base nas situações analisadas, promovendo uma maior segurança, eficiência e conformidade do processo de produção. Sendo esta a primeira avaliação de riscos realizada para o produto, ainda não existem dados históricos que justifiquem, neste ponto, a implementação de medidas corretivas. No entanto, estas medidas poderão ser consideradas em avaliações futuras, caso se verifique que é necessário a atuação imediata sobre os riscos detetados. Esta análise é um elemento base fundamental para implementação de melhorias contínuas no processo.

4.4 Lista de Peças

A lista de peças, conhecida como *Bill Of Materials* (BOM), é um documento que apresenta a estrutura de um produto, desde a matéria-prima ao produto final. Para além de identificar todos os componentes necessários, a BOM especifica as respetivas quantidades, a relação entre os diferentes elementos e a sequência de montagem (João Petronilho, 2018). Este documento serve de guia para a produção, reunindo de forma organizada todos os artigos necessários para fabricar o item final (Cláudia Serrão, 2015).

A BOM é organizada de forma hierárquica, onde existem vários níveis. O primeiro nível corresponde ao produto final estando este no topo da estrutura. De seguida, o produto é dividido em subníveis, onde cada um representa os subcomponentes ou subconjuntos que o constituem. Cada nível identifica os componentes necessários para montar o nível imediatamente superior. Este processo vai decorrendo de forma contínua até se chegar ao último nível, que corresponde ao nível das matérias-primas, onde já não ocorre mais nenhum tipo de transformação.

No que diz respeito ao nosso produto, as escadas vão ser compostas por 3 níveis, sendo eles:

- **Nível 0** corresponde ao produto final, ou seja, as escadas completas;
- **Nível 1** inclui os principais subconjuntos e componentes: Degraus, suportes de parede, montantes e guarda-corpos;
- **Nível 2**, o último nível, refere-se à matéria-prima utilizada na fabricação dos elementos mencionados no nível anterior;

Na figura seguinte (Figura 17), é possível verificar o esquema referente à BOM das escadas.

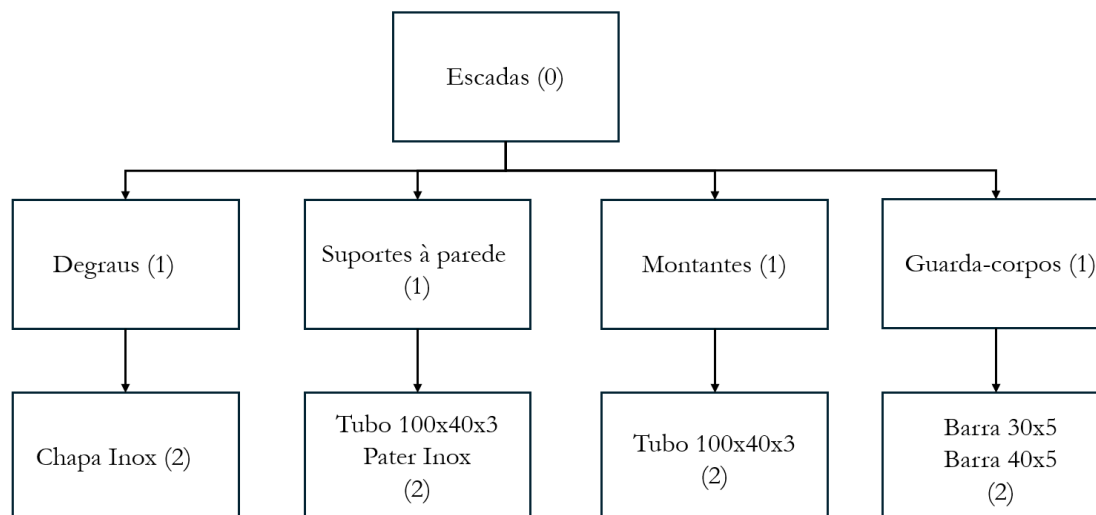


Figura 17 – Esquema referente à BOM das escadas

Legenda:

- (x) – Nível hierárquico;

Foi elaborado um ficheiro Excel com a BOM deste produto, cuja estrutura será adotada como padrão para todos os produtos da empresa e aplicada nos respetivos dossiers técnicos. Esta estrutura pode ser analisada na figura seguinte (Figura 18).


		Designação			Escadas Verticais	
		Cliente			H2TEC	
Item	Quantidade	Referência Produtor / Desenho	Nome do produto	Matéria-Prima	Número de Artigo (Interno)	Fornecedor
1	1	PM(001)_MontagemEscada_24707	Escadas Verticais	-	-	-
1,1	20	PP(001)_DegrauTeste_24707	Degrau	Chapa 2000x1000x2 (Aço inoxidável 316L)	100264	Aços Duros da Costa
1,2	1	PP(002)_Escadas_24707	Montantes	Tubo 100x40x3 (Aço Inoxidável 316L)	121051	Asa Metals
1,3	8	PM(002)_SuporteParede_24707	Suportes de fixação à parede	-	-	-
1,3,1	1	PP(005)_SuporteParede1_24707	Tubo do suporte da parede	Tubo 100x40x3 (Aço Inoxidável 316L)	121051	Asa Metals
1,3,2	1	PP(006)_SuporteParede2_24707	Pater Inox	Chapa 125x50x5 (Aço Inoxidável 316L)	116923	Jacquet
1,4	1	PM(003)_GuardaCorpos_24707	Guarda Corpos	-	-	-
1,4,1	4	PP(003)_ArcoDorsal_24707	Arco Dorsal	Barra de 40x5 (Aço Inoxidável 316L)	106557	Aços Boixareu
1,4,2	5	PP(004)_30x5_24707	Barra Vertical	Barra 30x5 (Aço Inoxidável 316L)	100211	Aços Boixareu

Figura 18 – BOM do produto em estudo

Como ilustra a Figura 18, a *Bill of Materials* (BOM) desenvolvida para o produto contribui para a otimização tanto do processo logístico como do processo produtivo.

No âmbito logístico, a BOM agiliza a gestão de encomendas de matérias-primas, dado que especifica as quantidades exatas e a identificação interna de cada componente. Deste modo, elimina-se a ambiguidade na seleção de peças, reduzindo significativamente o tempo despendido na sua identificação e quantificação.

Quanto ao processo produtivo, a BOM permite uma organização mais eficiente dos materiais, graças à estrutura hierárquica que estabelece relações claras entre as montagens, subconjuntos e componentes. Esta organização facilita o planeamento da produção, pois possibilita a categorização sistemática de peças conforme a sua função no produto final.

4.5 Fluxograma do Processo Produtivo

O fluxograma de processo é uma ferramenta gráfica que representa de forma sistemática as etapas e sequências relativamente a um processo. Esta ferramenta possibilita o planeamento, visualização clara das operações e também a identificação clara de oportunidades de otimização, sendo amplamente aplicável em diversos contextos industriais (Asana, 2025).

De seguida, será possível analisar o fluxograma elaborado para as escadas (Figura 20), o qual representa o percurso do produto pelos diferentes setores da organização, desde o momento em que é feito o pedido do cliente até à sua expedição. Neste fluxograma, foram utilizadas figuras geométricas com significados específicos (Figura 19), tais como:

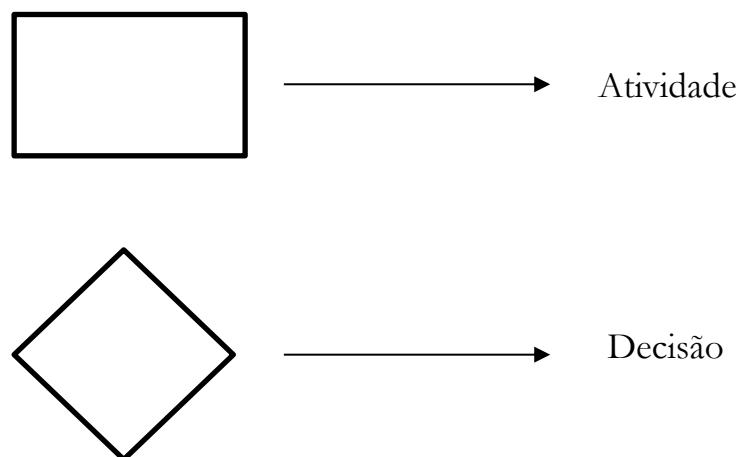


Figura 19 - Legenda do fluxograma

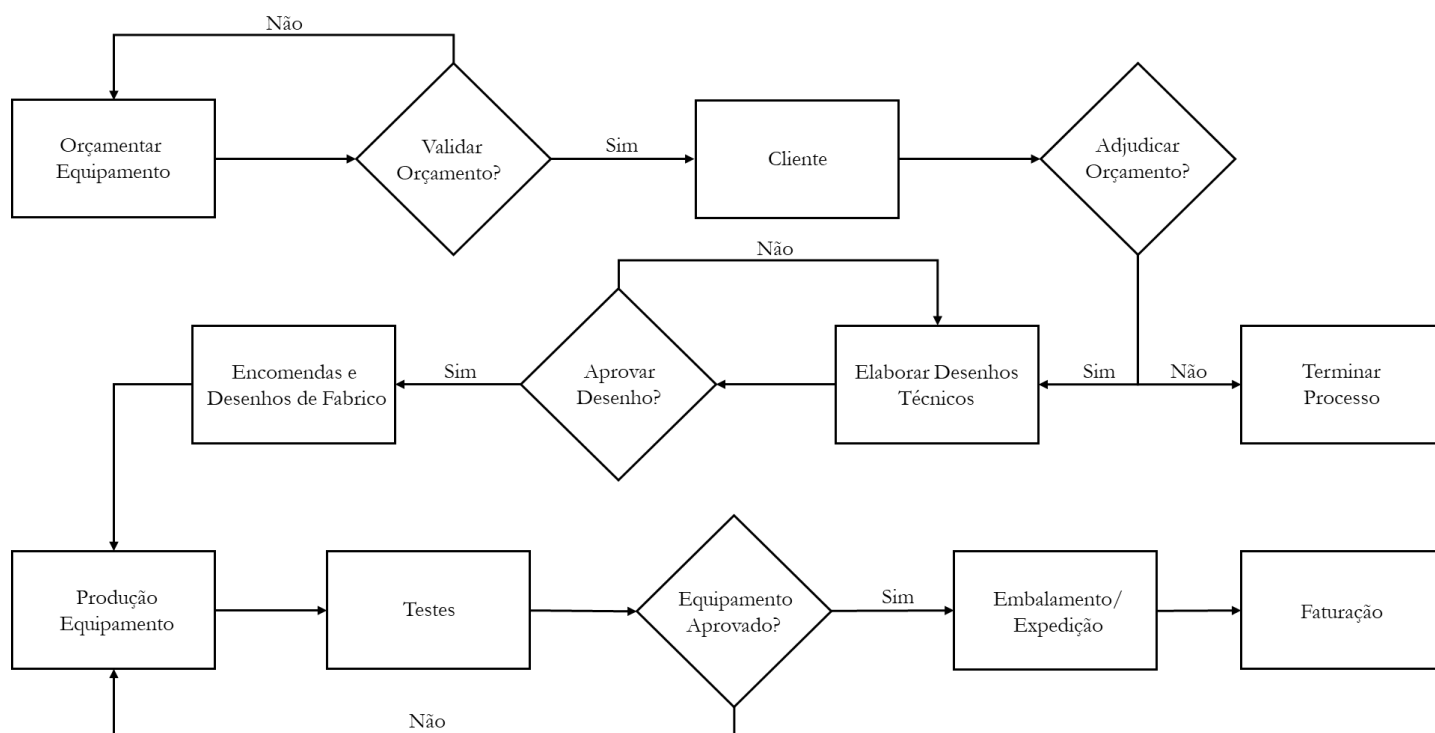


Figura 20 - Fluxograma do processo produtivo do equipamento

Tendo em conta a organização interna da H2TEC, o processo de conceção de um novo produto começa na fase de **orçamentar o equipamento**. No departamento de equipamentos, após a receção do pedido por parte do cliente, é aberto um processo para o mesmo (identificação interna do pedido). Segue-se uma análise técnica do pedido, a partir do qual se inicia a elaboração do orçamento. Esta fase contempla a idealização preliminar do equipamento, a determinação das suas necessidades técnicas e funcionais, bem como o envio de pedidos de cotação a fornecedores.

No caso de o equipamento ser fora da gama *standard* da empresa, como é o caso das escadas, é projetada uma primeira versão do equipamento recorrendo ao *SolidWorks*. Esta modelação permite uma melhor estimativa das necessidades técnicas e económicas do projeto.

Após a elaboração do orçamento, este é encaminhado para o departamento comercial onde o **orçamento é ou não validado**. Caso seja validado, segue para o cliente. Se não for validado, volta para o departamento de equipamentos para as devidas correções.

Recebido o orçamento, o cliente decide se **adjudica ou não o orçamento**. Em caso de adjudicação, dá-se início à fase de **elaboração de desenhos técnicos**, onde se projeta uma versão final do equipamento com base nas especificações do cliente. Concluída esta etapa, é enviado um desenho de aprovação para o cliente com

o objetivo de garantir que o projeto corresponde às suas expectativas. Uma vez aprovado, são efetuadas as **encomendas** da matéria-prima necessária e elaborados os **desenhos de fabrico**, que servirão de base para a produção.

Durante a fase **produção do equipamento**, o material proveniente das encomendas é separado e os desenhos de fabrico são entregues ao chefe de oficina, que distribui as tarefas pelos operacionais. Ao longo desta fase, o departamento de equipamentos acompanha o processo produtivo, garantindo o alinhamento com o projeto e promovendo eventuais otimizações.

Concluída a produção, o equipamento entra na fase de testes. No caso das escadas, os ensaios são realizados de acordo com a norma NP EN 14396 por um organismo notificado. Após a aprovação dos testes, o equipamento é embalado e expedido, sendo estas operações da responsabilidade do departamento de logística e aprovisionamento.

Por fim, após expedido para o cliente, o processo é encerrado com a emissão da respetiva fatura pelo departamento de contabilidade.

4.6 Conceção do Produto

Este capítulo tem como objetivo descrever o desenvolvimento do processo de produção das escadas, ou seja, a transição da ideia conceptual, já documentada no dossier técnico, para uma solução física e concretizável. Pretende-se ainda expor o raciocínio e as decisões técnicas tomadas pelo projetista mecânico ao longo da conceção do produto.

O desenvolvimento do equipamento foi realizado com o auxílio do *software SolidWorks*. Do ponto de vista dimensional, a base do projeto teve origem em uma tabela presente na norma NP EN14396, a qual define as principais dimensões a considerar na conceção das escadas, conforme ilustrado na figura seguinte (Figura 21).

Dimensões em milímetros							
Tolerância	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7
mín.	250	300	150	–	–	1000	$\leq L_1$
máx.	300	–	–	b)	L_1 ^{a)}	–	

^{a)} Em casos especiais (por exemplo, quando a concepção da câmara de visita o requer). Para a instalação, devem ser tidas em consideração as disposições nacionais em vigor nos locais de utilização.

^{b)} A indicar pelo produtor (ver as secções 5 e 6, e ZA.3), não mais do que 3000 mm.

Figura 21 - Dimensões das escadas
Fonte: (Escadas Fixas Para Câmaras de Visita, 2009)

A conceção do equipamento desenvolve-se em duas fases distintas. A primeira corresponde à modelação tridimensional do equipamento, realizada em *software* CAD (*Computer Aided Design*), permitindo a visualização e validação da geometria e funcionalidades do produto. A segunda fase consiste na elaboração dos desenhos de fabrico, os quais têm como objetivo traduzir a modelação digital para um contexto real de produção, contendo todas as indicações técnicas necessárias à sua execução.

4.6.1 Modelação Tridimensional do Equipamento

Para a modelação tridimensional do equipamento, iniciou-se com o desenho das peças individuais que o constituem. De seguida, apresenta-se um exemplo representativo do desenvolvimento de uma dessas peças, evidenciando as etapas seguidas na sua conceção (Figura 22 e 23).

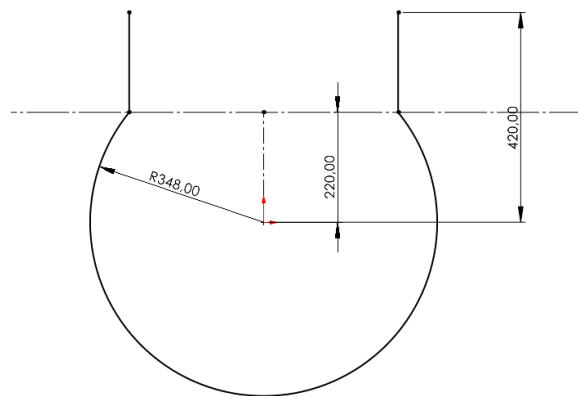


Figura 22 - *Sketch* arco dorsal

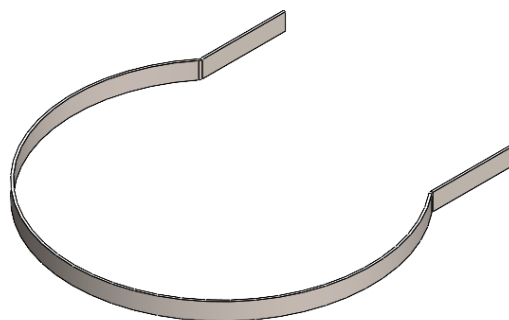


Figura 23 – Modelação tridimensional arco dorsal

A modelação tridimensional da peça ilustrada teve início com a criação de um *Sketch* (desenho 2D), no qual foram definidas as dimensões pretendidas para a peça. Nesta fase, é fundamental que o *Sketch* esteja completamente definido, ou seja, que todas as cotas e restrições geométricas sejam corretamente aplicadas. Esta prática garante a estabilidade do modelo e facilita modificações futuras na peça. Para além da *Sketch* corretamente definido, existem outras boas práticas a considerar na conceção de modelos tridimensionais. Entre estas, destacam-se a utilização de relações geométricas (simetria, paralelismo, concentricidade, etc.), a aplicação criteriosa de cotas e a construção de *Sketches* simples e organizados. A não adoção destas boas práticas pode comprometer a qualidade e viabilidade do modelo, com possíveis repercussões a nível da produção.

No caso da peça representada na figura 23, o processo de fabrico inclui operações de quinagem e calandragem, de modo que se adquira a sua forma final. Se a modelação tridimensional não for cuidadosamente construída, poderá ser impossível extrair do software informações críticas, como o comprimento total da peça antes de conformada ou os ângulos necessários para quinagem. Este facto reforça a importância de aplicar boas práticas de modelação desde as etapas iniciais do projeto.

Para gerar a geometria tridimensional representada, foi utilizado o comando “Base Flange” do módulo *Sheet Metal*, específico para trabalho com chapas metálicas.

Após a conclusão dos desenhos individuais, foram construídos 3 módulos distintos das escadas, antes efetuar a montagem final, sendo eles:

- Escadas, incluindo montantes e degraus;
- Guarda-corpos;
- Suportes de fixação;

A montagem final foi uma junção dos 3 módulos, resultando no modelo ilustrado de seguida (Figura 24).



Figura 24 - Modelo final escadas

4.6.2 Desenhos de Fabrico do Equipamento

A realização dos desenhos de fabrico exige que o projetista pense cuidadosamente na forma de como o produto será construído, considerando as diferentes etapas de conceção e a montagem do equipamento. Neste sentido, os desenhos de fabrico do produto foram elaborados com o objetivo de otimizar e dividir ao máximo as diferentes fases do processo produtivo. Assim, os desenhos de fabrico realizados basearam-se em três princípios fundamentais:

- Desenhos de quinagem;
- Desenhos de preparação de peças;
- Desenhos de montagem do equipamento;

Nos **desenhos de quinagem**, são fornecidas todas as informações necessárias para a produção e conceção de elementos do equipamento que incluem quinagens, como é o caso dos degraus e dos arcos dorsais. Na imagem seguinte, é possível observar o desenho de quinagem aplicado aos degraus (Figura 25).

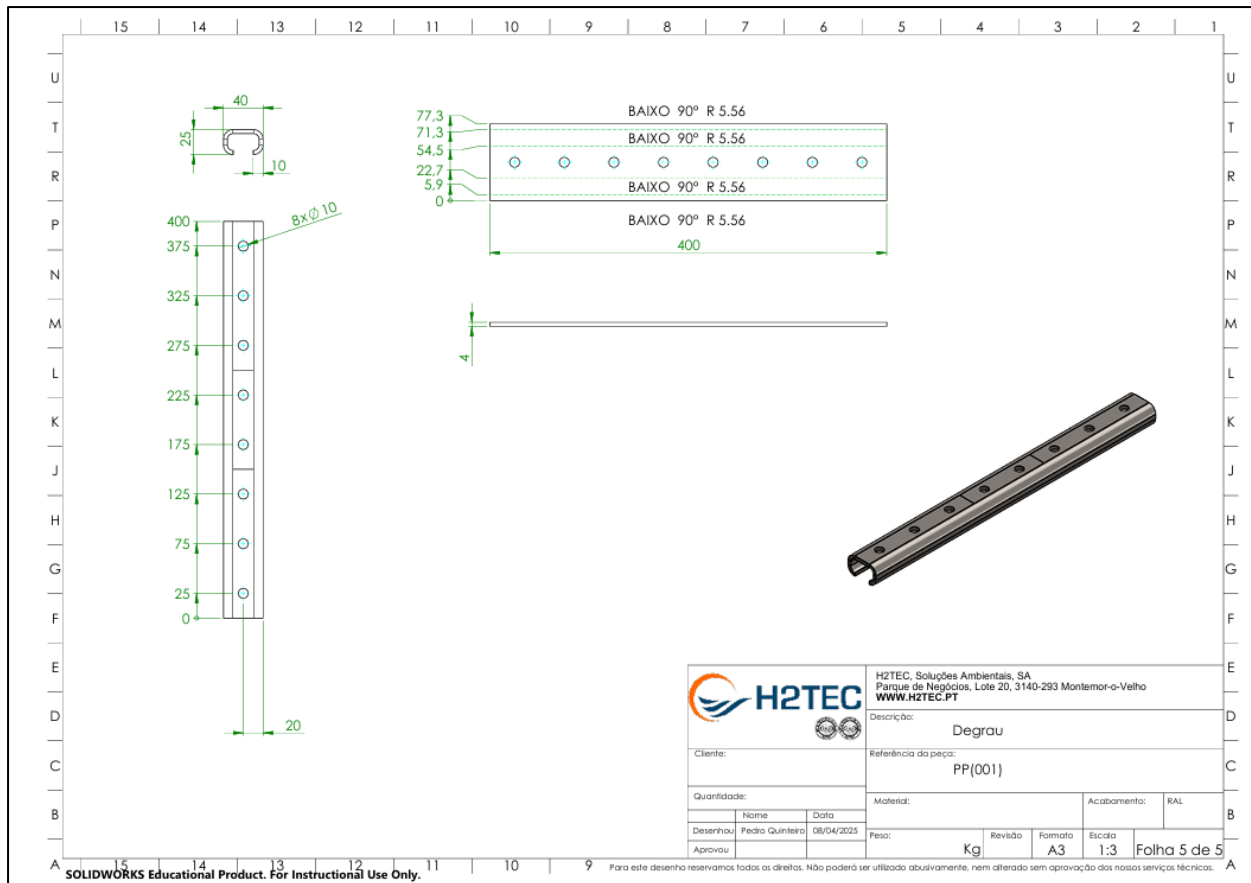


Figura 25 – Desenho de quinagem para os degraus

Nos **desenhos de preparação de peças**, são fornecidas todas informações necessárias à produção dos componentes individuais. Todas as peças que requerem trabalhos de preparação (como corte, calandragem, roscagem, entre outros) dispõem de um desenho individual contendo todos os dados essenciais para a sua fabricação. Como exemplo, apresentam-se de seguida os desenhos (Figura 26) utilizados na produção das peças que compõem o guarda-corpos, o arco dorsal e as barras verticais, os quais incluem processos como corte e calandragem.

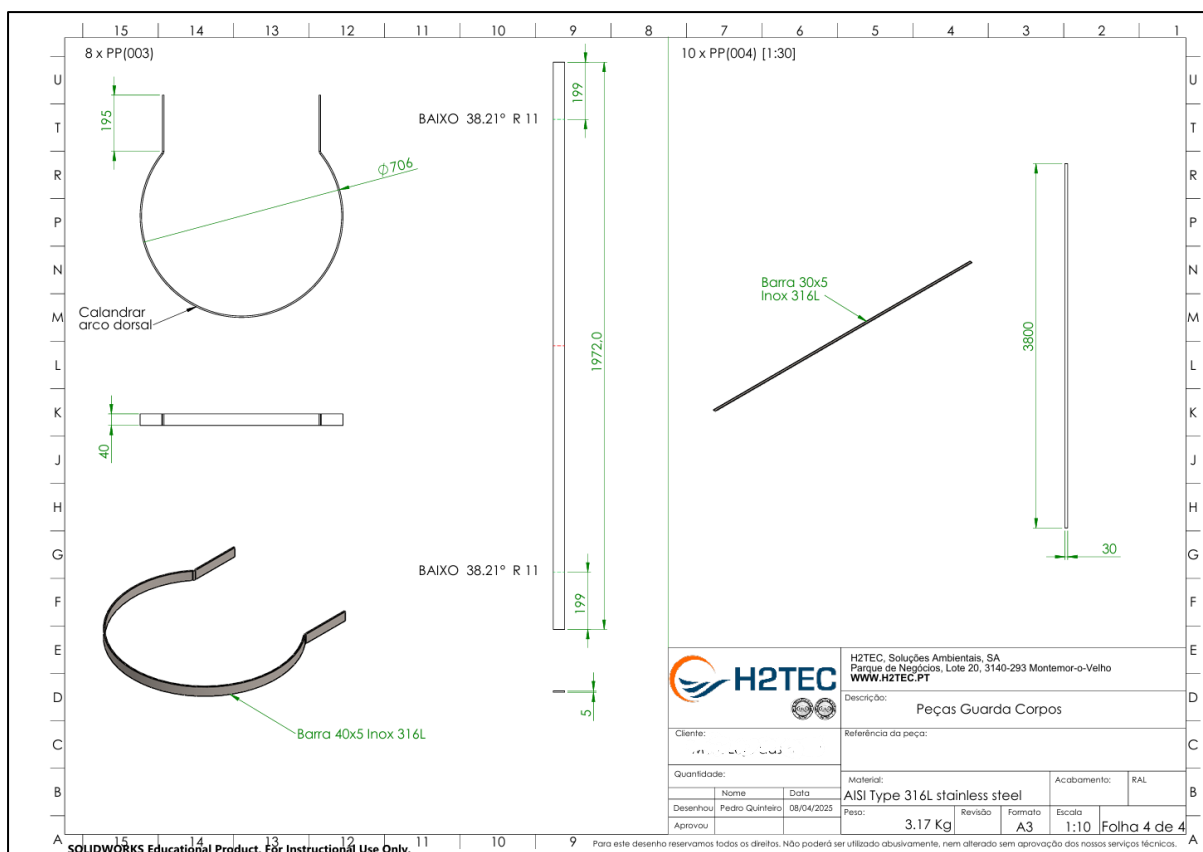


Figura 26 - Desenhos de preparação das peças do guarda-corpos

Nos **desenhos de montagem do equipamento**, são apresentadas, de forma detalhada, as informações referentes à sua montagem. É nesta fase que as peças individuais são unidas, dando origem aos diferentes módulos do equipamento. Estes desenhos permitem visualizar as dimensões gerais do equipamento, o tipo de união a utilizar (soldadura, ligação aparafusada, entre outras) para a união dos diferentes elementos, a parafusaria utilizada, entre outros elementos relevantes. Para ilustrar este tipo de documentação, apresentam-se de seguida dois exemplos (Figura 27 e 28), o primeiro refere-se à construção de dois módulos das escadas, nos quais se recorrem a uniões soldadas, e o segundo, corresponde a um desenho com as medidas gerais do equipamento;

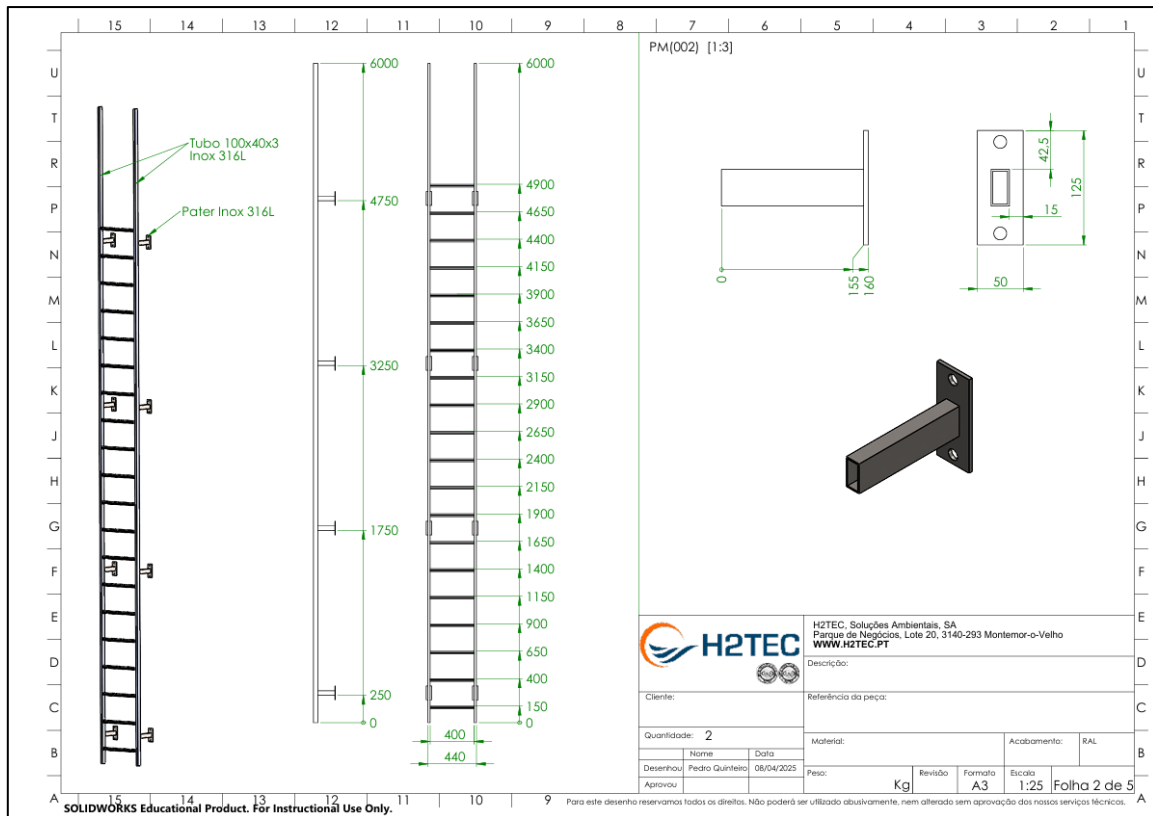


Figura 27 - Desenhos de montagem de diferentes módulos

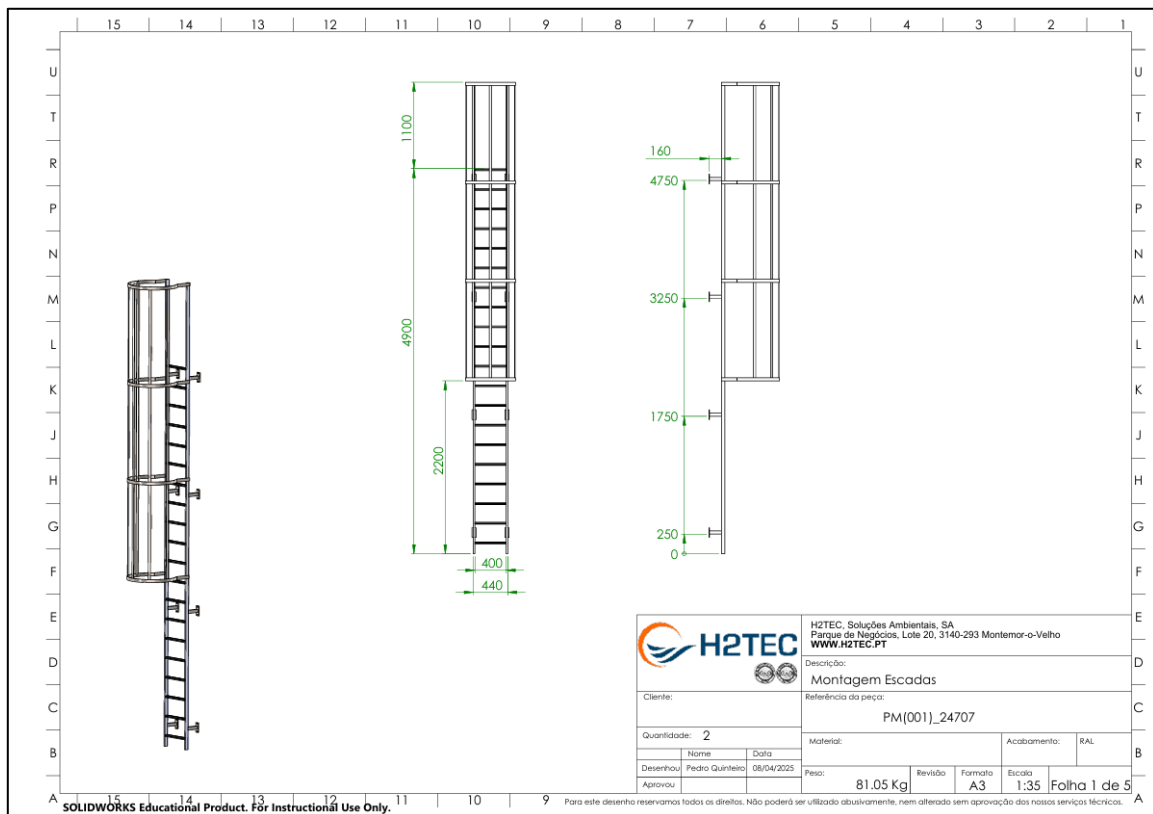


Figura 28 - Desenho de montagem com medidas gerais

4.7 Testes – Simulação

Este capítulo tem como objetivo simular os ensaios exigidos pela norma NP EN 14396, de forma a avaliar se os materiais inicialmente selecionados são os mais adequados para a sua produção. Através desta simulação, procura-se antecipar eventuais falhas durante os ensaios físicos e, conseqüentemente, contribuir para a otimização do processo produtivo.

Neste sentido, a norma aborda quatro testes que se devem realizar para garantir a conformidade dos produtos em questão, sendo eles:

- Ensaio da força vertical nos degraus (Anexo B);
- Ensaio da resistência dos montantes das escadas fixas com dois montantes (Anexo C);
- Cálculo da resistência dos pontos de cravação (Anexo E);
- Cálculo da resistência das escadas fixas (Anexo F).

4.7.1 Ensaio da Força Vertical nos Degraus

Para a realização deste ensaio, a norma aborda que deve ser exercida uma força de ensaio de 2600 N perpendicular ao piso do degrau, sendo esta força distribuída uniformemente num comprimento de 100 mm como é possível verificar na figura seguinte (Figura 29).

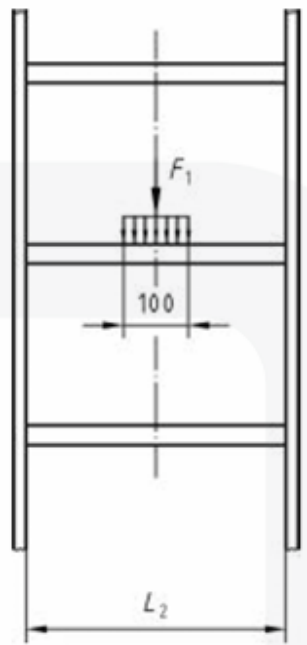


Figura 29 – Teste a realizar aos degraus
Fonte: (Escadas Fixas Para Câmaras de Visita, 2009)

Para que um degrau seja considerado conforme, a flecha residual não poderá exceder 0,3% do seu comprimento total, conforme estipulado pela norma. Considerando que o comprimento do degrau é de 400 mm, a flecha residual máxima admissível será de 1,2 mm.

De forma a avaliar o comportamento estrutural do degrau, procedeu-se à simulação do ensaio utilizando o software *SolidWorks*. Para tal, foram definidas as seguintes condições e parâmetros de simulação.

- Material: Aço Inoxidável 316L;
- Condições de fixação: Fixo nos pontos de fixação;
- Força Aplicada: 2600 N, conforme definido pela norma;
- Tipo de malha utilizado: *Blended Curvature – based mesh*.

Optou-se pela utilização de uma malha do tipo *Blended Curvature - Based Mesh* por esta permitir uma maior precisão em superfícies curvas, ideal para as zonas quinadas presentes no degrau, e nas zonas com elevada concentração de tensões. Este tipo de malha ajusta automaticamente o tamanho dos elementos consoante a curvatura da geometria, assegurando um equilíbrio entre a qualidade dos resultados e o tempo de processamento da simulação.

A configuração destes parâmetros (Figura 30) permite simular de forma mais realista as condições do ensaio físico, possibilitando a avaliação da conformidade do degrau e a identificação de eventuais necessidades de otimização.

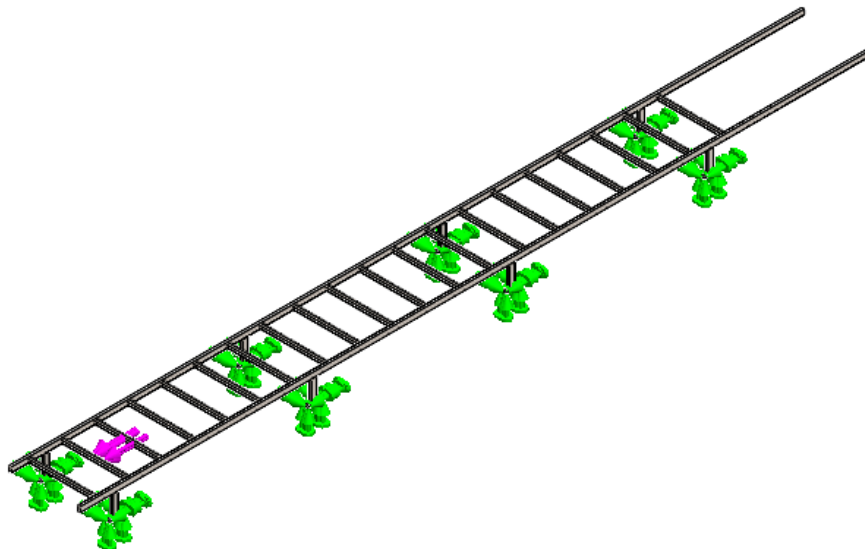


Figura 30 - Parâmetros de simulação definidos para teste dos degraus

Para a realização deste estudo, foram efetuadas 6 simulações distintas, nas quais a malha foi progressivamente refinada, reduzindo-se a dimensão de elementos em cada iteração. Os resultados obtidos encontram-se organizados em duas tabelas (Tabela 11 e 12), correspondentes às tensões de *Von Mises* e aos deslocamentos máximos obtidos. Adicionalmente, é apresentado um gráfico de convergência (Figura 31) para os deslocamentos que ilustra a evolução dos resultados em função do refinamento da malha.

Tabela 11 – Valores Obtidos para as tensões no teste dos Degraus

Dimensão máxima dos elementos (mm)	Dimensão mínima dos elementos (mm)	Tensão de Von Mises	Valor (MPa)
160	8,01	$\sigma 1$	113
132	6,6	$\sigma 2$	119
94,11	4,7	$\sigma 3$	128
70	3,5	$\sigma 4$	131
52,06	2,6	$\sigma 5$	132
40,05	2	$\sigma 6$	134

Tabela 12 - Valores obtidos para os deslocamentos no teste dos degraus

Dimensão máxima dos elementos (mm)	Dimensão mínima dos elementos (mm)	Deslocamentos	Valor (mm)
160	8,01	u 1	0,58
132	6,6	u 2	0,71
94,11	4,7	u 3	0,75
70	3,5	u 4	0,71
52,06	2,6	u 5	0,74
40,05	2	u 6	0,8

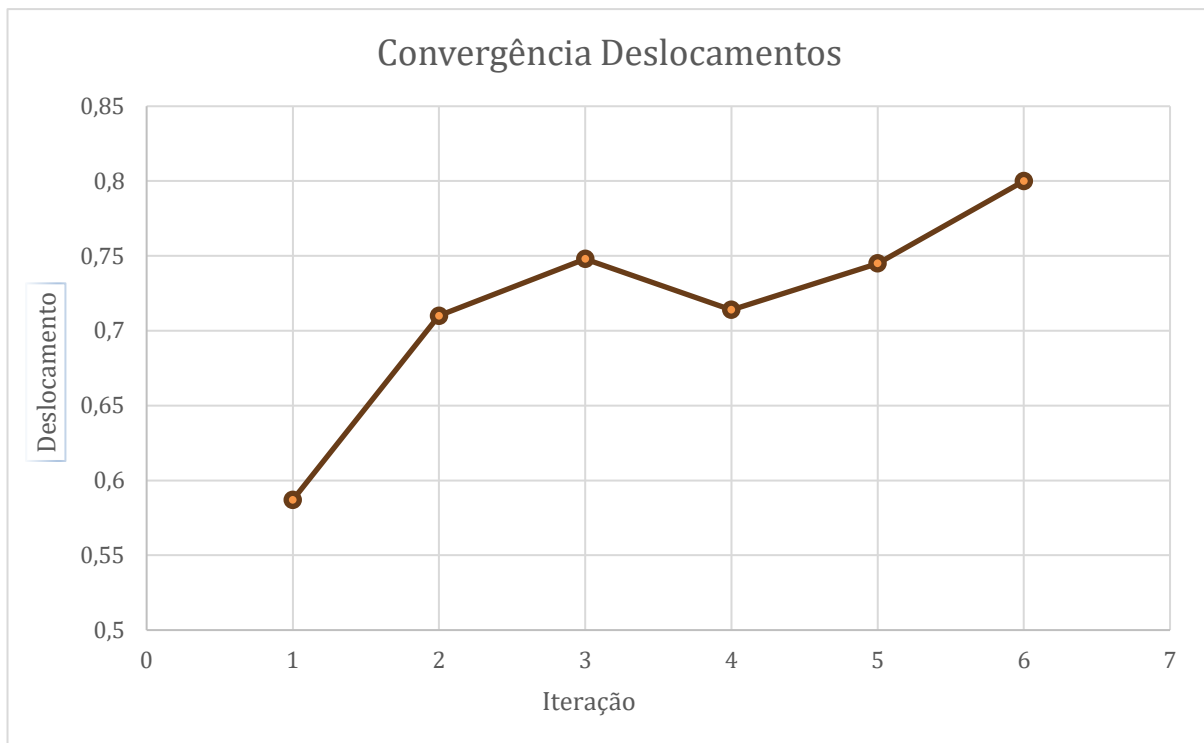


Figura 31 – Convergência dos deslocamentos para o teste dos degraus

Após a realização da análise por elementos finitos e a consequente verificação da convergência da malha, observaram-se os seguintes resultados: A tensão de Von Mises máxima obtida encontra-se abaixo da tensão de cedência do material considerado, o que nos indica que não se prevê a existência de deformação plástica do degrau. Adicionalmente, o deslocamento máximo verificado é inferior ao valor admissível estabelecido na norma, assegurando assim a integridade e funcionalidade estrutural do componente.

Com base nestes resultados, é possível validar as condições definidas inicialmente para o degrau. Deste modo, considera-se que a solução obtida cumpre os requisitos de resistência e de deformação, permitindo concluir o processo de dimensionamento. O degrau apresenta, assim, as seguintes características:

- Espessura do degrau: 4 mm;
- Comprimento do degrau: 400 mm;
- Material: Aço Inoxidável 316L.

4.7.2 Ensaio de Resistência dos Montantes das Escadas (Anexo C)

Para a realização deste ensaio, a norma estipula a aplicação de uma força vertical de 700 N distribuídos uniformemente pelos dois montantes. Esta condição de carregamento visa a simular eventuais solicitações que a estrutura poderá estar sujeita em serviço. A distribuição da carga e a respetiva direção de aplicação podem ser observadas na imagem seguinte (Figura 32):

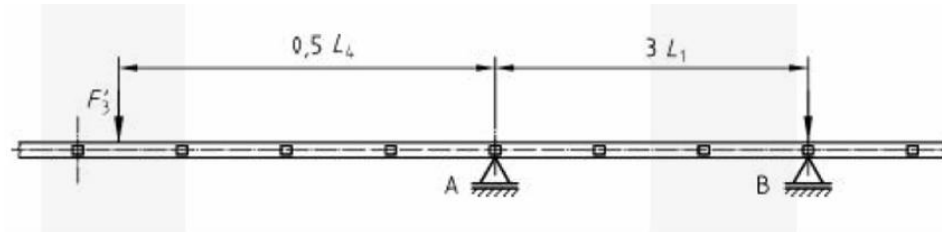


Figura 32 - Teste a realizar aos montantes

Fonte: (Escadas Fixas Para Câmaras de Visita, 2009)

Legenda:

- A – Ponto de fixação
- B – Ponto de fixação
- F_3' – Força vertical a aplicar
- L_1 – Distância entre os pisos de dois degraus sucessivos;
- L_4 – Distância entre dois suportes.

De acordo com os requisitos estabelecidos na norma aplicável, a flecha residual não poderá exceder 0,3% do comprimento correspondente a $0,5 \cdot L_4$, conforme estipulado pela norma. Considerando que L_4 corresponde à distância entre suportes e que os mesmos se encontram a 1500 mm afastados entre si, a flecha residual máxima admissível será de 2,3 mm.

Com o objetivo de avaliar o comportamento estrutural dos montantes, procedeu-se à simulação do ensaio utilizando o software *SolidWorks*. Para tal, foram definidas as seguintes condições e parâmetros de simulação.

- F_3' – Força vertical aplicada: 700 N distribuída uniformemente entre os dois montantes;

- Pontos de Fixação: Apoios Simples, responsáveis por restringir o deslocamento vertical da estrutura nos pontos de apoio;
- L1 – 250 mm;
- L4 – 1500 mm;
- Tipo de malha utilizado: *Blended Curvature – based mesh*.

Nota: A malha utilizada nesta simulação foi definida com base nos mesmos critérios apresentados no ponto 4.7.1, garantindo a coerência e fiabilidade dos resultados obtidos.

A configuração destes parâmetros permite reproduzir de forma mais realista as condições do ensaio físico, possibilitando a avaliação da conformidade dos montantes face aos requisitos normativos, bem como a identificação de eventuais necessidades de otimização. Na imagem seguinte (Figura 33), apresentam-se as condições fronteira definidas no software *SolidWorks* para a realização da simulação.

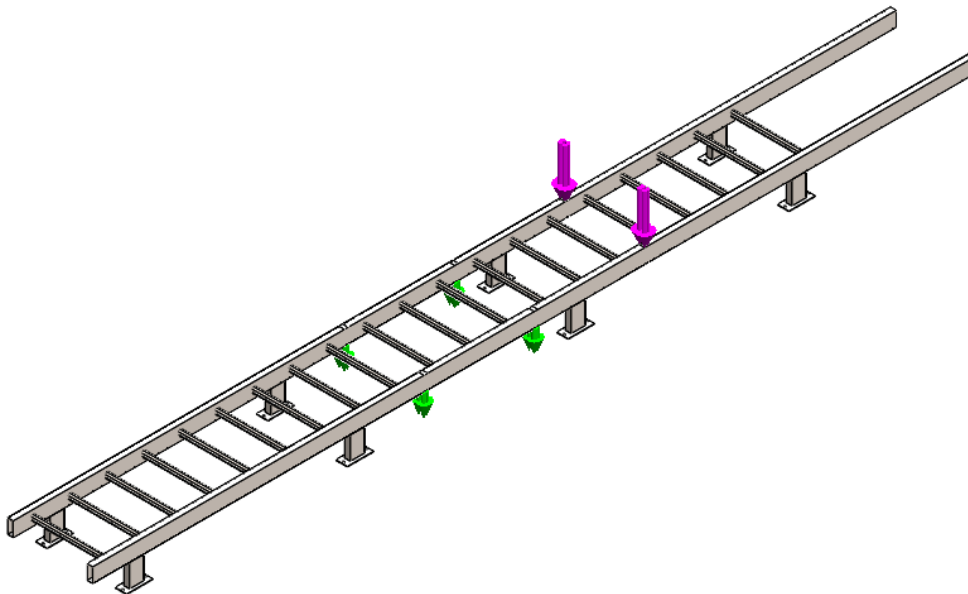


Figura 33 - Parâmetros de simulação definidos para o teste dos montantes

Na realização deste estudo, foram efetuadas 7 simulações distintas, nas quais a malha foi progressivamente refinada, reduzindo-se a dimensão de elementos em cada iteração. Os resultados obtidos encontram-se organizados em duas tabelas (Tabela 13 e 14), correspondentes às tensões de *Von Mises* e aos deslocamentos máximos obtidos. Adicionalmente, é apresentado um gráfico de convergência (Figura 34) para os deslocamentos que ilustra a evolução dos resultados em função do refinamento da malha.

Tabela 13 - Valores obtidos para as tensões no teste dos montantes

Dimensão máxima dos elementos (mm)	Dimensão máxima dos elementos (mm)	Tensão Von Mises	Valor (MPa)
160	8,01	$\sigma 1$	23,1
132	6,6	$\sigma 2$	10,4
92	4,6	$\sigma 3$	13,3
70	3,5	$\sigma 4$	24,8
52,06	2,6	$\sigma 5$	19,4
40,05	2	$\sigma 6$	23,7
35	1,75	$\sigma 7$	23,3

Tabela 14 - Valores obtidos para os deslocamentos no teste dos montantes

Dimensão máxima dos elementos (mm)	Dimensão máxima dos elementos (mm)	Deslocamentos	Valor (mm)
160	8,01	u 1	1,62
132	6,6	u 2	1,01
92	4,6	u 3	1,51
70	3,5	u 4	1,86
52,06	2,6	u 5	2,09
40,05	2	u 6	2,14
35	1,75	u 7	2,2

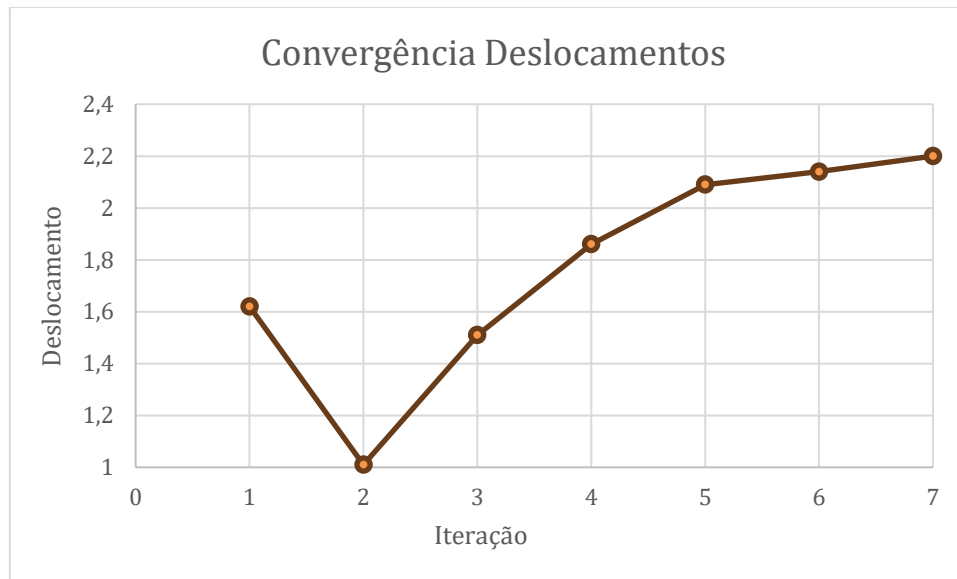


Figura 34 - Convergência dos deslocamentos

Após a realização da análise por elementos finitos e a consequente verificação da convergência da malha, observaram-se os seguintes resultados: A tensão de Von Mises máxima obtida encontra-se abaixo da tensão de cedência do material considerado, o que nos indica que não se prevê a existência de deformação plástica dos montantes. Adicionalmente, o deslocamento máximo verificado é inferior ao valor admissível estabelecido na norma, assegurando assim a integridade e funcionalidade estrutural do componente.

Com base nos resultados, é possível validar as condições definidas inicialmente para os montantes. Deste modo, considera-se que a solução obtida cumpre os requisitos de resistência e de deformação, permitindo concluir o processo de dimensionamento. Os montantes apresentam, assim, as seguintes características:

- Tubo retangular de 100x40 mm;
- Espessura: 3 mm;
- Material: Aço Inoxidável 316L.

4.7.3 Cálculo da Resistência dos Pontos de Cravação (Anexo E)

De modo a calcular a resistência dos pontos de cravação, a norma refere que deve ser aplicada uma força de 3000 N em cada montante, aplicada ao longo do seu eixo médio. Adicionalmente, o documento refere que devem ser considerados no máximo 4 pontos de cravação, os quais dizem respeito aos locais de fixação da escada à estrutura de suporte. A distribuição da carga e a respetiva direção de aplicação podem ser observadas na imagem seguinte (Figura 35):

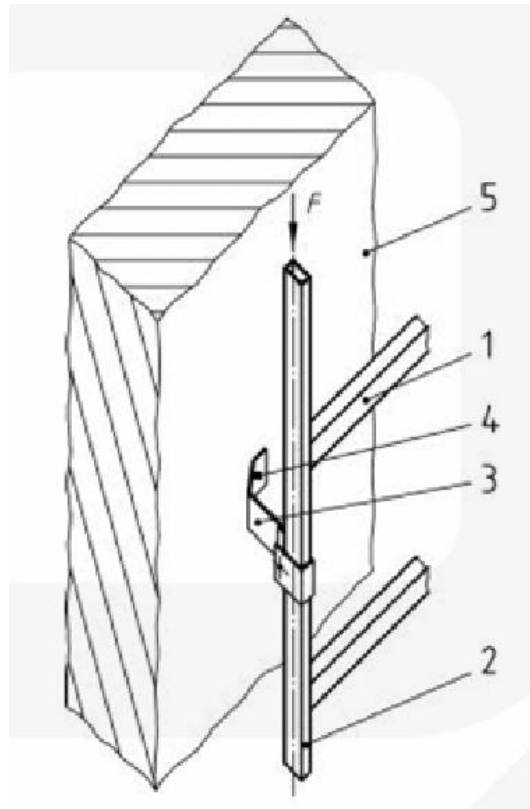


Figura 35 - Montagem para simulação da resistência dos pontos de cravação

Fonte: (Escadas Fixas Para Câmaras de Visita, 2009)

Legenda:

- 1 - Degrau;
- 2 - Montante;
- 3 - Suporte;
- 4 - Ponto de Cravação;
- 5 - Parte fixa (Parede).
- F – Força a aplicar;

Tendo em conta os requisitos estabelecidos na norma aplicável, as escadas fixas para câmaras de visita devem suportar as forças aplicadas sem rotura. Neste seguimento, para a realização do ensaio foram definidas as seguintes condições fronteiras:

- Força a aplicar: 3000 N em cada montante;
- Ponto de fixação: Fixo nos pontos de fixação;
- Tipo de malha utilizado: *Blended Curvature – based mesh*.

Nota: A malha utilizada nesta simulação foi definida com base nos mesmos critérios apresentados no ponto 4.7.1, garantindo a coerência e fiabilidade dos resultados obtidos.

A definição destes parâmetros permite uma reprodução mais realista das condições do ensaio físico, possibilitando não só a verificação da conformidade dos pontos de cravação face aos requisitos normativos, como também a identificação de potenciais oportunidades de otimização. Na figura seguinte (Figura 36), apresentam-se condições fronteira definidas no software *SolidWorks* para a realização da simulação.

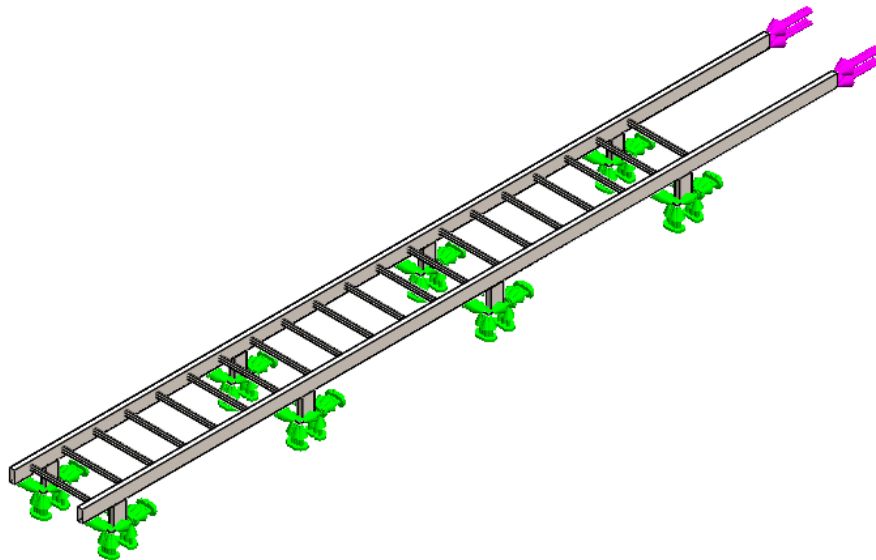


Figura 36 - Condições fronteira definidas no *software*

A realização deste teste envolveu 7 simulações distintas, nas quais a malha foi progressivamente refinada, reduzindo-se a dimensão de elementos em cada iteração. Os resultados obtidos encontram-se organizados em duas tabelas (Tabela 15 e 16), correspondentes às tensões de Von Mises e aos deslocamentos máximos obtidos. Adicionalmente, é apresentado um gráfico de convergência (Figura 37) para os deslocamentos que ilustra a evolução dos resultados em função do refinamento da malha.

Tabela 15 - Valores obtidos para as tensões - Teste dos pontos de cravação

Dimensão máxima dos elementos (mm)	Dimensão mínima dos elementos (mm)	Tensão Von Mises	Valor (MPa)
160	8,01	$\sigma 1$	10,3
132	6,6	$\sigma 2$	10,4
92	4,6	$\sigma 3$	13,3
70	3,5	$\sigma 4$	14,1
52,06	2,6	$\sigma 5$	13,9
40,05	2	$\sigma 6$	14,1
35	1,75	$\sigma 7$	14,8

Tabela 16 - Valores obtidos para os deslocamentos - Teste dos pontos de cravação

Dimensão máxima dos elementos (mm)	Dimensão mínima dos elementos (mm)	Deslocamentos	Valor (mm)
160	8,01	u 1	0,199
132	6,6	u 2	0,2
92	4,6	u 3	0,196
70	3,5	u 4	0,194
52,06	2,6	u 5	0,196
40,05	2	u 6	0,196
35	1,75	u 7	0,195

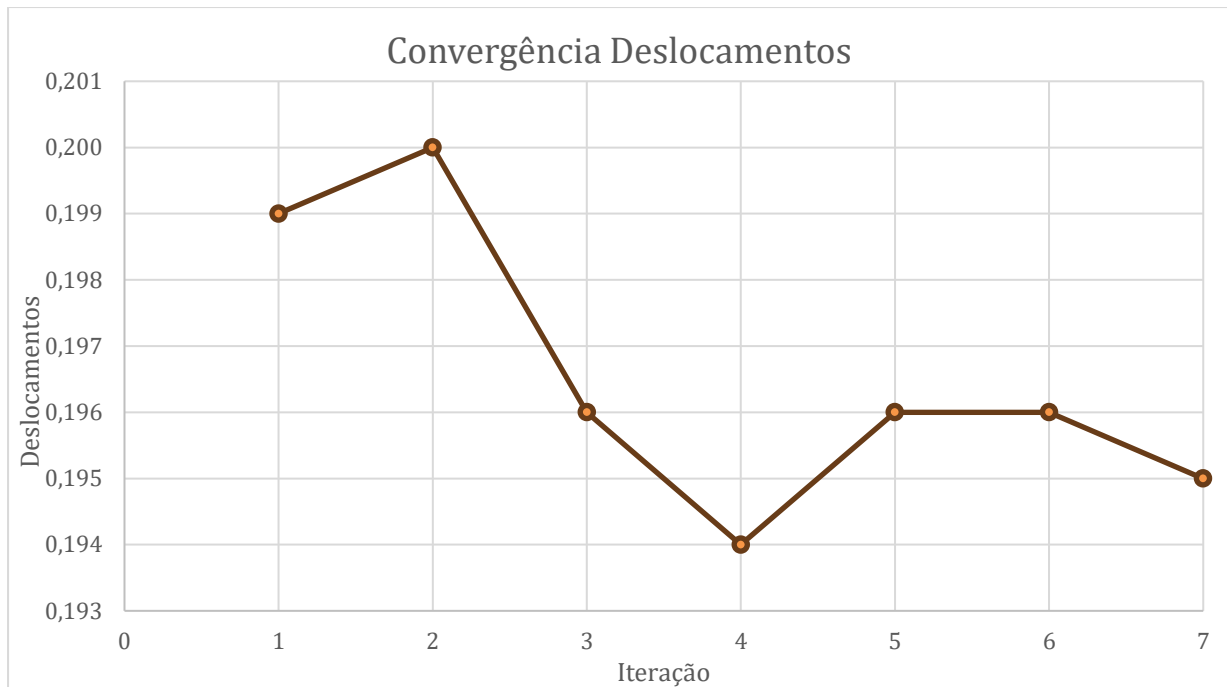


Figura 37 – Convergência dos deslocamentos pontos de cravação

Concluída a análise de elementos finitos e validada a convergência da malha, observaram-se os seguintes resultados: A tensão máxima de Von Mises encontra-se abaixo da tensão de cedência do material considerado, o que nos indica a ausência de deformação plástica dos pontos de cravação.

Com base nos resultados, é possível validar as condições definidas inicialmente para os pontos de cravação. Assim, considera-se que a solução proposta cumpre os requisitos de resistência estabelecidos pela norma, permitindo concluir o processo de dimensionamento. As características dos pontos de cravação são, portanto, as seguintes:

- Dimensão: 180 x 80 mm;
- Espessura: 5 mm;
- Material: Aço Inoxidável 316L.

4.7.4 Cálculo da Resistência das Escadas Fixas (Anexo F)

De modo a calcular a resistência das escadas fixas, a norma refere que deve ser aplicado um momento fletor de 2 em 2 metros, ao longo da escada como se pode verificar na figura seguinte (Figura 38):

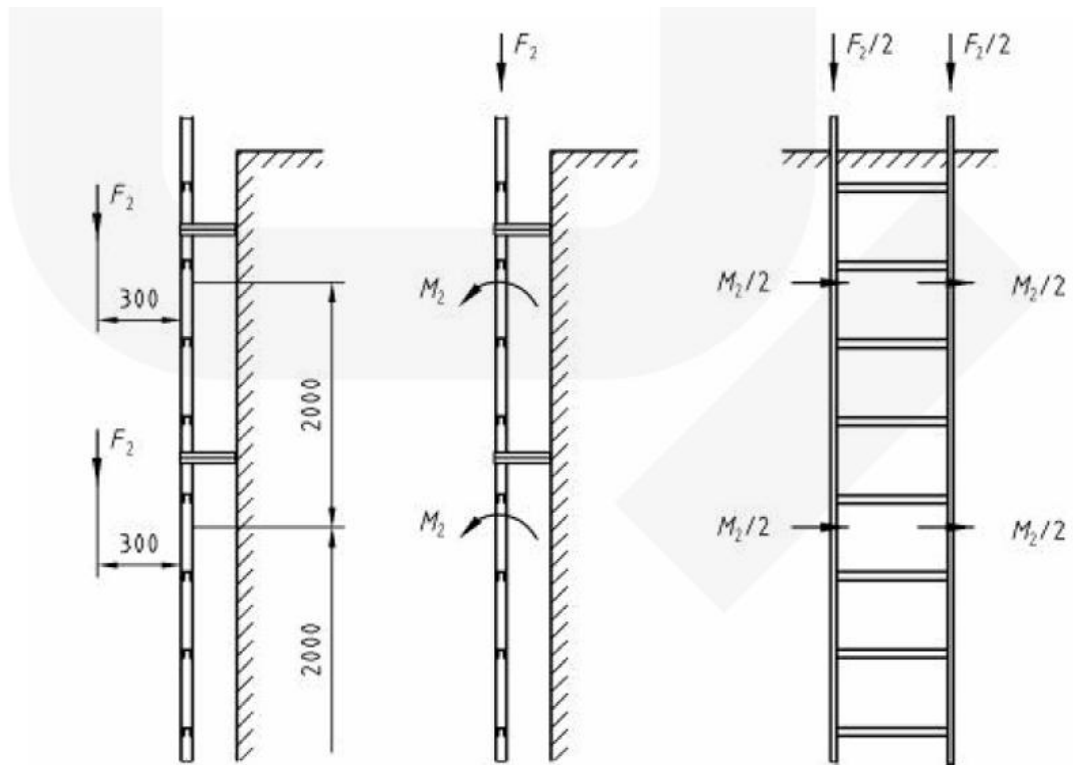


Figura 38 – Momento fletor a aplicar em escadas fixas com dois montantes

Fonte: (Escadas Fixas Para Câmaras de Visita, 2009)

Legenda:

- F_2 – Força vertical exercida no montante;
- M_2 – Momento Fletor

Sabendo que a força F_2 é de 1500 N e que a distância em que é aplicada a força relativamente aos montantes é de 300 milímetros, o momento fletor pode ser determinado de acordo com a equação 1, abordada no ponto 2.9 do presente trabalho:

$$M_2 = F_2 \times 0,3$$

$$M_2 = 1500 \times 0,3$$

$$M_2 = 450 \text{ Nm}$$

Considerando os requisitos da norma aplicável e o momento fletor a que as escadas serão submetidas, as escadas fixas para câmaras de visita devem resistir aos

momentos fletores especificados, sem ocorrência de rotura. Neste contexto, foram definidas as seguintes condições fronteira para a realização do ensaio:

- Momentos fletores a aplicar: 450 Nm (Distribuídos uniformemente pelos dois montantes);
- Pontos de fixação: Fixo nos pontos de fixação;
- Tipo de malha utilizado: *Blended Curvature – based mesh*.

Nota: A malha utilizada nesta simulação foi definida com base nos mesmos critérios apresentados no ponto 4.7.1, garantindo a coerência e fiabilidade dos resultados obtidos.

A definição destes parâmetros permite uma reprodução mais realista das condições do ensaio físico, possibilitando não só a verificação da conformidade da resistência das escadas face aos requisitos normativos, como também a identificação de potenciais oportunidades de otimização. Na figura seguinte (Figura 39), apresentam-se condições fronteira definidas no software *SolidWorks* para a realização da simulação.

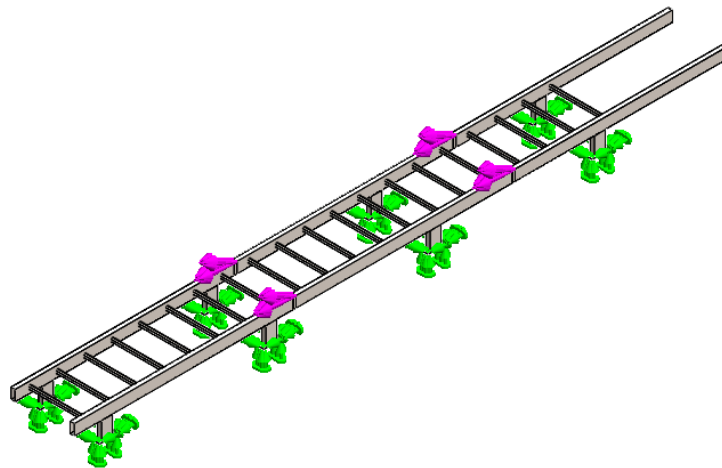


Figura 39 - Condições fronteira definidas no *software*

Neste ensaio foram realizadas 7 simulações distintas, nas quais a malha foi progressivamente refinada, reduzindo-se a dimensão de elementos em cada iteração.

Os resultados obtidos encontram-se organizados em duas tabelas (Tabela 17 e 18), correspondentes às tensões de *Von Mises* e aos deslocamentos máximos obtidos. Adicionalmente, é apresentado um gráfico de convergência (Figura 40) para os deslocamentos que ilustra a evolução dos resultados em função do refinamento da malha.

Tabela 17 - Valores obtidos para as tensões no teste de resistência das escadas fixas

Dimensão máxima dos elementos (mm)	Dimensão mínima dos elementos (mm)	Tensão de Von Mises	Valor (MPa)
160	8,01	$\sigma 1$	28,2
132	6,6	$\sigma 2$	29,4
92	4,6	$\sigma 3$	30,5
70	3,5	$\sigma 4$	29,2
52,06	2,6	$\sigma 5$	34,4
40,05	2	$\sigma 6$	33,8
35	1,75	$\sigma 7$	34,5

Tabela 18 - Valores obtidos para os deslocamentos no teste de resistência das escadas fixas

Dimensão máxima dos elementos (mm)	Dimensão mínima dos elementos (mm)	Deslocamentos	Valor (mm)
160	8,01	u 1	0,149
132	6,6	u 2	0,158
92	4,6	u 3	0,148
70	3,5	u 4	0,17
52,06	2,6	u 5	0,176
40,05	2	u 6	0,18

35	1,75	u 7	0,178
----	------	-----	-------

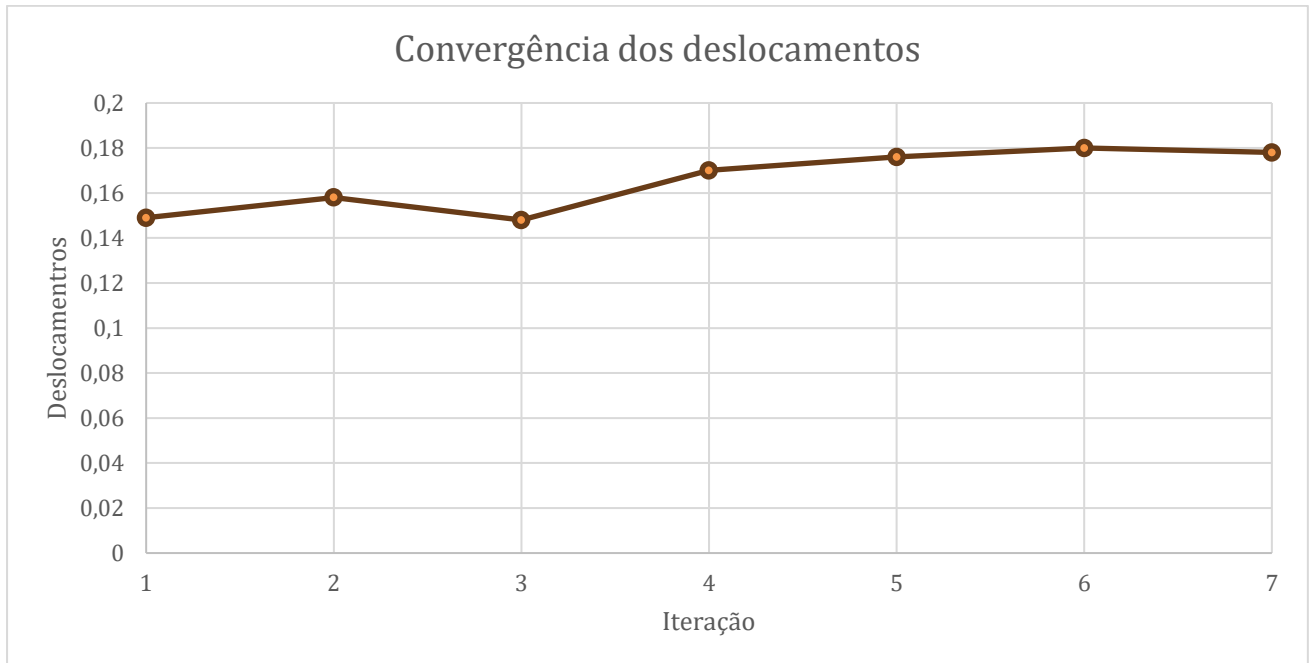


Figura 40 - Convergência dos deslocamentos - Resistência das escadas

Após a realização da análise de elementos finitos e validação da convergência da malha, obtiveram-se os seguintes resultados: A tensão máxima de Von Mises encontra-se abaixo da tensão de cedência do material considerado, o que nos indica a ausência de deformação plástica das escadas. Assim, confirma-se que as escadas são capazes de suportar os momentos fletores exigidos pela norma.

Concluídos os ensaios, verifica-se que os materiais inicialmente selecionados para a construção do produto são apropriados tendo em conta a norma em vigor.

4.8 Marcação / Chapa Característica

De acordo com a norma NP EN 14396, as escadas fixas devem ser equipadas com uma chapa característica posicionada na sua extremidade superior, contendo as seguintes informações obrigatórias:

- Nome ou símbolo do produtor;
- Os dois últimos algarismos do ano de produção;
- Tipo de escada;
- Distância máxima entre dois pontos de cravação.

Adicionalmente, conforme especificado no anexo ZA.3 da mesma norma, é exigida a presença do símbolo de marcação CE na escada (Figura 41). Tendo em vista a centralização da informação mais relevante num único local, optou-se por incluir este símbolo na própria chapa. A título de exemplo, o anexo referido disponibiliza um exemplo da marcação de conformidade CE que deve ser aplicada no produto.

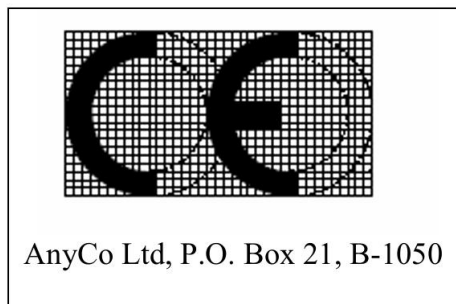


Figura 41 - Exemplo de marcação CE no produto

Fonte: (Escadas Fixas Para Câmaras de Visita, 2009)

Considerando o exemplo ilustrado na presente norma, de seguida, apresenta-se a chapa característica desenvolvida para o produto (Figura 42).



Figura 42 – Maquete chapa característica

Como se pode observar na imagem acima (Figura 42), para além dos elementos exigidos pela norma, foi ainda incluído na chapa característica o **número de série do produto**. Esta informação adicional permite à empresa identificar, de forma interna, o tipo de equipamento, o ano de início do respetivo processo produtivo, bem como o número de processo associado. Esta codificação facilita significativamente a rastreabilidade do produto e contribui para uma gestão mais eficiente no âmbito do controlo de garantias.

4.9 Ficha Técnica

A ficha técnica do produto é um documento fundamental onde se reúnem todas as especificações que caracterizam o produto, assegurando a sua identificação, rastreabilidade e conformidade regulamentar. De acordo com a norma NP EN14396, é obrigatório que o produto seja acompanhado por documentação contendo informações relativas às suas características essenciais. Entre os elementos a incluir, destacam-se os seguintes:

- Nome ou marca de identificação do produtor;
- Os dois últimos dígitos do ano em que foi aposta a marcação;
- Identificação da norma com a qual o produto se encontra em conformidade;
- A utilização prevista e descrição do componente;
- O alcance em altura, em milímetros;
- A distância entre dois suportes de fixação, em milímetros;
- A largura do degrau, em milímetros;
- Afastamento, em milímetros;

- Capacidade resistente.

A norma em questão apresenta, a título exemplificativo, uma sugestão de como esta informação poderá ser organizada, tal como ilustrado na figura que se segue (Figura 43), que representa um exemplo prático da marcação CE nos documentos que acompanham as escadas fixas com dois montantes.

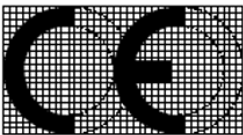

AnyCo Ltd, P.O. Box 21, B-1050
03
EN 14396
Escadas fixas com dois montantes para câmaras de visita subterrâneas
Tipo D
Aço inoxidável
Máx. alcance em altura: 3000 mm
Máx. distância entre suportes: 1250 mm
Largura do degrau: 300 mm
Afastamento: 150 mm
Resistência da cravação: 5 kN
Máx. força vertical: 6 kN

Figura 43 - Exemplo da marcação CE na documentação das escadas

Fonte: (Escadas Fixas Para Câmaras de Visita, 2009)


No que diz respeito ao campo corresponde ao “Tipo de escada”, este decorre da existência de diferentes tipologias previstas na norma, conforme se encontra sistematizado na tabela seguinte (Tabela 19).

Tabela 19 - Tipos de escadas fixas


Tipo	Designação
A	Escada fixa com extensões superiores móveis
B	Escada fixa com dois montantes e sistema anti-queda

C	Escada fixa com um montante e sistema anti-queda
D	Escada fixa com dois montantes
E	Escada fixa com um montante

Tendo por base toda a informação regulamentar descrita, foi elaborada a ficha técnica do produto (Figura 44 e 45) com o objetivo de consolidar todos os dados relevantes, garantindo o cumprimento da norma e assegurando a rastreabilidade e a qualidade do produto final.



FICHA TÉCNICA
Escadas Verticais
c/ Guarda Corpos






Figura 1 - Imagem Ilustrativa

INFORMAÇÃO GERAL DO EQUIPAMENTO	
Designação do Equipamento	Escadas Verticais com Guarda Corpos
Fabricante	H2TEC – Soluções Ambientais, S.A.
Ano de Fabrico	2025
Norma	NP EN 14396
Utilização Prevista	Escadas fixas com dois montantes para câmaras de visita subterrâneas
Tipo	D

Figura 44 – 1ª página da ficha técnica do produto



	FICHA TÉCNICA Escadas Verticais c/ Guarda Corpos	
ESPECIFICAÇÕES DIMENSIONAIS / CAPACIDADE RESISTENTE		
Máximo Alcance em Altura	5000 mm	
Máximo Distância Entre Suportes	1500 mm	
Largura do Degrau	400 mm	
Afastamento	150 mm	
Resistência Degraus	2,6 kN	
Máxima Força Vertical	6 kN	
MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO		
Material de construção	Aço Inoxidável AISI 316L	
Acabamentos: Passivação das soldaduras através de ácido próprio.		
Mod087A	2	

Figura 45 - 2ª página da ficha técnica do produto

Nas figuras apresentadas (Figura 44 e 45), correspondentes à primeira e segunda páginas da ficha técnica, é possível verificar que todos os campos exigidos foram devidamente preenchidos, em conformidade com os requisitos da NP EN14396 e respeitando simultaneamente o modelo interno adotado pela empresa. Esta abordagem permitiu garantir, de forma clara e objetiva, a formalização técnica do produto no âmbito do trabalho desenvolvido.

4.10 Instruções de Montagem e Utilização

De acordo com a norma NP EN 14396, o fornecedor do equipamento deve disponibilizar todas as informações necessárias para **a instalação e utilização corretas da escada fixa**, incluindo os seguintes aspetos:

- O tipo de fixação recomendado;
- A montagem do sistema anti queda, quando aplicável.

Para a elaboração deste documento, procedeu-se a uma pesquisa de mercado abrangente, centrada nos principais fabricantes europeus de escadas verticais. Este levantamento permitiu identificar as práticas mais comuns do setor, bem como os elementos técnicos e normativos mais frequentemente considerados. Com base nessa análise, foram identificados os pontos essenciais a incluir, servindo de referência para a estruturação e desenvolvimento dos documentos apresentados.

Neste seguimento, foi elaborado um documento com as instruções de montagem e utilização do equipamento, de forma a garantir a sua correta instalação e operação em contexto real. O documento está estruturado em 6 secções distintas, descritas de seguida:

- **Segurança e responsabilidades:** Apresenta considerações gerais sobre a qualificação técnica dos instaladores, à obrigatoriedade da utilização de Equipamento de Proteção Individual (EPI), e à necessidade de avaliar e mitigar eventuais riscos no local de instalação;
- **Verificação dos componentes:** Enfatiza a importância de uma inspeção prévia ao equipamento, com o objetivo de detetar eventuais anomalias e permitir o acionamento atempado da garantia, caso se justifique;
- **Preparação do local:** Detalha os requisitos mínimos a assegurar no local antes do início da instalação, como a estabilidade da parede de suporte, a altura útil da escada e a ausência de interferências na área de trabalho;
- **Montagem da escada:** Descreve, de forma sequencial, os passos necessários à instalação da escada no local, incluindo a marcação, perfuração, fixação e verificação de alinhamentos;
- **Verificações finais:** Apresenta os procedimentos a realizar após a montagem, de forma a validar a correta fixação do equipamento, o seu nivelamento e a segurança estrutural para utilização;
- **Utilização do equipamento:** Reúne recomendações gerais para a utilização segura e adequada da escada, em conformidade com a sua função e com as boas práticas da operação.

De seguida, apresenta-se o documento elaborado com as instruções de montagem e utilização do equipamento (Figura 46, 47 e 48).

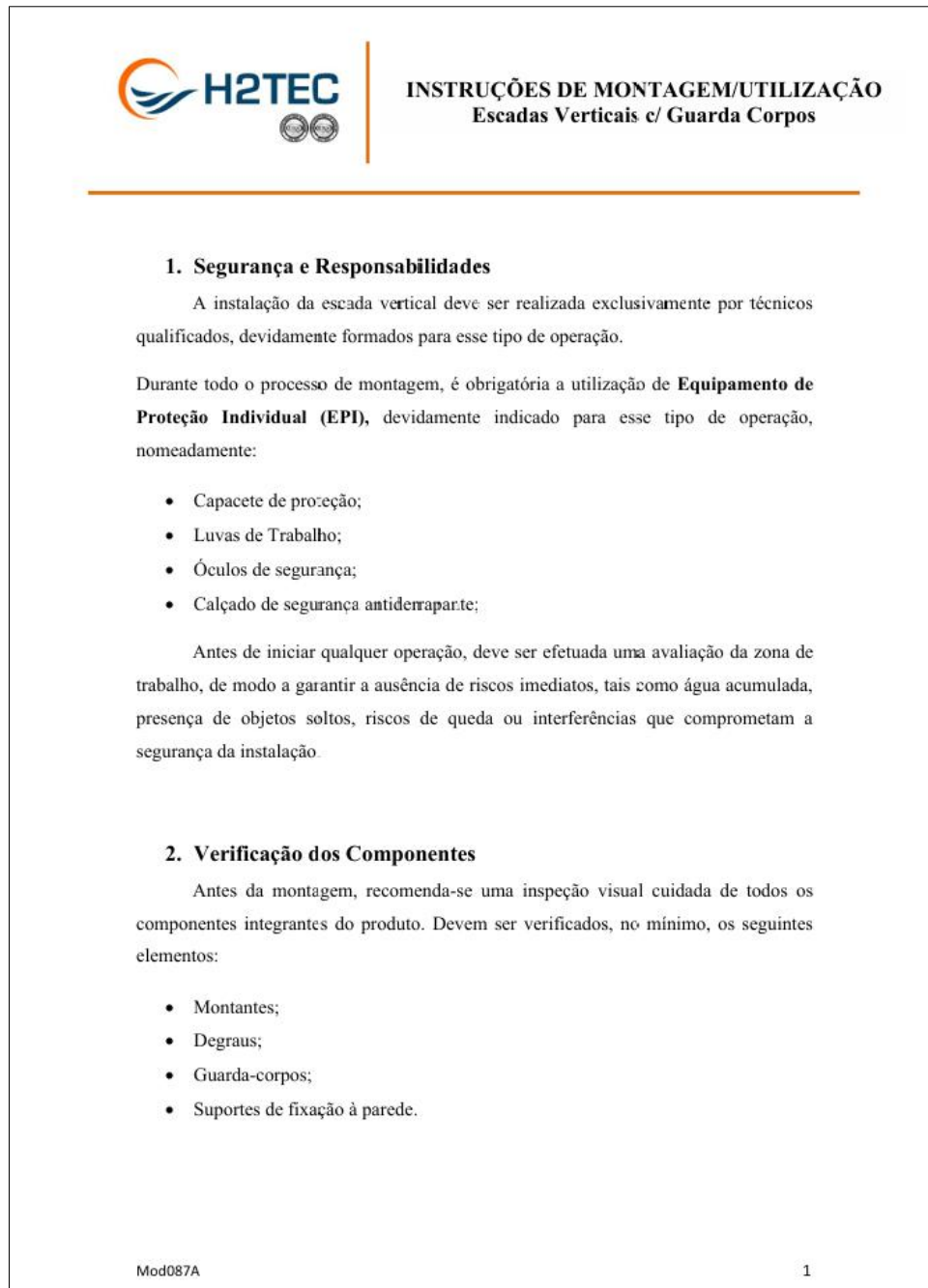



Figura 46 – Instruções de montagem / utilização (1ª página)



H2TEC

INSTRUÇÕES DE MONTAGEM/UTILIZAÇÃO
Escadas Verticais c/ Guarda Corpos

Nota: Caso seja detetada alguma **anomalia, deformação, falha de fabrico ou ausência de componentes**, o equipamento não deve ser instalado e deverá ser acionado o serviço de garantia junto do fornecedor.

3. Preparação do Local

Antes de proceder à instalação da escada, devem ser verificados os seguintes requisitos técnicos do local:

- Confirmar que a parede da câmara de visita se encontra **limpa, seca e estruturalmente estável**;
- Medir a altura da câmara de visita e verificar se a escada **cobre toda a extensão necessária**, desde o nível do solo até ao ponto de saída superior;
- Verificar se existem **obstáculos ou interferências** no plano vertical de instalação.

4. Montagem das escadas

A instalação da escada deve seguir a seguinte sequência de passos:

- **Posicionar a escada na vertical**, na sua posição de aplicação, encostada à parede da câmara;
- **Marcação dos pontos de fixação** correspondentes aos suportes da escada;
- **Remover a escada** cuidadosamente da posição de aplicação;
- **Efetuar a furação da parede**, nos pontos marcados, utilizando broca adequada ao tipo de material;
- **Instalar as buchas tipo MTA** ou outro sistema de ancoragem conforme especificado no projeto;
- **Reposicionar a escada** e proceder à sua **fixação definitiva**.

Mod087A2

Figura 47 - Instruções de montagem / utilização (2ª página)

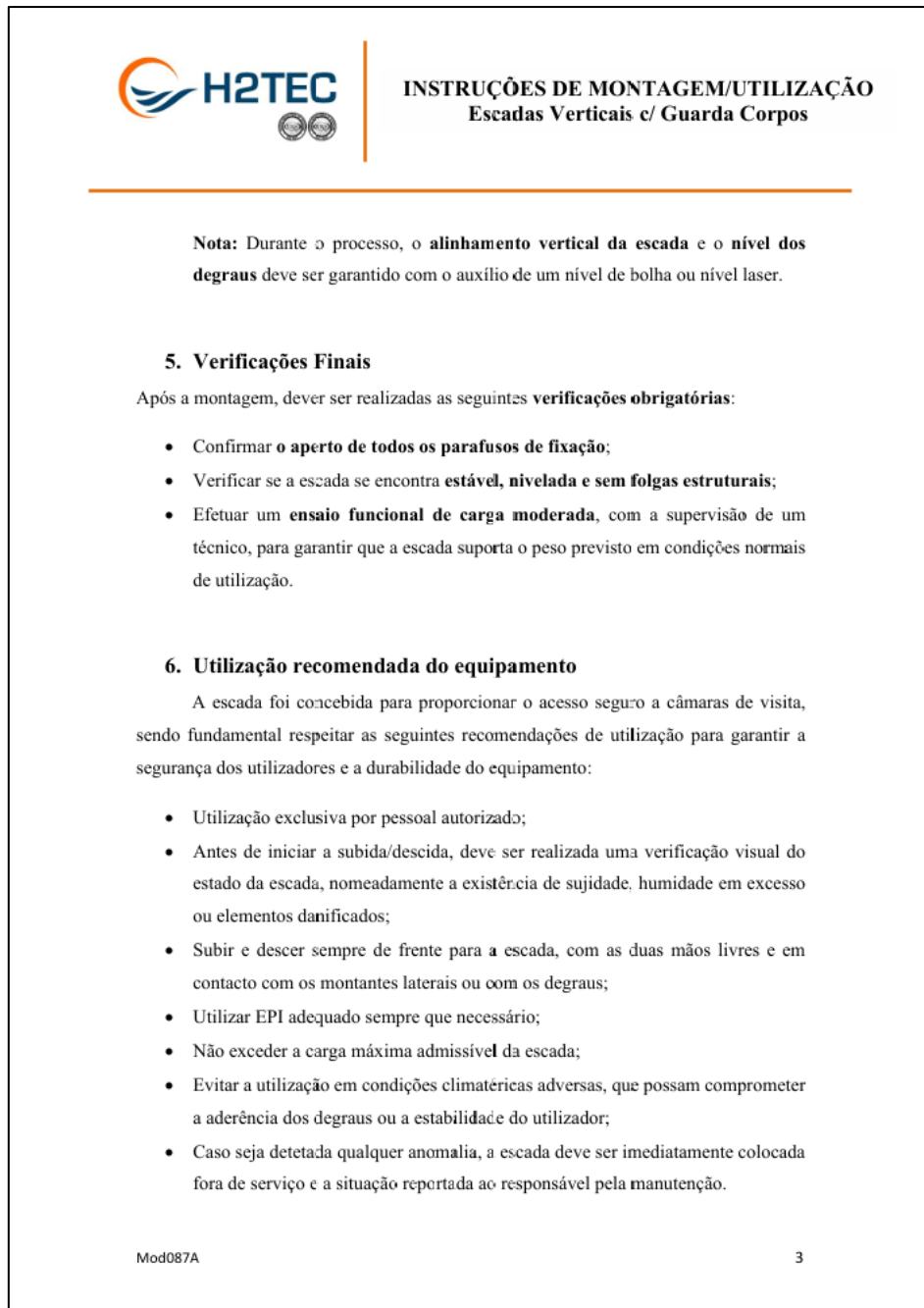


Figura 48 - Instruções de montagem / utilização (3ª página)

4.11 Plano de Transporte

A elaboração do plano de transporte tem como objetivo fornecer ao cliente todas as indicações necessárias para garantir o transporte seguro do produto, assegurando a sua integridade desde a origem até ao local de instalação.

Para a elaboração deste documento, procedeu-se a uma pesquisa de mercado abrangente, centrada nos principais fabricantes europeus de escadas verticais. Este

levantamento permitiu identificar as práticas mais comuns do setor, bem como os elementos técnicos e normativos mais frequentemente considerados. Com base nessa análise, foram identificados os pontos essenciais a incluir, servindo de referência para a estruturação e desenvolvimento dos documentos apresentados.

O documento foi estruturado em cinco secções principais:

- **Objetivo:** Define o propósito do plano de transporte e alerta para os riscos associados incumprimento dos procedimentos nele descritos;
- **Embalamento do produto:** Apresenta as diretrizes essenciais para assegurar um embalamento adequado, de forma a proteger o equipamento durante as operações de transporte e manuseamento;
- **Manuseamento:** Especifica os equipamentos recomendados para o manuseamento do produto, bem como as localizações adequadas para a fixação das cintas, especialmente em operações com ponte rolante.
- **Transporte:** Detalha os aspetos críticos a considerar durante o transporte, incluindo o comprimento do equipamento, os métodos corretos de fixação e as medidas de proteção necessárias;
- **Receção no local:** Indica as verificações obrigatórias a realizar à chegada do produto, de forma a assegurar que o mesmo se encontra conforme especificado e sem danos resultantes do transporte.

De seguida, apresenta-se o plano de transporte (Figura 49, 50 e 51) desenvolvido especificamente para as escadas de acesso a câmaras de visita.

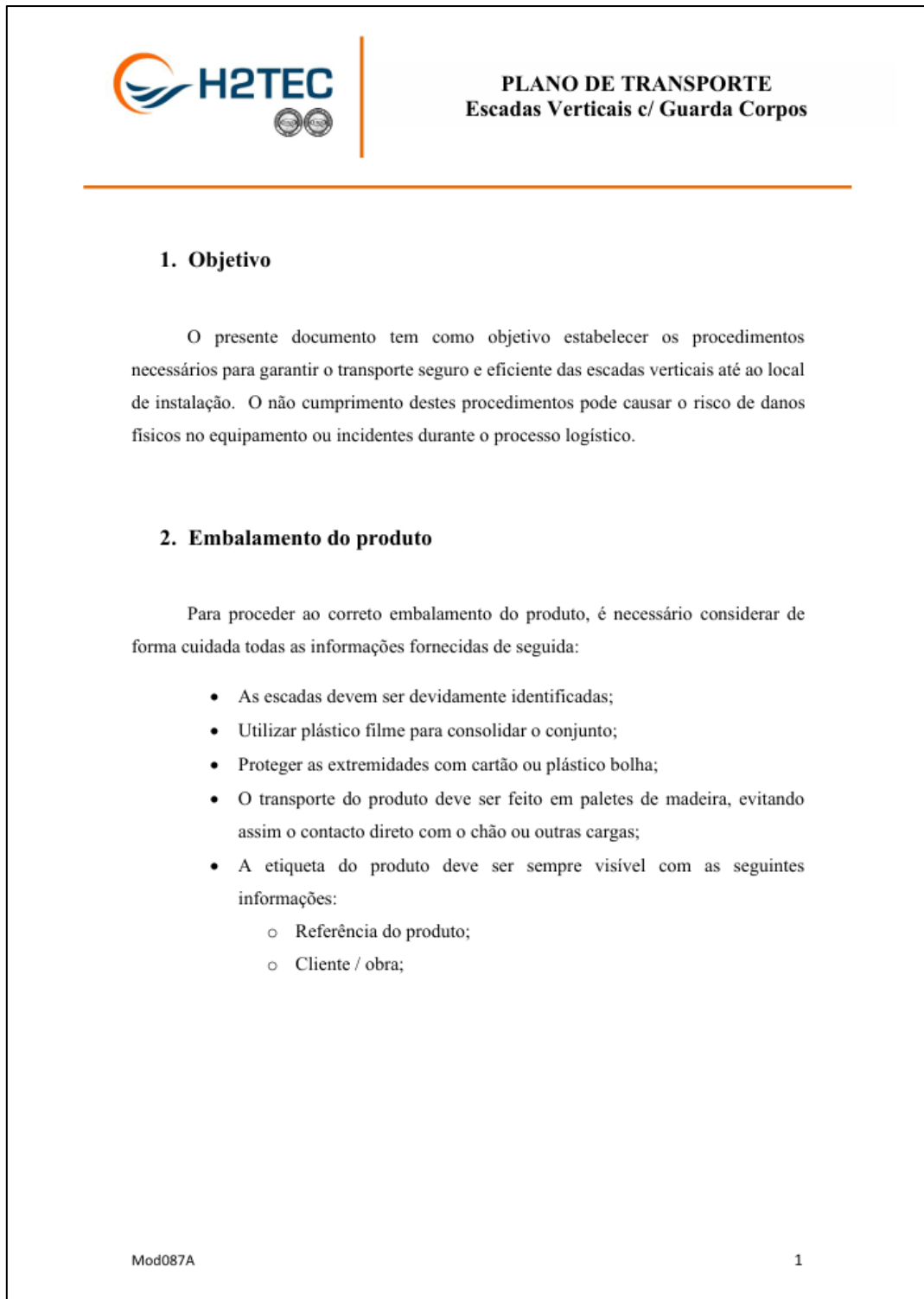


Figura 49 - Plano de transporte (1ª Página)



PLANO DE TRANSPORTE

Escadas Verticais c/ Guarda Corpos

3. Manuseamento

A movimentação das escadas deve ser realizada com recurso a:

- Empilhador;
- Ponte Rolante com cintas;

Ao manusear o equipamento com o recurso a ponte raspadora, as cintas devem ser fixas nos degraus, na seguinte posição:

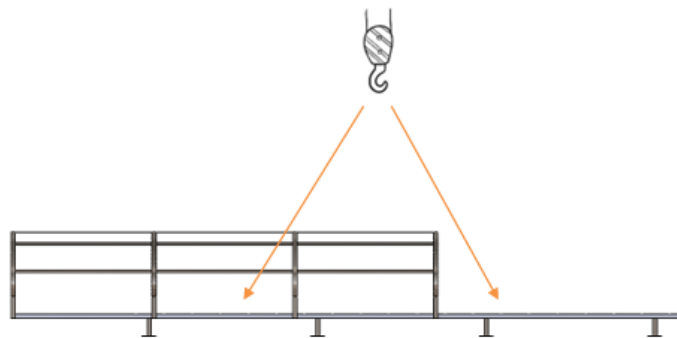


Figura 1 - Posição de movimentação das escadas



PLANO DE TRANSPORTE

Escadas Verticais c/ Guarda Corpos

4. Transporte

No transporte das escadas, devem ser considerados os seguintes aspetos:

- Transportar o produto em viaturas adequadas ao seu comprimento;
- Durante o transporte, garantir que as escadas são transportadas de forma segura, nomeadamente:
 - Colocá-las de forma estável;
 - Fixá-las com cintas de amarração;
 - Proteger os pontos de contacto com as cintas, de forma a evitar deformações ou danos.
- Caso sejam transportadas com outros materiais, assegurar que não existe contacto direto entre eles, prevenindo assim eventuais danos estruturais nas escadas.

5. Receção no local

Na chegada ao local de instalação, devem ser realizadas as seguintes **verificações obrigatórias**:

- Confirmação da ausência de danos visíveis;
- Verificação da presença de todos os componentes integrantes da escada, conforme indicado na guia de transporte;
- Correspondência com o projeto / obra.

Nota: Caso se detetem danos, a ocorrência deve ser registada na guia de transporte e comunicada de imediato ao fornecedor ou responsável técnico.

Figura 51 - Plano de transporte (3ª Página)

4.12 Controlo de Produção

De acordo com a norma **NP EN 14396**, independentemente do sistema de avaliação e regularidade selecionado, a atribuição da conformidade ao produto de construção requer que o fabricante implemente um **controlo de produção em fábrica**.

A norma estabelece que o controlo é garantido quando realizado de acordo com as seguintes condições:

- O controlo de produção em fábrica deve estar em conformidade com os requisitos da EN ISO 9001;
- Devem ser cumpridos os requisitos técnicos adicionais definidos na norma NP EN 14396.

Relativamente ao primeiro requisito, importa referir que a empresa em análise se encontra certificada pela norma EN ISO 9001, o que demonstra o seu compromisso com a implementação de um sistema de qualidade eficaz. Esta certificação constitui, por si só, um dos requisitos fundamentais estabelecidos pela norma NP EN 14396.

O sistema de gestão da qualidade implementado assegura o controlo do processo produtivo da organização, promovendo assim a melhoria contínua da mesma. Deste modo, a certificação ISO 9001 contribui de forma direta para a conformidade com a norma harmonizada, reforçando a fiabilidade do processo de fabrico do produto de construção e garantindo a qualidade do produto final.

Quanto ao segundo requisito, a norma NP EN 14396 define um conjunto de aspetos técnicos a considerar durante o processo produtivo das escadas, nomeadamente:

- Aspeto da superfície;
- Dimensões;
- Capacidade resistente;
- Proteção contra a corrosão;
- Marcação;

Relativamente ao **aspeto da superfície**, a título de exemplo, apresenta-se na imagem seguinte (Figura 52) um produto de construção que demonstra a qualidade superficial das escadas fabricadas pela empresa, garantindo assim a conformidade com este requisito.



Figura 52 - Aspeto da superfície durante o processo de soldadura

No que respeita às **dimensões** do produto de construção, durante o processo produtivo são rigorosamente controladas as dimensões de todos os componentes do produto. Como exemplo, apresenta-se de seguida a verificação dimensional de um dos degraus da escada (Figura 53).



Figura 53 – Dimensão dos degraus do produto

A **capacidade resistente** do produto será assegurada através da realização dos ensaios tipo descritos na norma, conduzidos por um organismo notificado. Este tema será desenvolvido com maior detalhe no ponto seguinte do presente trabalho.

A **proteção contra a corrosão** é garantida através de um processo de passivação, tratamento químico aplicado a metais com o objetivo de aumentar a sua resistência à corrosão. Na imagem apresentada de seguida (Figura 54), é possível observar um produto submetido a este tratamento.



Figura 54 – Escadas após o processo de passivação

Por fim, a **marcação** do produto é realizada por gravação a laser em uma chapa de aço inoxidável, sendo a fixação realizada por meio de rebites. A imagem seguinte (Figura 55) ilustra um exemplo prático da marcação efetuada na empresa.



Figura 55 – Exemplo de marcação do produto de construção

Com base nos pontos anteriormente mencionados e ilustrados, conclui-se que todos os requisitos estabelecidos pela NP EN 14396 para o controlo de produção em fábrica são cumpridos. Este cumprimento reflete-se não só na conformidade documental e técnica, mas também na qualidade visível do produto final, demonstrando que a empresa assegura de forma sistemática e eficaz a produção de escadas de acordo com os critérios normativos aplicáveis.

4.13 Declaração de Desempenho

Para o caso de estudo em análise, foi adotado o **sistema três** de avaliação e verificação de regularidade e desempenho, conforme descrito no ponto 2.8.7 deste documento. Este sistema prevê a intervenção de um organismo notificado, responsável pela realização da avaliação de desempenho do produto e, conseqüentemente, pela emissão da respetiva declaração de desempenho.

Com o objetivo de identificar organismos notificados a nível nacional com competência para realizar os ensaios indicados na norma NP EN 14396 (referidos no ponto 4.7), foi realizada uma pesquisa aprofundada sobre o tema. Dessa pesquisa resultou a identificação de quatro possíveis entidades potencialmente qualificadas para este efeito:

- IPQ - Instituto Português da Qualidade;
- LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;
- Itecons – Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade;
- TÜV Rheinland;

Após esta identificação, os quatro organismos foram contactados com o intuito de obter informações detalhadas sobre os serviços disponibilizados no âmbito da avaliação de desempenho do produto, bem como para solicitar propostas comerciais para a realização deste serviço. Este processo irá permitir, numa fase posterior, selecionar a entidade mais adequada para a realização dos ensaios necessários à certificação do produto.

4.14 Declaração de conformidade


De acordo com a norma NP EN 14396, a marcação CE pode ser aposta no produto de construção quando se verificam as seguintes condições: o controlo de produção em fábrica está em conformidade com os requisitos da norma, e é emitida a declaração de desempenho por parte do organismo notificado. Para formalizar este

processo, o fabricante deve elaborar uma **Declaração de Conformidade**, documento que garante que o produto cumpre os requisitos técnicos e regulamentares estabelecidos pela norma harmonizada aplicável.

A norma define que a declaração de conformidade deve incluir, no mínimo, a seguinte informação:

- Nome e morada do produtor;
- Descrição do produto;
- Disposições com as quais o produto está em conformidade;
- Condições particulares aplicáveis à utilização do produto;
- Nome e função da pessoa habilitada a assinar a declaração.

Em conformidade com os requisitos anteriormente descritos, foi elaborada uma declaração de conformidade (Figura 56) relativa ao produto de construção em estudo, garantindo assim a rastreabilidade, a legalidade e a conformidade para a colocação deste produto no mercado.



H2TEC – Soluções Ambientais, S.A.
 Parque de Negócios, Lote 20, 3140-293 Montemor-o-Velho
 Telefone: 239 150 000
 E-mail: geral@h2tec.pt
 Site: www.h2tec.pt

DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE
De acordo com a norma NP EN 14396

H2TEC – Soluções Ambientais, S.A.
 Parque de Negócios, Lote 20, 3140-293 Montemor-o-Velho

Compilação do processo técnico: (Nome do produtor)
 Parque de Negócios, Lote 20
 3140-293 Montemor-o-Velho

Tipo: Escadas Fixas para Câmaras de Visita

Identificação: EV – CV – (***)¹

Legenda: 1: Altura a vencer

Utilização: Acesso Seguro a Câmaras de Visita

O equipamento satisfaz todas as disposições da norma NP EN 14396, garantindo conformidade com os requisitos estabelecidos para projeto, construção e segurança.

Esta declaração refere-se exclusivamente ao equipamento no estado em que é colocado no mercado e exclui os componentes acrescentados e/ou modificações que venham a ser efetuadas pelo utilizador final.

A instalação, utilização e manutenção do equipamento devem ser realizados em conformidade com as indicações presentes manual de instruções e de acordo com as boas práticas. É expressamente proibido realizar alterações estruturais ou modificar as dimensões do equipamento fornecido. O fabricante não assume qualquer responsabilidade pelo uso indevido do equipamento ou pela sua utilização para fins distintos dos especificados pelo fabricante.

Montemor-o-Velho, 17 de julho de 2025.

H2TEC – Soluções Ambientais S.A.

(Nome do produtor)
(Administração)

Mod086A

Página 1 de 1

Figura 56 – Modelo da declaração de conformidade

5 TRABALHOS FUTUROS

A elaboração de um dossier técnico é um processo bastante longo e exigente. Neste sentido, o desenvolvimento do presente trabalho permitiu estruturar o dossier técnico para o produto em estudo, estabelecendo as bases normativas e documentais que asseguram a conformidade do produto. No entanto, a fase alcançada corresponde a uma etapa preliminar para colocação do produto no mercado.

Como trabalho futuro, será necessário selecionar um organismo notificado devidamente acreditado, que assegure a realização da avaliação de desempenho do produto em conformidade com os requisitos normativos aplicáveis. A escolha deste organismo deverá ter em conta fatores como âmbito de creditação, experiência no setor e requisitos específicos da norma NP EN 14396:2009. Concluída a avaliação, será possível avançar para a emissão da **declaração de desempenho**, passo essencial para garantir a conformidade regulamentar e possibilitar a colocação do produto no mercado.

Após o produto no mercado, a **avaliação de riscos** irá sofrer alterações. Com o aumento da produção de escadas, será possível obter uma maior quantidade de dados sobre os pontos considerados, o que permitirá atualizar a classificação dos diferentes riscos e implementar, de um modo mais preciso, medidas corretivas. À medida que estas medidas forem implementadas, o processo de fabrico será melhorado de forma contínua tornando a avaliação de riscos um documento dinâmico e sujeito a revisões regulares. Deste modo, com a realização deste trabalho foi dado o primeiro passo na elaboração da avaliação de riscos, assumindo-se como a primeira versão, que será constantemente atualizada e melhorada com base na experiência prática e na evolução do processo produtivo

Um dos pontos ainda por desenvolver no âmbito deste projeto é o **controlo de garantias**. Este tema, habitualmente presente no dossier técnico de produtos já em comercialização, possui uma enorme importância para a rastreabilidade do acionamento de garantias e para a melhoria contínua do produto ao longo do seu ciclo de vida. No entanto, tendo em conta que o produto em questão se encontra ainda em fase de desenvolvimento e não foi ainda comercializado, não existem dados plausíveis ou histórico que permitam a implementação efetiva de um sistema de controlo de garantias. Para definir procedimentos relacionados com reclamações, registo de ocorrências ou gestão de devoluções é necessário possuir uma base de dados real que só irá ser possível de obter após o produto ser colocado no mercado.

Neste sentido, com base em sistemas de controlo de garantias para outros produtos da empresa, prevê-se numa fase posterior estruturar um sistema de controlo de garantias adequado que permita:

- Analisar reclamações de clientes;
- Identificar falhas/defeitos de fabrico;

- Promover o processo de melhoria continua do produto.

Por fim, como trabalho futuro relevante no âmbito da melhoria continua do produto, a implementação de um sistema de gestão de **não conformidades** é essencial. Esta ferramenta é um elemento-chave para garantir o cumprimento dos requisitos técnicos e de qualidade durante a produção das escadas, permitindo identificar, registar e corrigir eventuais problemas. No entanto, visto que o produto ainda se encontra em fase de desenvolvimento, nesta fase, não existem dados práticos que justifiquem o desenvolvimento completo deste ponto. O estabelecimento de procedimentos para a implementação de um sistema de gestão de não conformidades, à semelhança do que já acontece com outros produtos da empresa, irá ser realizada numa etapa posterior baseada em:

- Anomalias detetadas durante a produção do produto;
- Inspeções e controlos de qualidade;
- Opinião dos técnicos de fabrico;
- Falhas identificadas após a introdução do produto no mercado.

Deste modo, a gestão de não conformidades será prioridade posteriormente, contribuindo ativamente para a melhoria contínua e no controlo de qualidade do produto em contexto real.

Conclui-se assim, que apesar de o presente dossier técnico representar uma base sólida para o lançamento do produto, existem pontos essenciais, como o controlo de garantias e gestão de não conformidades que deverão ser desenvolvidos no futuro, dependendo da evolução prática e comercial do produto.

6 CONCLUSÕES

O percurso desenvolvido favoreceu a concretização dos objetivos estipulados inicialmente, direcionados na estruturação de um dossier técnico para escadas fixas em câmaras de visita, em conformidade com a norma NP EN 14396:2009 e demais diretrizes regulamentares aplicáveis. A metodologia utilizada teve em conta este mesmo objetivo, onde foi realizada uma análise cuidada e detalhada das normas e documentos complementares, destacando-se o Regulamento (UE) n.º 305/2011 e os princípios associados à marcação compreendendo também, referências pertinentes no contexto da normalização e da qualidade. Assim sendo, esta análise viabilizou o reconhecimento claro dos requisitos técnicos e de segurança imprescindíveis à colocação do produto no mercado.

Tendo em conta o presente enquadramento, executou-se o dossier técnico, que agrupou documentação analisada e aprofundada, avaliação de riscos, lista de materiais, fluxograma do processo produtivo, ficha técnica, instruções de montagem e utilização, plano de transporte e declarações de conformidade e de desempenho. Em simultâneo, foi desenvolvido o próprio produto, efetuando modelação tridimensional, elaborando desenhos de fabrico e analisando o seu desempenho estrutural, como o objetivo de validar a adequação dos materiais selecionados e a conformidade com os requisitos de resistência e segurança. A articulação destes elementos, assegurou a produção de um dossier técnico detalhado e qualificado a sustentar o processo de certificação e lançamento do produto no mercado.

O presente trabalho, apresenta como objetivo final o fornecimento de um recurso técnico e normativo completo, que não só disponibiliza de forma organizada os requisitos da norma NP EN 14396:2009, como também sinaliza a sua aplicação prática através do desenvolvimento de um produto real. Esta contribuição assume uma relevância evidente para a empresa H2TEC, uma vez que, estabelece uma base firme para a colocação do produto no mercado, revelando ainda assim um valor académico elevado ao articular a análise normativa ao desenvolvimento de engenharia aplicado.

Contudo, reconheço que o estudo revela algumas fragilidades, principalmente na inexistência de ensaios experimentais em protótipos físicos, que poderiam reforçar as simulações realizadas, validando empiricamente os resultados adquiridos. Neste contexto, futuramente poderão ser realizados trabalhos complementares, nomeadamente, a realização dos ensaios laboratoriais, a continuação da avaliação de riscos, o desenvolvimento de um sistema de controlo de garantias, o desenvolvimento de um sistema de gestão de não conformidades, a otimização do processo produtivo e a expansão do dossier técnico a outros produtos de características semelhantes, consolidando a sua aplicabilidade e utilidade prática.

Em síntese, o projeto alcançou os objetivos definidos, ao conciliar a análise normativa com a prática de engenharia e ao disponibilizar um dossier técnico

robusto, que constitui uma base fundamental para assegurar a conformidade regulamentar, a segurança estrutural e a viabilidade do produto no mercado.

A realização deste trabalho permitiu adquirir competências no processo de desenvolvimento de um dossier técnico, bem como no desenvolvimento de um produto. Adicionalmente, evidenciou a relevância de estabelecer a ligação entre a documentação normativa e a realidade prática do exercício da engenharia, no contexto de desenvolvimento de um produto. Por fim, este trabalho contribui igualmente para o aprofundamento da capacidade de análise crítica e interpretativa da documentação normativa, de forma eficaz e orientada para a aplicação prática.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asana. (2025). *O que é um fluxograma?* <https://asana.com/pt/resources/what-is-a-flowchart>. (Acedido no dia 25 de março de 2025)
- APOpartner. (2025). *Realização de uma auditoria interna de acordo com a ISO 19011*. <https://www.apopartner.pt/realizacao-de-uma-auditoria-interna-de-acordo-com-a-iso-19011/> (Acedido no dia 13 de abril de 2025)
- DQS. (2025). *Coisas a saber sobre auditorias*. DQS Global. <https://www.dqsglobal.com/pt-pt/aprender/centro-de-conhecimento-dqs/coisas-a-saber-sobre-auditorias> (Acedido no dia 10 de junho de 2025)
- European Commission. (2025). *Technical documentation and EU declaration of conformity. Your Europe – Business*. Disponível em: https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/compliance/technical-documentation-conformity/index_en.htmhttps://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/compliance/technical-documentation-conformity/index_en.htm (Acedido no dia 15 de junho de 2025)
- Evrin, V. (2021). *Risk assessment and analysis methods: Qualitative and quantitative*. ISACA Journal, Vol. 2, 1-6. https://www.isaca.org/-/media/files/isacadp/project/isaca/articles/journal/2021/volume-2/risk-assessment-and-analysis-methods-qualitative-quantitative_joa_eng_0421.pdf (Acedido no dia 25 de julho de 2025)
- Instituto Português da Qualidade. (2009). *NP EN 14396:2009 – Escadas fixas para câmaras de visita*. IPQ. (Acedido no dia 10 de agosto de 2025)
- Instituto Português da Qualidade. (2015). *NP EN ISO 9001:2015 – Sistemas de gestão da qualidade: Requisitos*. IPQ. (Acedido no dia 21 de fevereiro de 2025)
- Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Departamento de Mecânica. (2023). *Apontamentos da unidade curricular de Laboratórios de Engenharia e Produção*. (Apontamentos não publicados). (Acedido no dia 10 de junho de 2025)
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 19011:2018 – Guidelines for auditing management systems*. ISO. (Acedido no dia 17 de agosto de 2025)
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 31000:2018 – Risk management – Guidelines*. *ISO SACA Journal, Volume 2*, 1–6. (Acedido no dia 24 de agosto de 2025)
- ISO 31000. (2025). *Matriz de riscos*. <https://iso31000.net/matriz-de-riscos/> (Acedido a 28 de agosto de 2025)
- Jensen, A., & Chenoweth, H. H. (1972). *Applied engineering mechanics*. McGraw-Hill, Inc. (Acedido a 11/10/2025)

Mirlisenna, G. (2016, 22 de janeiro). *Método dos Elementos Finitos: o que é?* Blog ESSS. Recuperado de <https://www.esss.com/blog/metodo-dos-elementos-finitos-o-que-e/> (Acedido no dia 12 de junho de 2025)

Petronilho, J. F. G. (2018). *Implementação de Bill of Materials e de uma ferramenta de planeamento numa empresa de produção de linhas de costura* (Tese de mestrado, Universidade do Minho) (Acedido no dia 25 de maio de 2025)

Quinteiro, P. D. O., Gonçalves, G. S., & Silva, F. S. (2023, janeiro). *Análise estrutural de um cavalete + Estudo da maquinaria de um short shift*. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Departamento de Engenharia Mecânica. (Acedido no dia 13 de junho de 2025)

Santos, C., & Niz, G. (2024, julho 22). *Normalização: Objetivos, princípios e estrutura*. IPQ. (Acedido no dia 2 de janeiro de 2025)

Serrão, C. A. C. (2015). *Codificação, bill of materials e monitorização da produção na indústria da automação* (Relatório de estágio, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra) (Acedido no dia 26 de maio de 2025)

SkyCiv Engenharia. (2025, 10 de janeiro). *O que é o momento fletor?* SkyCiv. <https://skyciv.com/pt/docs/tutorials/beam-tutorials/what-is-bending-moment/> (Acedido a 11/10/2025).

Sun, J. (2024). *Knowledge management system as an efficient and sustainable strategy to minimize uncertainty in the process of risk assessment*. Corporate Governance and Sustainability Review, 8(2), 8–23. <https://doi.org/10.22495/cgsrv8i2p1> (Acedido no dia 27 de junho de 2025)

União Europeia. (1993). *Diretiva 93/68/CEE do Conselho, de 22 de julho de 1993, que altera as Diretivas 87/404/CEE, 88/378/CEE, 89/106/CEE, 89/336/CEE, 89/392/CEE, 89/686/CEE, 90/384/CEE, 90/385/CEE, 90/396/CEE, 91/263/CEE, 92/42/CEE e 73/23/CEE*. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, L 220, 1–23. Disponível em <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:31993L0068> (Acedido no dia 12 de agosto de 2025)

União Europeia. (2011, 9 de março). *Regulamento (UE) n.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de março de 2011, que estabelece condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção* (OJ L 88, 4.4.2011, pp. 5–43). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011R0305> (Acedido no dia 14 de agosto de 2025)

União Europeia. (2012). *Regulamento (UE) n.º 1025/2012 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, relativo à normalização europeia, que altera as Diretivas 89/686/CEE e 93/15/CEE do Conselho e as Diretivas 94/9/CE, 94/25/CE, 95/16/CE, 97/23/CE, 98/34/CE, 2004/22/CE, 2007/23/CE, 2009/23/CE e 2009/105/CE do Parlamento Europeu e do Conselho e revoga a Decisão 87/95/CEE do Conselho e a Decisão n.º 1673/2006/CE do Parlamento Europeu e do Conselho*. Jornal Oficial da União Europeia, L 316, 12–33 (Acedido no dia 18 de agosto de 2025)

União Europeia. (2025). *Marcação CE*. Portal "Your Europe". https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index_pt.htm (Acedido no dia 19 de janeiro de 2025)

University of Coimbra. (2025). Processes. Accept UC. <https://accept.uc.pt/processes>
(Acedido a 15 de agosto de 2025)

ANEXOS

Anexo I – Ensaio da força vertical dos degraus

NP
EN 14396
2009

p. 20 de 35

Anexo B (normativo)

Ensaio de força vertical dos degraus

B.1 Aparelhos e utensílios

O equipamento de ensaio deve consistir no seguinte:

- um pilão de ensaio que distribuirá uniformemente a força num comprimento de (100 ± 2) mm;
- um dispositivo com capacidade para aplicar uma força superior em 25 %, no máximo, à força máxima especificada em 4.4.2; os dispositivos de ensaio devem ter uma exactidão de ± 3 % da força aplicada;
- um dispositivo de fixação para manter a escada fixa;
- um dispositivo adequado para medir a flecha, com uma exactidão de $\pm 0,05$ mm.

Os dispositivos de fixação devem ter uma forma que se ajuste ao perfil do montante.

B.2 Procedimento

Fixa-se firmemente a secção da escada de forma que o degrau a ensaiar se comporte como uma consola. Deve estabelecer-se um ponto de referência a partir de qual se mede a flecha:

- no centro do piso do degrau, no caso de escadas fixas com dois montantes, como indicado na Figura B.1;
- a uma distância de 50 mm das protecções laterais utilizadas para evitar escorregamentos, no caso de escadas fixas com um montante, como indicado na Figura B.2.

Aplica-se, durante 1 min, uma força preliminar de 200 N perpendicularmente ao piso do degrau. A posição do degrau, após ser retirada esta força, é considerada como ponto de referência para o ensaio a realizar com a força de ensaio.

A direcção da força preliminar e da força de ensaio de 2,5 kN é perpendicular ao piso do degrau. A força preliminar e a força de ensaio são distribuídas uniformemente num comprimento de 100 mm, como indicado na Figura B.1 e na Figura B.2.

Após ser retirada a força de ensaio, a flecha residual do degrau não deve ser superior a 0,3 % do comprimento do degrau (ver a Figura B.1 e a Figura B.2). Não devem ser visíveis fendas nem danos. O ponto de medição situa-se a uma distância de 50 mm da protecção lateral prevista na extremidade do degrau para evitar escorregamentos; a direcção de medição estará alinhada com a da aplicação da força de ensaio.

B.3 Relatório de ensaio

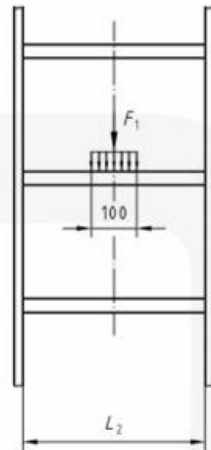
O relatório de ensaio deve incluir a seguinte informação:

- a identificação da amostra para o ensaio (produtor, lote, materiais e dimensões);
- a referência à presente Norma;
- o método de fixação;
- a flecha residual, fendas e danos;
- a data de ensaio.

**NP
EN 14396
2009**

p. 21 de 35

Dimensões em milímetros



Legenda:

F_1 força vertical
 L_2 largura do degrau

Fonte: Norma NP EN14396

Anexo II – Ensaio da resistência dos montantes

NP
EN 14396
2009

p. 22 de 35

Anexo C (normativo)

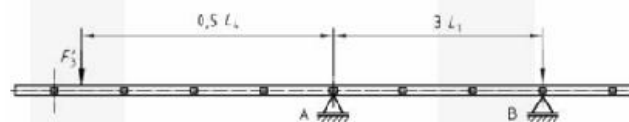
Ensaio de resistência dos montantes das escadas fixas com dois montantes e das escadas fixas com um montante

C.1 Aparelhos e utensílios

O ensaio de flexão dos montantes das escadas fixas com um montante ou com dois montantes deve ser realizado como representado na Figura C.1.

A flexão dos montantes deve ser medida com dispositivos com uma exactidão de 0,1 mm.

Dimensões em milímetros



Legenda:

A ponto de fixação
B ponto de fixação
 F_3 força vertical aplicada
 L_1 distância entre os pisos de dois degraus sucessivos
 L_4 distância entre dois suportes

Figura C.1 Ensaio de resistência dos montantes das escadas fixas com um montante ou com dois montantes

C.2 Procedimento

A força F_3 , como especificada em 4.4.3.2, deve ser aplicada verticalmente a uma distância de $0,5 L_4$ do ponto de fixação A. No caso de escadas fixas com dois montantes, F_3 pode ser distribuída uniformemente entre os montantes. O tempo de aplicação da força deve ser de, pelo menos, 1 min. Após ser retirada a força, deve ser medida a flecha residual.

C.3 Relatório de ensaio

O relatório de ensaio deve incluir a seguinte informação:

- a identificação da amostra para o ensaio (produtor, lote, materiais e dimensões);
- a referência à presente Norma;
- o método de fixação;
- a flecha residual;
- a data do ensaio.

Fonte: Norma NP EN14396

Anexo III – Ensaio da resistência dos montantes

NP
EN 14396
2009

p. 25 de 35

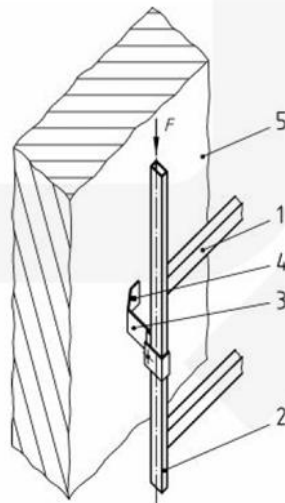
Anexo E
(normativo)

Cálculo da resistência dos pontos de cravação

E.1 Escadas fixas com dois montantes sem sistema anti-queda

A resistência dos pontos de cravação das escadas fixas com dois montantes deve ser calculada de acordo com as disposições em vigor no local de utilização, tendo em consideração uma força de 3 kN para cada montante, aplicada ao longo do eixo médio de cada montante (ver a Figura E.1).

Em cada montante, devem ser considerados quatro pontos de cravação, no máximo, através dos quais as forças serão transmitidas às partes fixas circundantes.



Legenda:

- 1 degrau
- 2 montante
- 3 suporte
- 4 ponto de cravação
- 5 parte fixa (por exemplo, uma parede)
- F força vertical

Figura E.1 – Montagem para a avaliação dos pontos de cravação e das ligações das escadas fixas com dois montantes

Fonte: Norma NP EN14396

Anexo IV – Cálculo da resistência das escadas fixas

NP
EN 14396
2009

p. 27 de 35

Anexo F (normativo)

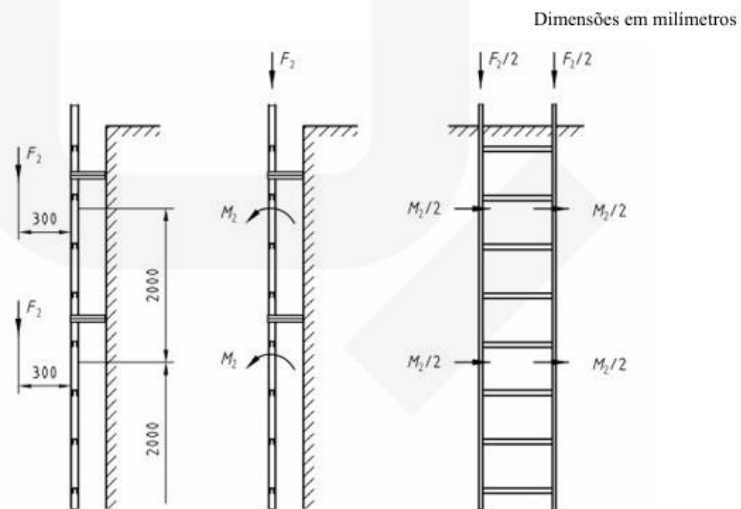
Cálculo da resistência das escadas fixas

A resistência das escadas fixas deve ser calculada de acordo com as disposições em vigor no local de utilização, tendo em consideração os sistemas representados na Figura F.1 (escada fixa com dois montantes) e na Figura F.2 (escada fixa com um montante).

A força de projecto F_2 representa a força vertical exercida no montante, em intervalos de 2 m, ao longo de uma linha de acção que é paralela ao eixo médio do montante e a uma distância de 300 mm da escada fixa.

A escada fixa deve suportar essa força.

Em alternativa, F_2 poderá ser substituído, nos cálculos, pelo momento flector M_2 (ver a Figura F.1 e a Figura F.2), em que: $M_2 = F_2 \times 300$ mm.



Legenda:

F_2 força vertical exercida no montante

M_2 momento flector

Figura F.1 – Força F_2 e momento flector M_2 em escadas fixas com dois montantes

Fonte: Norma NP EN14396



**Instituto Superior
de Engenharia**

Politécnico de Coimbra