



# Sistema de monitorização automático da gramagem de tinta numa linha de produção

**FERNANDO DANIEL BARBOSA PEREIRA**

Julho de 2019

**Instituto Superior de Engenharia do Porto**  
Departamento de Engenharia Eletrotécnica  
Rua Dr. António Bernardino de Almeida 431, 4200-072 Porto

# **Sistema de monitorização automático da gramagem de tinta numa linha de produção**

Tese/Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores -  
Área de Especialização de Automação e Sistemas elaborado por:

**Fernando Daniel Barbosa Pereira**  
1131204@isep.ipp.pt

Orientador: Ramiro Barbosa  
Orientadora de Estágio: Sahara Guimerá

Ano Lectivo: 2018-2019



*Never give up on what you really want to do. The person with big dreams is more powerful than the one with all the facts*

Albert Einstein



---

# Agradecimentos

---

A realização da presente dissertação de mestrado contou com importantes apoios e incentivos sem os quais não seria tornado uma realidade e aos quais estarei eternamente grato.

Inicialmente, um enorme Obrigado ao meu orientador Eng. Ramiro Barbosa, por toda a disponibilidade e persistência que teve comigo para a conclusão da dissertação.

Ao Departamento de processos do IKEA por me apresentarem um excelente desafio. Obrigado ao José Abrunhosa, tecnologista da linha *Lacquering* e ao responsável do departamento, Luís Ribeiro, pela confiança e por todo o apoio necessário para a realização do projeto.

Aos operadores da linha *Lacquering* por toda a disponibilidade prestada e pela colaboração na realização dos testes finais.

À Natália Oliveira e Fernanda Silva pela parte administrativa na compra do material e aconselhamento orçamental do projeto.

Ao Bruno Maia por me ter ajudado na construção do suporte de calibração do projeto.

Ao meu chefe António Moreira por toda a paciência que teve comigo relativamente aos custos do projeto.

À minha supervisora Sahara Guimerá por toda a colaboração, paciência e persistência que teve comigo. Tanto na gestão do meu tempo como na resolução de processos burocráticos mais complicados.

Aos técnicos do turno da noite, um enorme obrigado por me terem ajudado numas das fases mais complicadas do projeto. Por me mostrarem o que é um verdadeiro espírito de equipa.

Aos meus colegas de trabalho, Adriana Ramos e Eduardo Rodrigues por todo o vosso apoio nesta longa jornada. Pelos desabafos e por toda a força nos momentos menos bons. Pela disponibilidade e fantástico espírito de equipa.

Ao Paulo Pereira, por ter sido a pessoa que mais me orientou em todo o projeto. Obrigado pela disponibilidade que tiveste comigo e por nunca me teres recusado um pedido de ajuda.

Aos meus pais por todo o esforço que fizeram para que isto fosse possível. Pela enorme paciência que tiveram comigo e pela força que me deram para nunca desistir. Obrigado pela educação que me deram e por me terem dado a possibilidade de ter uma melhor formação a nível académico.

O agradecimento mais importante vai para a minha namorada Susana Sousa. Obrigado pela pessoa que és comigo e por toda a paciência que tiveste ao longo desta viagem. Por me teres limpo as lágrimas nos momentos em que pensei que não iria conseguir, e pelas vezes que me disseste que tudo iria correr bem. Obrigado pela enorme força que me deste e por seres o meu maior pilar na minha vida.

---

# Resumo

---

Nos dias de hoje uma empresa torna-se mais rentável, tendo ela, o controlo sobre todos os processos existentes para a finalidade do produto. Desta forma o controlo de processo na indústria tornou-se uma área bastante importante para o sucesso da mesma. Como tal, a Ingvar Kamprad Elmtaryd Agunnaryd (IKEA), teve a necessidade de acompanhar a evolução tecnológica e propôs o desenvolvimento de um projeto capaz de realizar o controlo da quantidade de tinta aplicada no produto, de forma automática. Através deste desafio surge a criação do sistema descrito na presente dissertação, designado por *Ink Control System*. Este sistema foi desenvolvido para substituir o processo manual instalado na linha *Lacquering* da IKEA. O *Ink Control System* é constituído por um *software* desenvolvido através do Visual Studio, que permite a interação entre o utilizador e o sistema. A nível de funcionamento, relaciona a temperatura com o peso da tinta através de um processo de calibração que permite determinar a quantidade de tinta aplicada no produto em produção contínua.

## Palavras Chave

Controlo de processo, *Ink Control System*, calibração, tinta, automática.



---

# Abstract

---

Nowadays a company becomes more profitable, having control over all existing processes for the final realization of the product. In this way, the process control in the industry has become a very important area for its success. As such, Ingvar Kamprad Elmtaryd Agunnaryd (IKEA), had the needed to pursuit the evolution of technology and proposed the development of a project, capable of controlling the ink quantity applied on the product, automatically. Through this challenge emerges the creation of the system described in the present dissertation, denominated by *Ink Control System*. This system has been developed to replace the manual process installed in the *Lacquerin* line of IKEA. *Ink Control System* is made up of a software developed by Visual Studio, which allows interaction between the user and the system. At the operating level, it relates the temperature to the ink weight, through a calibration procedure to determinate the amount of ink applied to the product in continuous production.

## KeyWords

Process control, *Ink Control System*, calibration, ink, automatically.



---

# Conteúdo

---

Conteúdo	xi
Lista de Figuras	xv
Lista de Tabelas	xix
Glossário	xxi
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Contextualização	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Calendarização	2
1.4 Estrutura da Dissertação	4
<b>2 IKEA <i>Industry</i> Portugal</b>	<b>5</b>
2.1 Nota Histórica	5
2.2 IKEA <i>Industry Group</i> e IKEA <i>Industry</i> Portugal	6
2.3 Fluxo Produtivo <i>Laquer&amp;Print</i>	7
2.3.1 Produtos <i>Laquer&amp;Print</i>	7
2.3.2 Gama de produtos <i>Laquer&amp;Print</i>	9
2.3.3 Fluxo de materiais <i>Laquer&amp;Print</i>	9
2.3.4 <i>Layout</i> do fluxo <i>Laquer&amp;Print</i>	11
2.3.4.1 <i>Cutting</i>	11
2.3.4.2 <i>Frames&amp;ColdPress</i>	11
2.3.4.3 <i>EdgeBand&amp;Drill</i>	11
2.3.4.4 <i>Lacquering</i>	11
2.3.4.5 <i>Packing</i>	11
<b>3 Caso de estudo</b>	<b>13</b>
3.1 <i>Layout</i> da linha <i>Lacquering</i>	13
3.1.1 Aplicadores de tinta - <i>Smartcoater</i>	15

3.2	Descrição do sistema previamente instalado . . . . .	16
3.2.1	Funcionamento do sistema previamente instalado . . . . .	17
3.2.2	Análise ao sistema atual . . . . .	20
3.3	Solução proposta . . . . .	20
<b>4</b>	<b>Descrição do <i>Hardware</i> e <i>Software</i> do <i>Ink Control System</i></b>	<b>21</b>
4.1	Funcionamento do <i>Ink Control System</i> . . . . .	21
4.2	<i>Hardware</i> . . . . .	22
4.2.1	Unidade de controlo - Siemens S7 1200 . . . . .	23
4.2.2	Signal Board S7 1200 . . . . .	23
4.2.3	Sensor Optris CT . . . . .	24
4.2.4	Plataforma de pesagem - AIN50 e interface TA4D/2 . . . . .	25
4.2.5	Sensor Ultrassónico - Banner . . . . .	26
4.2.6	Motor <i>Stepper</i> . . . . .	27
4.2.7	Drive US1D200P10 . . . . .	28
4.3	<i>Software</i> . . . . .	28
4.3.1	Programação da unidade de controlo . . . . .	29
4.3.2	Programação da interface gráfica . . . . .	35
4.3.3	Base de dados - MySQL Workbench . . . . .	47
<b>5</b>	<b>Calibração do Sistema <i>Ink Control System</i></b>	<b>51</b>
5.1	Sistema de Calibração do sensor Optris . . . . .	51
5.1.1	Calibração do <i>Ink Control System</i> . . . . .	52
<b>6</b>	<b>Análise de resultados e Conclusões</b>	<b>57</b>
6.1	Resultados dos Testes . . . . .	57
6.1.1	1º Teste - Verificação das gramagens do <i>Ink Control System</i>	58
6.1.2	2º Teste - Gramagens do <i>Ink Control System</i> face aos re- gistros dos operadores . . . . .	60
6.2	Conclusões Gerais . . . . .	65
6.2.1	Imagens do <i>Ink Control System</i> . . . . .	66
6.3	Melhorias futuras . . . . .	70
	<b>Bibliografia</b>	<b>73</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>75</b>
	<b>A <i>Layout</i> Fluxo L&amp;P</b>	<b>75</b>
	<b>B Código da Unidade de Controlo</b>	<b>77</b>
	<b>C Código da interface gráfica</b>	<b>85</b>
	<b>D Esquemas Elétricos</b>	<b>87</b>

<b>E Datasheets do <i>hardware</i></b>	<b>99</b>
ANEXO E.1 . . . . .	101
ANEXO E.2 . . . . .	105
ANEXO E.3 . . . . .	109
ANEXO E.4 . . . . .	111
ANEXO E.5 . . . . .	115
ANEXO E.6 . . . . .	119
ANEXO E.7 . . . . .	121



---

# Lista de Figuras

---

1.1	Linha cronológica do desenvolvimento do <i>Ink Control System</i> . . . . .	3
2.1	Logótipo do IKEA . . . . .	6
2.2	Áreas do IKEA <i>Industry</i> Portugal . . . . .	7
2.3	<i>Frame</i> de um produto fabricado pela IKEA . . . . .	8
2.4	Interior de um produto fabricado pela IKEA . . . . .	8
2.5	Interior de um produto fabricado pela IKEA . . . . .	9
2.6	Simbologia do diagrama de processo fluxo L&P . . . . .	9
2.7	Diagrama de processo do fluxo L&P . . . . .	10
3.1	Fluxograma das máquinas existentes na linha do <i>Lacquering</i> . . . . .	14
3.2	Máquina Smartcoater da Sorbini [4] . . . . .	15
3.3	Rolos instalados numa Smartcoater [4] . . . . .	16
3.4	Provetes utilizados para registo de gramagens . . . . .	17
3.5	Balança e HMI do sistema implementado . . . . .	18
3.6	Provetes a entrar no rolo aplicador de tinta . . . . .	18
3.7	Pesagem do provete . . . . .	19
3.8	Registo dos operadores . . . . .	19
4.1	Interligações dos vários componentes do <i>Ink Control System</i> . . . . .	22
4.2	Unidade de controlo e módulo de expansão analógica [6][7] . . . . .	23
4.3	<i>Signal Board</i> com saídas a 5 V [9] . . . . .	24
4.4	Sensor Optris CT [11] . . . . .	25
4.5	Plataforma de pesagem AIN50 [12] . . . . .	25
4.6	Interface TA4D/2 [14] . . . . .	26
4.7	Sensor ultrassónico T30UXIA [16] . . . . .	27
4.8	Motor <i>Stepper</i> [18] . . . . .	27
4.9	<i>Drive</i> para motor <i>Stepper</i> [20] . . . . .	28
4.10	Fluxograma da função “Main” da unidade de controlo . . . . .	29
4.11	Fluxograma da função “Product_verification” . . . . .	30

4.12	Fluxograma da função “Workpiece_Detection” . . . . .	32
4.13	Fluxograma da função “SensorOptris_Calibration” . . . . .	33
4.14	Fluxograma da função “Waste_Verification” . . . . .	34
4.15	Fluxograma do programa da interface gráfica . . . . .	35
4.16	Login da aplicação <i>Ink Control System</i> . . . . .	35
4.17	Menu da aplicação <i>Ink Control System</i> . . . . .	36
4.18	Opção “Produtos” da aplicação <i>Ink Control System</i> . . . . .	36
4.19	Selecionar <i>report</i> na opção “Consumos” da aplicação <i>Ink Control System</i> . . . . .	37
4.20	Visualizar <i>report</i> na aplicação <i>Ink Control System</i> . . . . .	37
4.21	Estado da linha de produção através da aplicação <i>Ink Control System</i> . . . . .	38
4.22	Estado do sistema geral <i>Ink Control System</i> . . . . .	38
4.23	Configuração do sensor Optris CT na aplicação <i>Ink Control System</i> . . . . .	39
4.24	Pedido de Informação através do <i>Ink Control System</i> . . . . .	40
4.25	Fluxograma do programa da interface gráfica - serviço . . . . .	41
4.26	Fluxograma da função "Horas" e da função "Data" . . . . .	41
4.27	Fluxograma da função “PLC_Connection” da biblioteca serviço . . . . .	42
4.28	Fluxograma da função “ReportGramagem” da biblioteca serviço . . . . .	43
4.29	Fluxograma da função “Status_Load” da biblioteca serviço . . . . .	44
4.30	Fluxograma da função “RegistrarAlarme” da biblioteca serviço . . . . .	45
4.31	Fluxograma da função “AlarmesHistorico” da biblioteca serviço . . . . .	46
4.32	Fluxograma da função “Registo_Gramagens” da biblioteca serviço . . . . .	46
4.33	Fluxograma da função “Report_Update” da biblioteca serviço . . . . .	47
4.34	<i>Software</i> MySQL Workbench [21] . . . . .	47
4.35	Base de dados de calibração . . . . .	48
4.36	Base de dados com histórico de alarmes . . . . .	48
4.37	Base de dados com registos de gramagens . . . . .	48
4.38	Base de dados com <i>report</i> geral da produção . . . . .	49
5.1	Especificação das zonas de medição face à distância do objeto a medir . . . . .	51
5.2	Mecanismo de calibração para sensor Optris . . . . .	52
5.3	Calibração para um novo produto na interface gráfica do <i>Ink Control System</i> . . . . .	53
5.4	Exemplo de uma calibração para um novo produto na interface gráfica do <i>Ink Control System</i> . . . . .	54
5.5	Relação entre temperatura e gramagem após processo de calibração para um produto teste . . . . .	54
5.6	Listagem de produtos calibrados na interface gráfica do <i>Ink Control System</i> . . . . .	55
6.1	Provete utilizado para o 1º teste . . . . .	59
6.2	Aplicação de gestão da produção com os dados de quantidade de metros quadrados produzidos . . . . .	60

6.3	Gráfico representativo dos resultados obtidos através dos registos dos operadores . . . . .	64
6.4	Gráfico representativo dos resultados obtidos através dos registos do <i>Ink Control System</i> . . . . .	64
6.5	Comportamento esperado da curva de gramagens utilizando o <i>Ink Control System</i> como processo principal de controlo da tinta . . . . .	65
6.6	Caixa de derivação e controlador do sensor Optris CT . . . . .	66
6.7	Interior da caixa de derivação e a <i>drive</i> do motor passo-a-passo . . . . .	67
6.8	Suporte de calibração com lente do sensor Optris CT . . . . .	67
6.9	Vista geral da caixa de derivação . . . . .	68
6.10	Quadro principal do <i>Ink Control System</i> . . . . .	69
6.11	Instalação de eletroválvulas para abrir e fechar as torneiras de abastecimento de tinta . . . . .	70
6.12	Local de instalação dos caudalímetros . . . . .	71



---

## Lista de Tabelas

---

6.1	Gramagens de referência para a tinta branca . . . . .	58
6.2	Comparação entre registos de gramagem de tinta do <i>Ink Control System</i> face às gramagens da balança . . . . .	59
6.3	Dados relativos à produção registados pelos operadores . . . . .	62
6.4	Dados relativos à produção registados pelo <i>Ink Control System</i> . . . . .	62
6.5	Cálculo de desvios através dos registos realizados pelos operadores . . . . .	63
6.6	Cálculo de desvios através dos registos realizados pelo <i>Ink Control System</i> . . . . .	63



---

# Glossário

---

Abreviatura	Descrição	Definição
BOF	<i>Board On Frame</i>	página 1
CPU	<i>Central Processing Unit</i>	página 23
DC	<i>Direct Current</i>	página 24
EBD	<i>EdgeBand and Drill</i>	página 11
HDF	<i>High Density Fiberboard</i>	página 7
HMI	<i>Human Machine Interface</i>	página 17
IKEA	<i>Ingvar Kamprad Elmtaryd Agunnaryd</i>	página vii
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i>	página 11
PFF	<i>Pigment Furniture Factory</i>	página 7
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>	página 17



# Capítulo 1

---

## Introdução

---

A empresa multinacional sueca de produção de mobiliário, *IKEA Industry Portugal*, tem como prática a implementação da filosofia *Lean* e a otimizar os processos nas suas linhas de produção, sendo a eliminação dos desperdícios um dos principais focos da empresa.

Tendo em conta os fatores anteriormente apresentados, a Dissertação que se segue propõe reduzir e controlar os desperdícios de tinta na linha *Lacquering* existente na empresa.

Neste capítulo encontra-se a contextualização do projeto a desenvolver assim como os objetivos a serem atingidos. Por fim segue-se a calendarização do projeto e uma breve descrição da estrutura da presente Dissertação.

### 1.1 Contextualização

A seguinte Dissertação surgiu de uma proposta do Departamento de Processos da *IKEA Industry Portugal*, ao Departamento de Engenharia Eletrotécnica do ISEP, na qual tinha como principal objetivo melhorar o controlo e diminuir os custos associados aos desperdícios de tinta na linha *Lacquering*, pertencente à *Board On Frame* (BOF).

Sendo esta área responsável pela pintura das peças realizadas no *IKEA*, existe a necessidade de realizar um total controlo da tinta consumida. Para tal, existe previamente um estudo do sistema instalado atualmente e consequentes desvantagens, perceber a melhor forma de implementar o sistema a desenvolver de modo a realizar o objetivo de forma fácil e eficaz.

## 1.2 Objetivos

Tendo em conta o enorme desperdício e a fácil manipulação do sistema de controlo de gramagem existente no momento, tem-se como principal objetivo desenvolver um sistema automatizado capaz de controlar as gramagens aplicadas e os respetivos desvios. Como tal este objetivo foi subdividido em conjuntos de ações de modo a facilitar o acompanhamento e processo de desenvolvimento do projeto:

- Estudo sobre o funcionamento da linha de modo a planear a melhor estratégia a aplicar;
- Estudo teórico sobre o funcionamento do *hardware* a ser implementado;
- Desenvolvimento do *software* da unidade de controlo;
- Desenvolvimento do *software* responsável pela interface gráfica com a unidade de controlo;
- Realização de testes e avaliação das mesmas;
- Recolha de dados após implementação do sistema para posterior comparação e análise.

## 1.3 Calendarização

A elaboração da presente dissertação foi realizada seguindo a cronologia da Figura 1.1. Após a apresentação da proposta do projeto pelo departamento de processos, foi elaborado o esboço geral do projeto de modo a este ser aprovado internamente.

Seguidamente, deu-se um longo período de orçamentação, uma vez que o IKEA tem uma política interna de 3 orçamentos por item que se deseja comprar.

Paralelamente, segue-se um período de aprendizagem da linguagem C# em ambiente Visual Studio, necessária para desenvolver o *software* da interface gráfica do projeto.

À medida que os orçamentos estavam concluídos, enviados à administração, aprovados pela chefia e recebidos pela nos instalações desenvolvia-se o quadro elétrico, juntamente com todo o *hardware*.

Em suma, o projeto teve a duração de aproximadamente 1 ano e 6 meses.

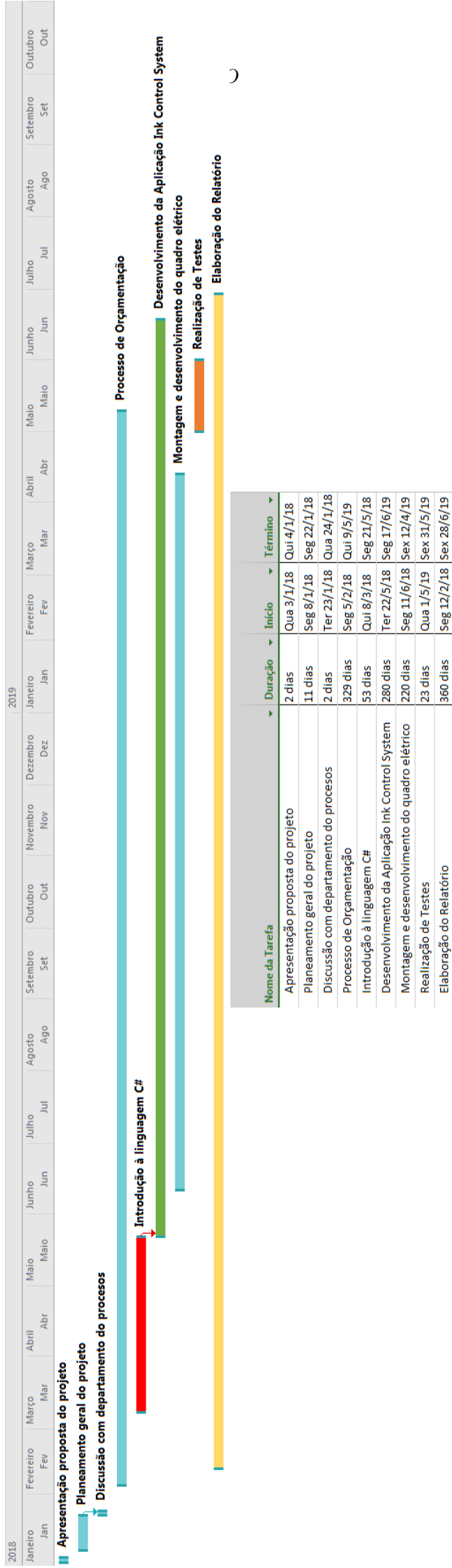


Figura 1.1: Linha cronológica do desenvolvimento do *Ink Control System*

## 1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação estará dividida em 6 capítulos. No capítulo 1 encontra-se uma pequena introdução ao problema existente e ao que leva ao desenvolvimento deste projeto. A respetiva calendarização, assim como os objetivos propostos para a criação deste sistema também estão presentes neste capítulo.

O capítulo 2 remete a uma nota histórica sobre a biografia do criador da empresa imobiliária IKEA e do surgimento do grupo IKEA *Industry* Portugal. Também é descrito as áreas de produção, assim como o fluxo inerente à produção sobre a qual o sistema desenvolvido se aplica.

No capítulo 3 é abordado um caso de estudo sobre o sistema previamente instalado. Inicialmente com uma resumida explicação sobre o *layout* da linha de modo a contextualizar e de seguida com uma análise crítica ao sistema.

No capítulo 4 é descrito o novo sistema desenvolvido. Constam as especificações do *hardware* utilizado, assim como a lógica do *software* desenvolvido.

No capítulo 5 refere-se sobre os sistemas de calibração do sistema desenvolvido.

Por fim, no capítulo 6 é feita a análise aos testes realizados e as respetivas conclusões sobre esta dissertação, assim como melhorias futuras a implementar.

## Capítulo 2

---

# IKEA *Industry* Portugal

---

Neste capítulo é feita a apresentação do grupo IKEA, dando principal atenção ao Grupo IKEA *Industry* Portugal, relatando a sua origem, os valores praticados pela organização como também a divisão estrutural da mesma.

### 2.1 Nota Histórica

A história por detrás desta grande marca multinacional revela o espírito de sacrifício e persistência que fez do Homem que a criou um dos mais bem sucedidos do Mundo. Foi na aldeia Agunnaryd, mais concretamente numa quinta chamada Elmtaryd, Suécia, que em 1926 nasceu Ingvar Kamprad. A sua veia empreendedora saltou logo à vista quando aos 5 anos de idade, comprava caixas de fósforos e os revendia aos vizinhos por um preço mais elevado. Dessa forma o seu pequeno negócio foi crescendo e começou a alargar a sua gama de produtos, passando a incorporar no seu inventário sementes, postais, adornos para árvores de Natal e mais tarde, canetas e estojos [1].

Posteriormente, aos 17 anos de idade, com o dinheiro que o seu pai lhe dava pelo seu sucesso escolar, Ingvar Kamprad usou-o de modo a criar a sua própria empresa. Foi então nesse ano de 1943 que surge no mundo do mercado a marca IKEA. O nome atribuído provém das iniciais do seu primeiro e último nome (I.K. - Ingvar Kamprad) e também da quinta e localidade onde vivia (E.A. - Elmtaryd Agunnaryd)(Figura 2.1) [2].



Figura 2.1: Logótipo do IKEA

Cinco anos depois, em 1948, a empresa IKEA virou o seu foco para o mercado imobiliário e lançou a sua primeira gama de móveis [2]. Estes novos produtos foram recebidos com grande positividade o que fez com que a marca IKEA continuasse a progredir e alargar os seus produtos a grande escala.

Ao longo dos anos, Ingvar tinha como objetivo oferecer às pessoas uma larga escala de produtos, que fossem funcionais e bem construídos a um custo baixo de modo a ser acessível à maioria das pessoas. Foi mantendo sempre em mente a relação entre qualidade e sustentabilidade que fez surgir a filosofia de negócio que até hoje nos acompanha.

## 2.2 IKEA *Industry Group* e IKEA *Industry Portugal*

Na passada década de 80, a zona dos principais fornecedores da IKEA encontravam-se em grande instabilidade política e económica, o que obrigou a empresa sueca adquirir uma empresa fornecedora dos seus produtos, formando-se assim, em 1991, o Grupo *Swedwood* em *Ängelholm*.

No ano de 2013 ocorreu um grande passo para o futuro da IKEA. Juntamente com a *Swedwood*, da *Swedspan* e da *IKEA Industry Investment & Development*, fundem-se formando um único grupo designado por *IKEA Industry Group*. Esta união teve como principal interesse garantir uma maior qualidade nos produtos e otimizar toda a cadeia de valor, construindo relações a longo prazo com os seus fornecedores e investindo numa produção eficiente e a preços acessíveis.

A *IKEA Industry Group* é gerenciado por uma fundação centralizada na Holanda desde 1982. Atendendo ao ano fiscal de 2017 a empresa conta com mais de 38 mil milhões de euros em vendas de retalho, 2 300 mil milhões de visitas *online* e 936 milhões de visitas em lojas físicas. Existem atualmente 403 lojas presentes em 49 países empregando 194 mil trabalhadores [3].

A *IKEA Industry Portugal* situa-se na avenida capital do móvel, Paços de Ferreira, e ocupa uma área de 210.000 m<sup>2</sup>. A sua inauguração teve lugar em

2008 e emprega aproximadamente 1500 colaboradores.

A sua localização costeira proporciona vantagens nas exportações de mobiliário para três grandes mercados: Europa, Ásia-Pacífico e América do Norte.

A fábrica IKEA de Paços de Ferreira baseia-se essencialmente numa linha de negócio: *Flat Line*. Este setor de negócio traduz-se especificamente em móveis planos, de estrutura leve e bastante resistentes. A empresa de Paços de Ferreira é constituída fisicamente por duas fábricas, por um lado a *Pigment Furniture Factory* (PFF), responsável pelo fabrico de móveis para cozinhas, por outro lado a *Board On Frame* (BOF), dedicada ao mobiliário para escritórios, quartos e salas de convívio. Como armazenamento do produto final existe um pavilhão designado por *Warehouse* (Figura 2.2).

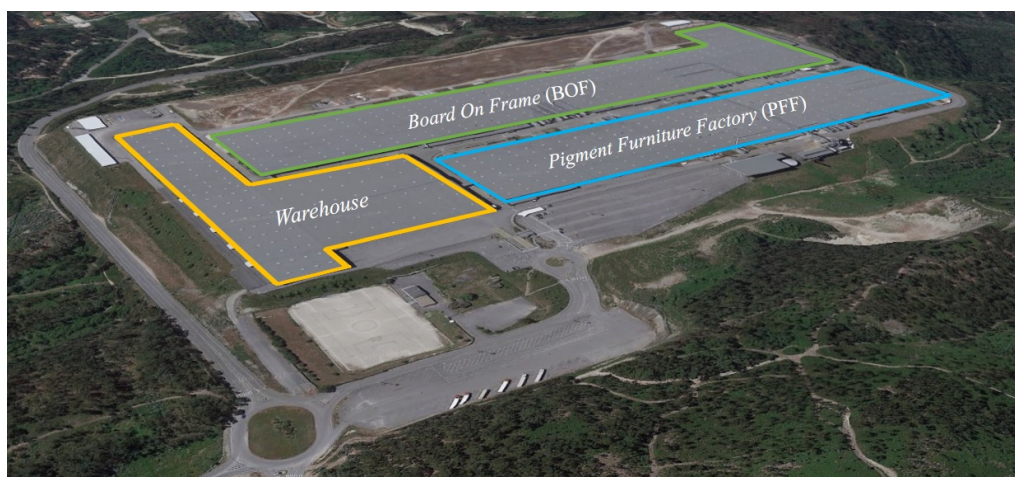


Figura 2.2: Áreas do IKEA *Industry* Portugal

## 2.3 Fluxo Produtivo *Laquer&Print*

A fábrica BOF está dividida em 2 fluxos de produção, FOIL e *Laquer&Print* (L&P). A presente dissertação foi desenvolvida no fluxo L&P. Este possui uma área de trabalho de aproximadamente 35.000 m<sup>2</sup> onde trabalham 511 trabalhadores. Neste subcapítulo será abordada uma breve descrição do fluxo L&P, consequentemente a constituição dos produtos nele fabricado e o respetivo *Layout* com as respetivas áreas que o constitui.

### 2.3.1 Produtos *Laquer&Print*

Os produtos fabricados no fluxo L&P são do tipo *sandwich*, são constituídas por duas placas muito finas de *High Density Fiberboard* (HDF) e no seu interior

é colocado uma estrutura retangular feita de aglomerado de madeira designado por *frame* (Figura 2.3).



Figura 2.3: *Frame* de um produto fabricado pela IKEA

Este *frame* é preenchido por um cartão do estilo "favo de mel" (*honeycomb*), Figura 2.4, que posteriormente passam pelo processo de aplicação da orla, envernizamento e pintura como forma de acabamento.

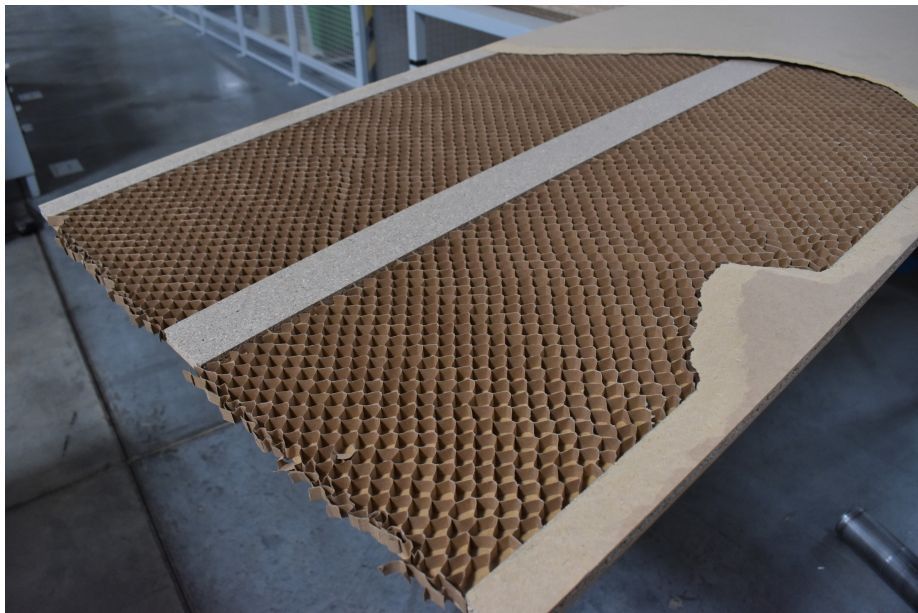


Figura 2.4: Interior de um produto fabricado pela IKEA

### 2.3.2 Gama de produtos Laquer&Print

Na Figura 2.5 estão representados alguns produtos fabricado pela IKEA *Industry* Portugal.



Figura 2.5: Interior de um produto fabricado pela IKEA

### 2.3.3 Fluxo de materiais Laquer&Print

O fluxo L&P é um processo completo de transformação, isto é, através de matéria prima transforma-a num produto final a ser entregue diretamente nas lojas IKEA. Este fluxo será representado por um diagrama de processo, estando nele representando a entrada de matéria prima (*inputs*), como também a forma como é realizada a sua transformação até ser produzido o produto final (*outputs*).

As atividades que envolvem toda a transformação da matéria prima até ao produto final são representadas pela simbologia da Figura 2.6.

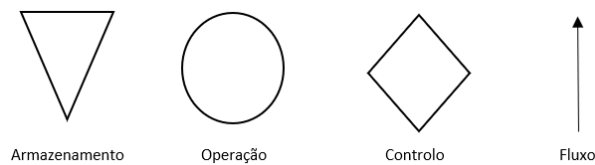


Figura 2.6: Simbologia do diagrama de processo fluxo L&P

Desta forma o diagrama que se segue na Figura 2.7 contempla toda a informação necessária para a compreensão do fluxo L&P.

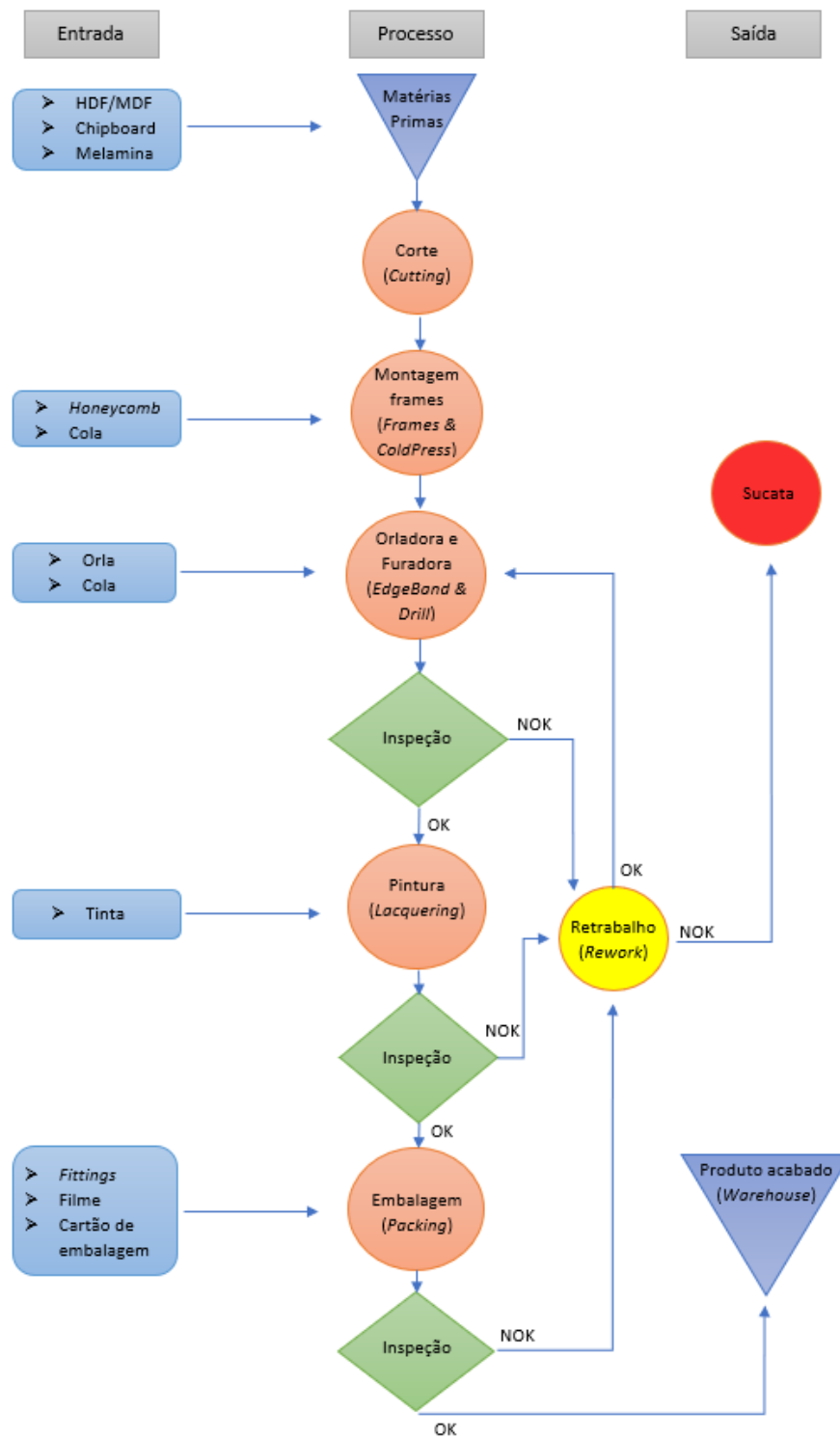


Figura 2.7: Diagrama de processo do fluxo L&P

### 2.3.4 **Layout do fluxo Laquer&Print**

O fluxo L&P é composto por 5 áreas de produção independentes: Cutting, Frames&ColdPress, EdgeBand&Drill (EBD), *Laquering* e Packing. O *Layout* do fluxo L&P encontra-se no ANEXO A.

Cada área realiza tarefas completamente distintas entre elas. Nas seguintes subsecções são brevemente descritas as suas atividades assim como as suas respetivas interações com as diferentes áreas.

#### 2.3.4.1 **Cutting**

Esta área é a primeira etapa do sistema produtivo e responsável pelo corte da matéria prima, transformando-a em HDF e *Medium Density Fiberboard* (MDF), aglomerado ou *chipboard* e melamina. Todo o processo de corte é automaticamente otimizado de forma a que o desperdício desta operação seja o mínimo possível. Estes materiais estão associados a várias áreas da fábrica. O MDF e *chipboard* servem de matéria prima para a área dos Frames, o HDF a área da ColdPress.

#### 2.3.4.2 **Frames&ColdPress**

A estrutura dos produtos BOF é realizada nesta área. O MDF ou *chipboard* fornecido pela área do Cutting é cortado em ripas e cubos, posteriormente, através de processos automáticos ou manuais, são montadas estruturas retangulares que são preenchidas com papel *honeycomb* e são-lhes aplicadas duas placas de HDF. Por fim o produto é prensado e deixado a repousar para garantir a colagem.

#### 2.3.4.3 **EdgeBand&Drill**

A área EB&D é responsável por receber o material proveniente da área Frames&ColdPress e aplicar-lhe o processo de colagem de orla e furação. Os produtos saem desta área semi-acabados com a orla e a furação e seguem diretamente para o processo de pintura na área do Lacquering.

#### 2.3.4.4 **Lacquering**

Nesta área é realizado o processo de pintura aos produtos provenientes da área EB&D. De forma a garantir a melhor qualidade a ser entregue nas lojas IKEA, existe no fim da área uma secção de inspeção para garantir que os produtos não seguem para a zona de embalamento com defeito.

#### 2.3.4.5 **Packing**

No Packing efetuam-se as operações de embalamento de cada produto, filmados em plástico, ou em caixas de cartão. Aos produtos realizados pela fábrica

juntam-se também ao embalamento os *fittings* (ferramentas e acessórios para a montagem do móvel), restantes peças do móvel e respetivas instruções de montagem.

A presente tese foi desenvolvida na área do *Lacquering* uma vez que é nessa área que estão envolvidos os desperdícios relativamente aos processos de pintura.

## Capítulo 3

---

# Caso de estudo

---

*O caso de estudo presente neste capítulo incide sobre o sistema de controle de gramagem já existente na linha do Lacquering.*

### 3.1 *Layout da linha Lacquering*

A linha do *Lacquering* é responsável por fazer a pintura do produto para que o mesmo tenha uma melhor aparência e com melhor qualidade.

Desta maneira, neste subcapítulo, será feita uma pequena explicação do *layout* da linha, assim como uma breve descrição das máquinas para uma melhor compreensão, tanto no projeto já existente, como para o projeto desenvolvido para a realização desta dissertação.

A seguinte descrição será auxiliada com a Figura 3.1.

Inicialmente as peças são colocadas na linha com a ajuda de um robô paletizador (1). De seguida as peças passam por um processo de lixagem para remover as impurezas e imperfeições provocadas pelos processos das linhas anteriores (2)(3).

Existe um produto que é aplicada na peça, designado por *filler*, que tem como função preencher todos os micro-orifícios existentes no painel. Este processo é realizado por 2 máquinas que aplicam este *Filler* e de seguida é seco com ajuda de lâmpadas ultra violeta - UV (4)(5)(6)(7).

Uma vez que este processo de aplicação de *Filler* deixa alguns relevos no produto, é novamente lixado e limpo para que as superfícies planas fiquem compactas e sem qualquer micro-orifício (8)(9). O resultado dos processos descritos até este ponto resultam numa peça compacta e sem qualquer relevo para que no processo de pintura a mesma seja aplicada de forma uniforme.



Figura 3.1: Fluxograma das máquinas existentes na linha do *Lacquering*

Dependendo do produto, seja necessário aplicar mais quantidade de tinta ou não, serão utilizados 1, 2 ou os 3 aplicadores de tinta (10)(12)(16) e respectivas lâmpadas UV para o processo de secagem da tinta (11)(13)(17).

Outra máquina que depende do tipo de produto é o *printing* (14), os aplicadores de tinta base preta (15) e branca (18). Estes são também aplicadores de tinta, porém são tintas mais aguadas.

Em produtos que, atualmente não são produzidos na linhas, existe uma máquina para produtos com algum tipo de relevo. Era aplicado uma tinta na peças também muito aguada de modo a realçar os relevos existentes no produto (20)(21).

Por fim, as peças são removidas da linha através de um robô paletizador (22), estas são viradas ao contrário e novamente colocadas no início da linha para realizar o mesmo processo na superfície oposta.

### 3.1.1 Aplicadores de tinta - Smartcoater

O principal foco desta dissertação é o controlo automático da gramagem de tinta aplicada nas peças, como tal neste subcapítulo será detalhada a máquina e o funcionamento deste processo de aplicação de tinta no produto.

A máquina instalada nas linhas é uma Smartcoater do fabricante Sorbini igual à apresentada na Figura 3.2.



Figura 3.2: Máquina Smartcoater da Sorbini [4]

Esta máquina tem um sistema de rolos no interior da máquina como mostra na Figura 3.3.

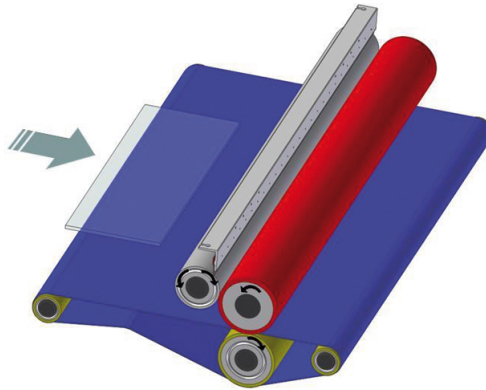


Figura 3.3: Rolos instalados numa Smartcoater [4]

A tinta é abastecida para dentro da Smartcoater e cai sobre os dois rolos superiores. Estes rolos, vermelho e cinzento, giram em sentidos opostos de modo a que a tinta existente entre eles seja escoada para as partes laterais da máquina para um balde. Através de tubo, a tinta cai, novamente, sobre os rolos. Este processo é cíclico, repetindo-se até a tinta existente no balde terminar, sendo este, posteriormente, reabastecido com nova tinta

A distância entre o rolo vermelho e o cinzento define a quantidade de tinta aplicada no rolo vermelho, que é composto de borracha e contém pequenos poros para absorver a tinta. O rolo cinzento é de metal e contém ao longo do seu comprimento um raspador para que seja mais fácil espalhar a tinta no rolo vermelho.

O rolo vermelho e o rolo amarelo, giram no sentido do fluxo da linha, uma vez que o rolo superior (vermelho) é o que estará em contacto com a peça e o inferior (amarelo) em contacto com o tapete.

Para finalizar, o rolo vermelho pode mover-se verticalmente, o que permite o ajuste da pressão que o rolo aplica na peça durante o processo de pintura. Quanto maior for esta pressão, maior será a quantidade de tinta aplicada e vice-versa.

Estes processos de ajuste dos rolos, denominam-se *setup* da máquina. São estes ajustes que irão influenciar os valores das gramagens durante o processo de pintura.

## 3.2 Descrição do sistema previamente instalado

O sistema já instalado anteriormente na linha é feito através de um processo semiautomático através da participação do operador e de um sistema de recolha de dados automático.

### 3.2.1 Funcionamento do sistema previamente instalado

Como foi referido anteriormente, o processo de controlo de gramagem utilizado na fábrica é realizado através de um processo na qual o operador tem a maior parte do trabalho.

De modo a que seja possível retirar uma amostra de tinta utilizando a menor quantidade de material possível, são utilizados 2 provetes. O superior é utilizado para retirar uma amostra de tinta e o inferior utilizado como calço para perfazer a altura da peça.

Tanto o provete superior como o provete inferior são constituídos por um bloco de madeira com 20 cm de largura por 50 cm de comprimento (Figura 3.4).

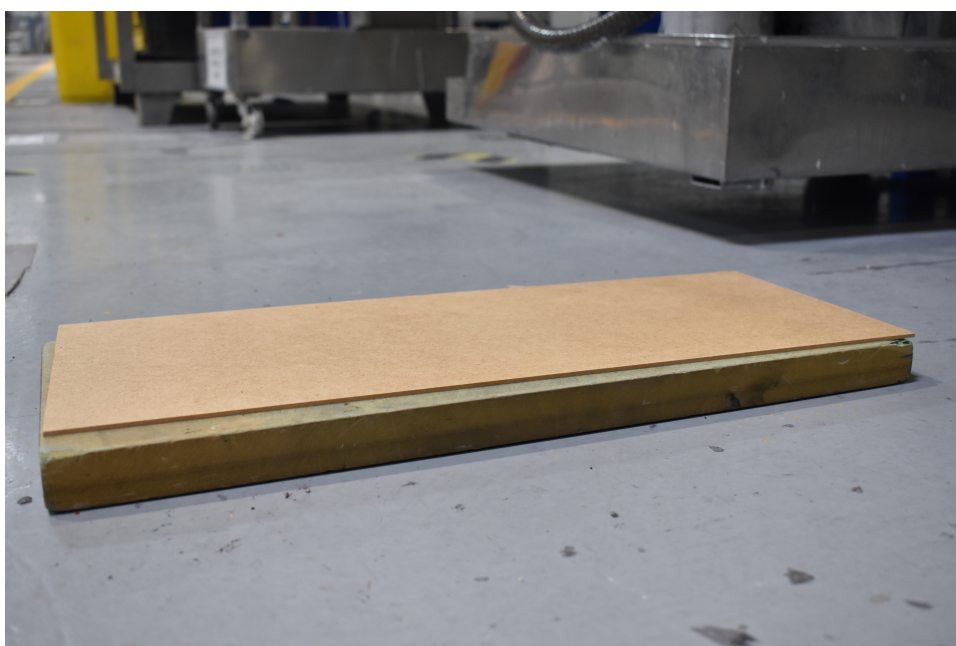


Figura 3.4: Provetes utilizados para registo de gramagens

Como tal, e de modo a entender melhor o processo realizado no sistema existente, utilizaremos o termo, provete virgem, quando nos referirmos a um provete sem amostra de tinta, e provete usado, quando falamos do provete com a amostra de tinta.

Sendo assim, o processo de controlo de gramagem é feito através da pesagem de um provete superior virgem numa balança que está conectada a um *Programmable Logic Controller* (PLC) e um *Human Machine Interface* (HMI) (Figura 3.5) e feito o zeramento da balança.



Figura 3.5: Balança e HMI do sistema implementado

De seguida, o provete superior é colocado sobre o provete inferior e são ambos inseridos no tapete da linha de modo a que este passe debaixo dos rolos aplicadores de tinta (Figura 3.6).

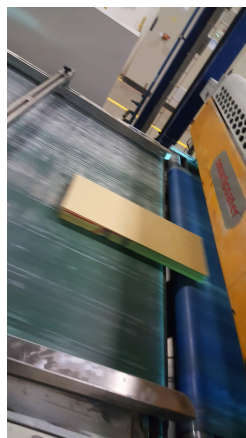


Figura 3.6: Provetes a entrar no rolo aplicador de tinta

Após o provete superior estar com a amostra de tinta, este é novamente colocado na balança e através da diferença da pesagem determina-se a quantidade de tinta aplicada naquele provete (Figura 3.7).

Este procedimento é realizado para cada uma das máquinas aplicadoras de tinta que estejam a ser utilizados para a produção do produto.

A nível de automação, este sistema é apenas constituído pela unidade de controlo que tem como principal função juntar os dados que são adquiridos nas



Figura 3.7: Pesagem do provete

leituras da balança, e organizá-las numa tabela, Figura 3.8, que será posteriormente enviada para o departamento de processos para consequente tratamento dos dados.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Data	Equipa	Linha	Hora	L. Lin	Referência	Filler	Temp.	Sealer	Temp.	Base 1	Temp.	Base 2	Temp.	Top	Temp.	Nota 1
2	07-09-2018	A	2	6:30	40	LKLQTP01	74	40	12	40	11	41	10.3	40	6.5	39	
3	07-09-2018	C	1	16:10	40	MKLQSD65	70	41	10	40	8	40	8	40	6	40	
4	07-09-2018	C	2	17:15	40	MKLQSD76	72	40	11	40	8.3	40	10	40	8	40	
5	13-09-2018	B	2	17:35	40	MKLQSD65	36	41	5	42	8	38	7	40	4	41	Casca de laranja
6	13-09-2018	B	1	19:20	40	LKLQTP03	28	44	10	41	12	39	8	43	5	41	Casca de laranja
7	13-09-2018	B	1	21:20	40	LKLQTP04	16	43	12	40	10	40	8	42	4	40	
8	17-09-2018	B	1	7:30	40	KXLQTB02	26	41	12	40	11	37	8	39	7	36	
9	17-09-2018	C	1	20:20	40	KXLQSD02	74	46	10	43	10	36	7	38	5	36	
10	18-09-2018	A	1	5:30	40	LLKLQSD01	28	40	12	40	10.9	41	10	40	5.6	41	DENTRO DA MEDIA
11	26-09-2018	A	2	0:30	40	KXLQSD02	30	37	7	40	11.8	42	10.9	38	4	40	
12	26-09-2018	A	1	0:30	40	KXLQTB01	30	38	11	42	9.5	38	10.5	37	7.8	39	DENTRO DA MEDIA
13	03-10-2018	A	1	19:15	40	KXLQTB02	28	42	8	41	7	37	6	38	5	36	DENTRO DA MEDIA
14	04-10-2018	C	1	4:30	40	MKLQSD63	26	37	10	39	11.2	40	10.9	37	6	37	DENTRO DA MEDIA
15	09-10-2018	B	1	15:15	40	KXLQTB02	35	42	5	41	12	38	6	42	6	35	Casca de laranja
16	09-10-2018	B	1	15:20	40	CORREÇÃO	29	42						8	42		Casca de laranja
17	09-10-2018	B	1	16:15	40	KXLQTB02	29	42	8	41	12	38	7	42	6	35	Casca de laranja
18	10-10-2018	A	1	9:15	40	KXLQTB02	37	39	7	41	12	36	7	39	8	35	DENTRO DA MEDIA
19	17-10-2018	A	1	18:15	40	KXLQSD04	26	41	9	41	9	38	10	38	6.5	38	DENTRO DA MEDIA
20	18-10-2018	B	1	9:30	40	KXLQTB02	29	44	7	40	12	37	10	38	8	36	Casca de laranja
21	18-10-2018	B	1	10:30	40	KXLQTB02	AVARIA										
22	25-10-2018	C	1	2:00	40	KXLQSD02	26	42	10	41	11	36	8.9	38	5.8	38	DENTRO DA MEDIA
23	25-10-2018	C	1	3:00	40	KXLQSD02	24	43	12	42	10.7	38	9.2	39	6	36	DENTRO DA MEDIA
24	25-10-2018	A	1	13:15	40	KXLQTB04	30	41	7	41	11.2	37	7.3	37	6.8	36	DENTRO DA MEDIA
25	25-10-2018	B	1	17:20	40	KXLQTB04	29	44	7	44	11	37	8	40	7	35	DENTRO DA MEDIA
26	26-10-2018	C	1	2:30	40	KXLQSD03	28	43	12	43	10.9	37	9.8	39	7.2	39	DENTRO DA MEDIA
27	26-10-2018	C	1	3:30	40	CEIA											
28	26-10-2018	C	1	4:30	40	KXLQBT32	27	44	10	43	10.7	37	10	39	6.5	38	DENTRO DA MEDIA
29	06-11-2018	B	1	18:10	40	KXLQTB02	26	44	5	42	10	35	9	38	4	38	DENTRO DA MEDIA
30	06-11-2018	B	1	19:10	40	JANTAR											
31	06-11-2018	B	1	20:10	40	LKLQSH06	28	40	6	41	11	36	9	38	5	36	DENTRO DA MEDIA
32	06-11-2018	B	1	21:10	40	KXLQSD02	26	44	14	41	8	36	9	37	4	37	DENTRO DA MEDIA
33	06-11-2018	B	1	21:10	40	CORREÇÃO									5		

Figura 3.8: Registo dos operadores

### 3.2.2 Análise ao sistema atual

Sendo o sistema existente executado através de um processo semiautomático, este acarreta grandes problemas a nível de comportamento humano. Com isto, entende-se que para que o sistema seja funcional e de modo a garantir dados fidedignos, existe a necessidade de um grande compromisso com o operador para que todo este processo de controlo da gramagem seja o mais preciso possível.

Resumidamente pode-se fazer uma análise ao sistema implementado de forma a percebermos a viabilidade do mesmo:

- **Compromisso do operador** - A não colaboração do operador na obtenção fidedigna põe em causa o sistema e a veracidade dos dados obtidos após o tratamento dos mesmos, seja no esquecimento de validar os provetes durante a produção, ou em influenciar propositadamente nas leituras da balança;
- **Controlo total da tinta** - Este sistema não contempla no sistema, um controlo à tinta desperdiçada durante a produção caso exista, por exemplo, um derrame no abastecimento de tinta;
- **Pós processamento de dados** - O sistema não processa os dados, obrigando ao departamento de processos ter que determinar os gastos e os custos da tinta utilizada na produção.

### 3.3 Solução proposta

Tendo em conta a análise crítica ao sistema atual surgiu a proposta de desenvolver um sistema adequado à tecnologia 4.0 de modo a eliminar a componente humana e capaz de processar os dados, obtendo como finalidade uma ideia clara do consumo e gasto monetário da tinta aplicada na produção do produto.

Ao novo sistema de controlo de gramagem foi-lhe atribuída a designação de *Ink Control System*.

## Capítulo 4

---

# Descrição do *Hardware* e *Software* do *Ink Control System*

---

*Neste capítulo será descrito o Ink Control System, e será explicada, detalhadamente, a escolha do hardware e o desenvolvimento do software.*

### 4.1 Funcionamento do *Ink Control System*

O *Ink Control System* consiste num sistema capaz de, automaticamente, fazer a recolha das leituras das amostras aplicadas pelos rolos de tinta, processar os dados e mostrar, objetivamente, os consumos por produção, com a maior fiabilidade possível.

De modo resumido, o sistema encontra-se conectado em tempo real à linha de produção, tendo conhecimento de qual o produto a ser produzido, no momento, e do número de peças que o constituem.

Neste sistema, encontram-se, também, montados sensores infravermelhos (Op-tris CT) com controlo de emissividade com o intuito de filtrar apenas a camada de tinta aplicada no produto. Estes sensores estão ligados a uma unidade de controlo que compara os valores dos sensores com amostras de pesagens numa base de dados anteriormente calibrada para o produto em questão. Tendo em conta o que foi referido anteriormente, a unidade de controlo determina, instantaneamente, a quantidade de tinta aplicada no produto.

Simultaneamente, uma célula de carga, colocada debaixo do recipiente de tinta, efetua o controlo da tinta que circula na Smartcoater, através da variação dos valores obtidos na sua pesagem contínua. Os valores gerados pela célula de

carga são, previamente, filtrados pela interface TA4D/2 antes de serem lidos pela unidade de controlo.

Ao mesmo tempo, um sensor ultrassónico, instalado sobre o mesmo recipiente de tinta, também efetua o controlo da tinta que circula na smartcoater através dos valores de reflexão entre a tinta e o mesmo. O que possibilita o cálculo da variação da tinta, no momento.

No final da produção de cada produto, estes dados são processados de modo a determinar o consumo de tinta utilizada no processo e os custos associados ao mesmo. Posteriormente, estes dados são armazenados numa base de dados local que é mensalmente enviada para o departamento de processos.

O *software* do sistema, conectado à unidade de controlo, permite a visualização dos dados de forma rápida, prática e eficaz durante todo o processo.

A Figura 4.1 esquematiza o processo anteriormente mencionado.

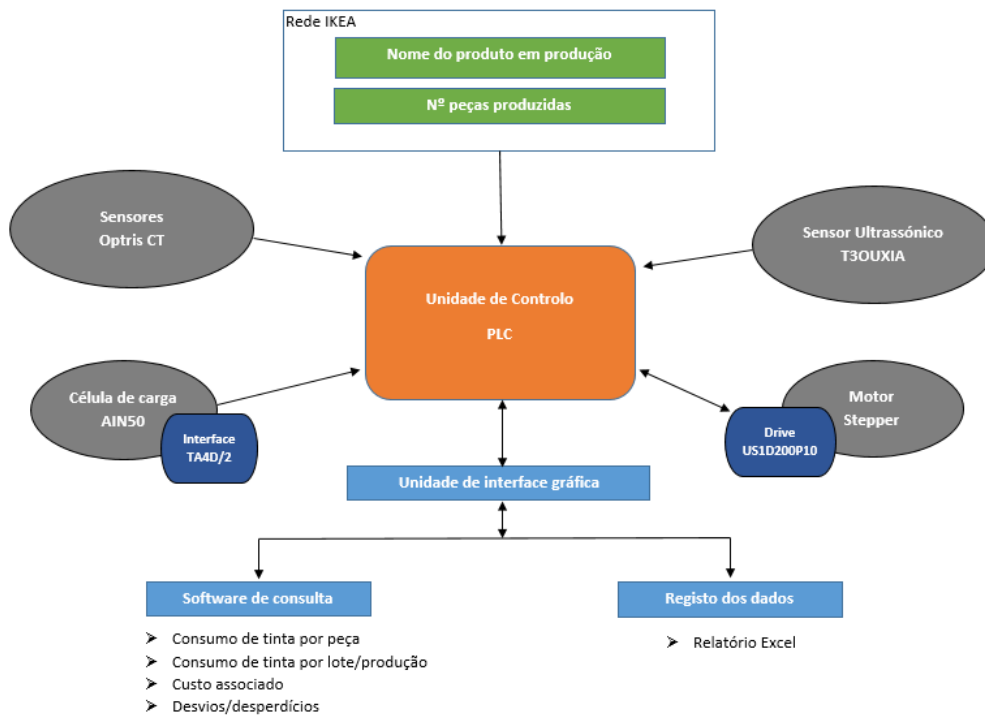


Figura 4.1: Interligações dos vários componentes do *Ink Control System*

## 4.2 Hardware

Nesta secção são descritos os vários componentes de *hardware* e enumeradas as suas principais características. É, também, explicado o motivo da escolha de cada equipamento.

### 4.2.1 Unidade de controlo - Siemens S7 1200

A unidade de controlo utilizada no *Ink Control System* é o PLC da Siemens S7 1200. Esta unidade permite controlar uma grande variedade de dispositivos, satisfazendo os requisitos para o desenvolvimento deste sistema.

O PLC Siemens S7 1200, de modelo 1212C, possui 8 entradas digitais e 2 analógicas, e 6 saídas digitais. É possível integrar um quadro de sinal no *Central Processing Unit* (CPU) e 2 módulos expansíveis de sinais.

Neste sistema apenas foi necessário 1 módulo expansível de entradas analógicas (Figura 4.2).

Este modelo possui 4 contadores, 3 até 100 kHz e 1 até 30 kHz [5].

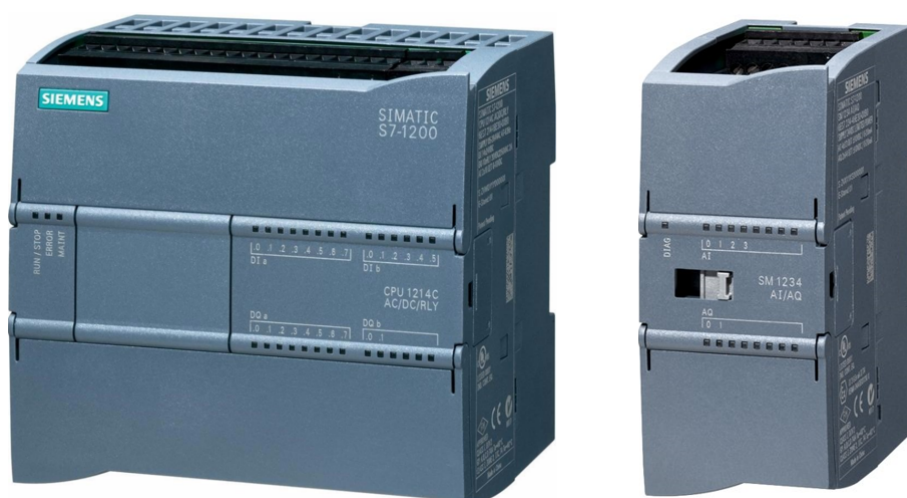


Figura 4.2: Unidade de controlo e módulo de expansão analógica [6][7]

No *Ink Control System*, esta unidade de controlo é responsável pela aquisição dos dados dos sensores Optris CT, célula de carga e sensor ultrassónico, e pelo seu posterior processamento.

Simultaneamente, esta unidade comunica com a rede IKEA e com o *software* do sistema, permitindo a visualização destes dados processados.

O motivo da escolha deste equipamento residiu no facto de ser o único disponível em armazém interno, e cumprir os requisitos previamente estabelecidos para o desenvolvimento do sistema.

### 4.2.2 Signal Board S7 1200

A *signal board* da Siemens, de modelo 6es7222-1ad30-0xb0, é um módulo de expansão de saídas, que é colocado na parte frontal da unidade de controlo principal.

O módulo utilizado para o desenvolvimento deste projeto tem a particularidade de possuir 4 saídas de 5 V em *direct current* (DC) (Figura 4.3) [8].



Figura 4.3: *Signal Board* com saídas a 5 V [9]

Para o desenvolvimento deste projeto, este módulo é responsável por realizar o controlo da *drive* que controla o motor passo-a-passo.

O motivo da escolha deste componente, deve-se à necessidade de utilizar saídas DC para controlar a *drive* do motor.

*Datasheet* presente no ANEXO E.1.

### 4.2.3 Sensor Optris CT

O Optris CT é um sensor de temperatura de infravermelhos, que não necessita de contacto com o material para a obtenção de dados.

O modelo utilizado é o CT-LT (Figura 4.4) que tem como intervalo de medida de  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $600^{\circ}\text{C}$ . Trabalha num intervalo espectral dos  $8\mu\text{m}$  aos  $14\mu\text{m}$  e com uma emissividade compreendida ente 0 e 0,970 [10].

No *Ink Control System*, este sensor é responsável, através do ajuste da emissividade, pela leitura da temperatura a que se encontra a camada de tinta da peça.

O motivo pelo qual foi escolhido teve em conta a qualidade-preço dos vários sensores disponíveis para o mesmo efeito.

*Datasheet* presente no ANEXO E.2.



Figura 4.4: Sensor Optris CT [11]

#### 4.2.4 Plataforma de pesagem - AIN50 e interface TA4D/2

A AIN50 (Figura 4.5) é uma plataforma de pesagem constituída por uma célula de carga que efetua pesagens até 50 kg.

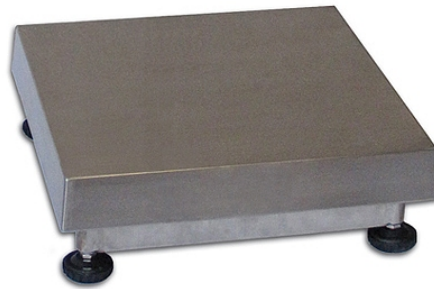


Figura 4.5: Plataforma de pesagem AIN50 [12]

O sinal gerado pela flexão da célula de carga entra na interface TA4D/2 (Figura 4.6) que filtra os ruídos do sinal, amplificando-o para ser usado na unidade de controlo.

A TA4D/2 tem a particularidade de atenuar vibrações externas, provenientes da superfície onde se encontra apoiada, através de um filtro analógico, gerando valores mais precisos e estáveis.

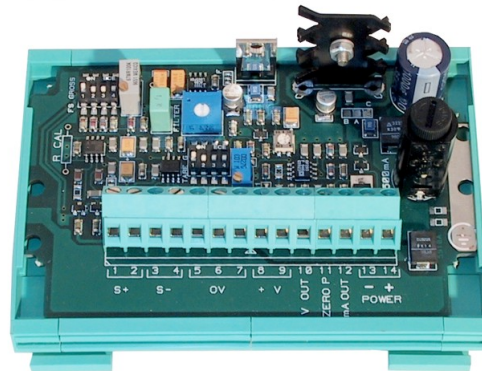


Figura 4.6: Interface TA4D/2 [14]

O agregado destes dois equipamentos faz com que seja possível obter valores da variação da tinta que se encontra no recipiente.

Estes equipamentos foram escolhidos com base na recomendação de um fornecedor, tendo em conta os requisitos previamente estabelecidos, nomeadamente a sua precisão de medição (detetar variações na ordem dos milímetros), fácil transporte e com saída analógica de sinal para a unidade de controlo [13].

*Datasheet* da balança presente no ANEXO E.3 e do filtro TA4D/2 presente no ANEXO E.4.

#### 4.2.5 Sensor Ultrassónico - Banner

O sensor ultrassónico, modelo T30UXIA (Figura 4.7) da Banner, emite pulsos através do ar que viajam à velocidade do som. Ao atingirem um objeto, parte destes pulsos são refletidos de volta ao sensor, determinando a distância entre o objeto e o sensor.

Este modelo, deteta distâncias compreendidas entre os 100 mm e 1 m. Tem, também, a particularidade de gerar uma saída analógica entre 4 a 20 mA, que é processada pela unidade de controlo [15].

Este sensor tem como função medir a variação de tinta, existente no recipiente, através da variação da distância entre esta e o sensor, determinada a partir da reflexão dos pulsos. Desta forma, quanto maior a distância entre a tinta e o sensor - maior tempo de receção da onda refletida, menor é o nível de tinta no recipiente, e vice-versa.

A escolha deste equipamento foi feita com base na recomendação de um especialista em silos, sendo que, também, foi tido em conta alguns requisitos previamente estabelecidos, a destacar a deteção de variações do tipo de tinta utilizada no IKEA *Industry* Portugal, sensibilidade à variação da tinta e o facto de gerar uma saída analógica entre 4 e 20 mA.



Figura 4.7: Sensor ultrassónico T30UXIA [16]

*Datasheet* presente no ANEXO E.5.

#### 4.2.6 **Motor Stepper**

Neste projeto é utilizado o seguinte motor passo-a-passo, Figura 4.8, de modelo 23KM-C. É um motor universal, o que permite ser utilizado como motor unipolar, ou bipolar e possui um passo de  $1,8^\circ$  [17].

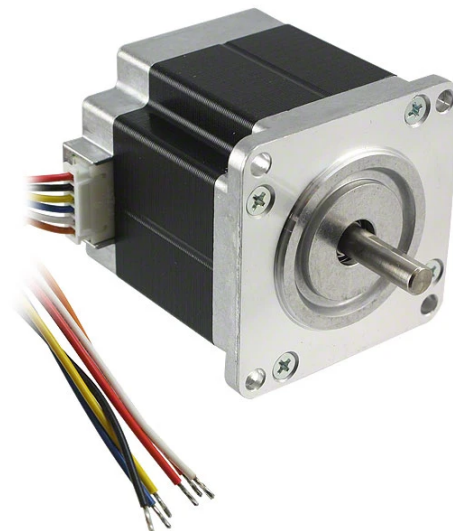


Figura 4.8: Motor *Stepper* [18]

A principal função deste motor é calibrar o posicionamento do sensor Optris Ct relativamente à superfície do produto.

A escolha deste motor deve-se à disponibilidade e abundância destes motores no nosso armazém. Tendo em conta que apenas é utilizado para processos de referência não havia necessidade de um motor mais dispendioso. Em suma, é adequado ao pretendido.

*Datasheet* presente no ANEXO E.6.

#### 4.2.7 Drive US1D200P10

O componente presente na Figura 4.9 é uma *drive* para controlar o motor passo-a-passo, demonstrado na subsecção anterior.

Esta *drive* é para motores unipolares, de modelo US1D200P10. É alimentada por 24 V e recebe, através de impulsos, sinais da unidade de controlo permitindo a rotação do motor nos dois sentidos [19].



Figura 4.9: *Drive* para motor *Stepper* [20]

A escolha deste componente deve-se ao seu baixo custo, cumprindo as necessidades pretendidas para o projeto, controlo do motor passo-a-passo através dos sinais provenientes da unidade de controlo.

*Datasheet* presente no ANEXO E.7.

### 4.3 Software

O *software* utilizado para o desenvolvimento deste sistema divide-se em dois componentes, são eles, a programação da unidade de controlo, através do TIA Portal V14 da Siemens e a unidade de interface gráfica, desenvolvida através de programação no Visual Studio Profissional 2017.

### 4.3.1 Programação da unidade de controlo

A programação da unidade de controlo foi realizada através do *software* TIA Portal V14 da Siemens. Programado em linguagem *Ladder*.

A programação é realizada ciclicamente pela função “Main” da unidade de controlo.

Esta é iniciada realizando as leituras dos vários componentes analógicos, a balança, o sensor de nível e o sensor Optris CT. Posteriormente chama sequencialmente as funções “Product\_verification”, “Workpiece\_Detection”, “SensorOptris\_Calibration” e por fim a função “Waste\_Verification”.

Na Figura 4.10 encontra-se um fluxograma da função “Main” da unidade de controlo.

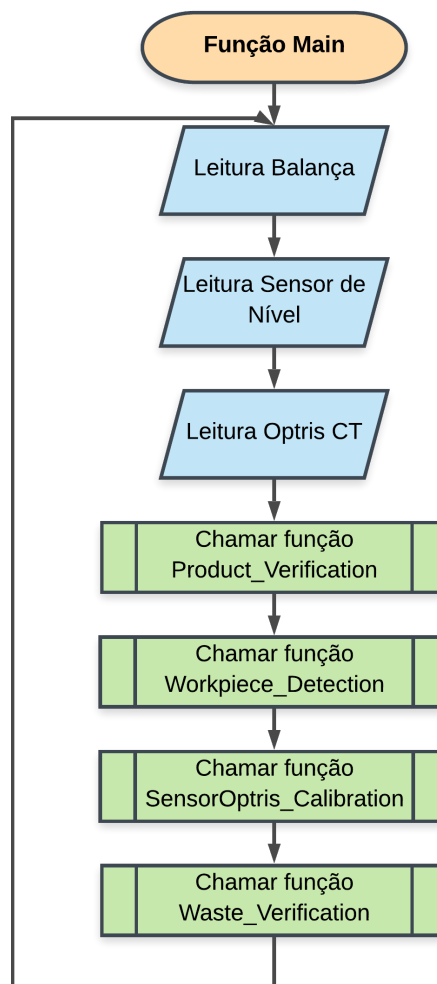


Figura 4.10: Fluxograma da função “Main” da unidade de controlo

A unidade de controlo, estando ligada à rede IKEA, recebe, em tempo real, a *string* do nome do produto que a linha está a produzir, e compara-a com o nome do produto anterior. Caso esta comparação seja falsa significa que existe um novo produto na linha, uma nova ordem de produção é dada e é efetuado o cálculo do nº de peças efetuadas na produção anterior (Figura 4.11).

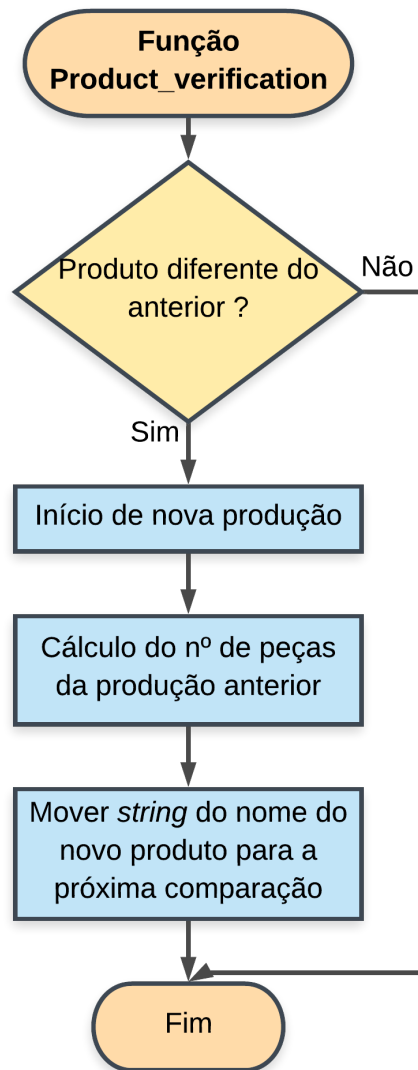


Figura 4.11: Fluxograma da função “Product\_verification”

O sensor Optris CT tem numa das suas características a função de *trigger*. Em caso da duração deste *trigger* seja superior a 500 ms é dada a ordem de início de ciclo para calcular a temperatura da peça. No momento em que este ciclo é iniciado, são gerados pulsos de 100 em 100 ms para retirar amostras de temperatura da peça incrementando um contador em cada uma destas amostras.

A unidade de controlo estará a realizar amostras até ser detetado o *falling edge* desse *trigger*, significando que o fim da peça foi detetado. Nesse momento é realizada a média das amostras registadas dividindo o número do somatório das leituras pelo nº do contador. De seguida são reinicializadas as variáveis para uma nova leitura.

Esta média registada pela unidade de controlo será posteriormente utilizada pela interface gráfica do *Ink Control System* para calcular a gramagem de tinta.

A função “*Workpiece\_Detection*” está representada através do fluxograma presente na Figura 4.12.

O *Ink Control System* possui um sistema de referenciação do sensor Optris CT descrito no capítulo seguinte, desta maneira, a unidade de controlo é responsável por executar esta referenciação através da função “*SensorOptris\_Calibration*”.

A função inicia verificando se foi dada a ordem de *enable* da *drive*, em caso afirmativo a unidade de controlo atua uma saída que permite a utilização da *drive*. Posteriormente verifica se foi dada a ordem de início de referenciação, permitindo a que o sistema de referenciação se desloque até ao ponto zero. Após conclusão desta referenciação é dada ordem para o sistema se deslocar até à cota de trabalho.

Esta função ainda verifica se foi realizada algum pedido de *reset*. Em caso de existir um pedido de *reset* à *drive*, a mesma é desligada. Relembrando que qualquer movimento do motor passo-a-passo necessita a ativação da *drive*.

Na Figura 4.13 está representado o fluxograma da função “*SensorOptris\_Calibration*”.

Uma das vantagens do *Ink Control System* é poder controlar a existência de fugas durante o abastecimento de tinta para o balde. Para tal é utilizada a função “*Waste\_Verification*” da unidade de controlo.

Esta função verifica se existe uma ordem de abastecimento de tinta para o balde realizada pelo operador, em caso afirmativo irá ser registado o valor do sensor de nível numa variável de registo inicial. De seguida é iniciado um temporizador de 2 segundos. Ao fim desse tempo, será novamente registado o valor do sensor numa variável de registo final e adicionado um *offset* ao registo inicial, representando o nível de tinta que deveria ter subido no balde. Se no fim desse período o valor de registo final for menor que o valor ou igual que o inicial é porque existiu uma fuga de tinta e um erro é ativado.

O erro gerado pela função pode ser anulado através de uma ordem de *reset*.

A função “*Waste\_Verification*” está representada no fluxograma da Figura 4.14.

O código desenvolvido para a unidade de controlo encontra-se na íntegra no ANEXO B.

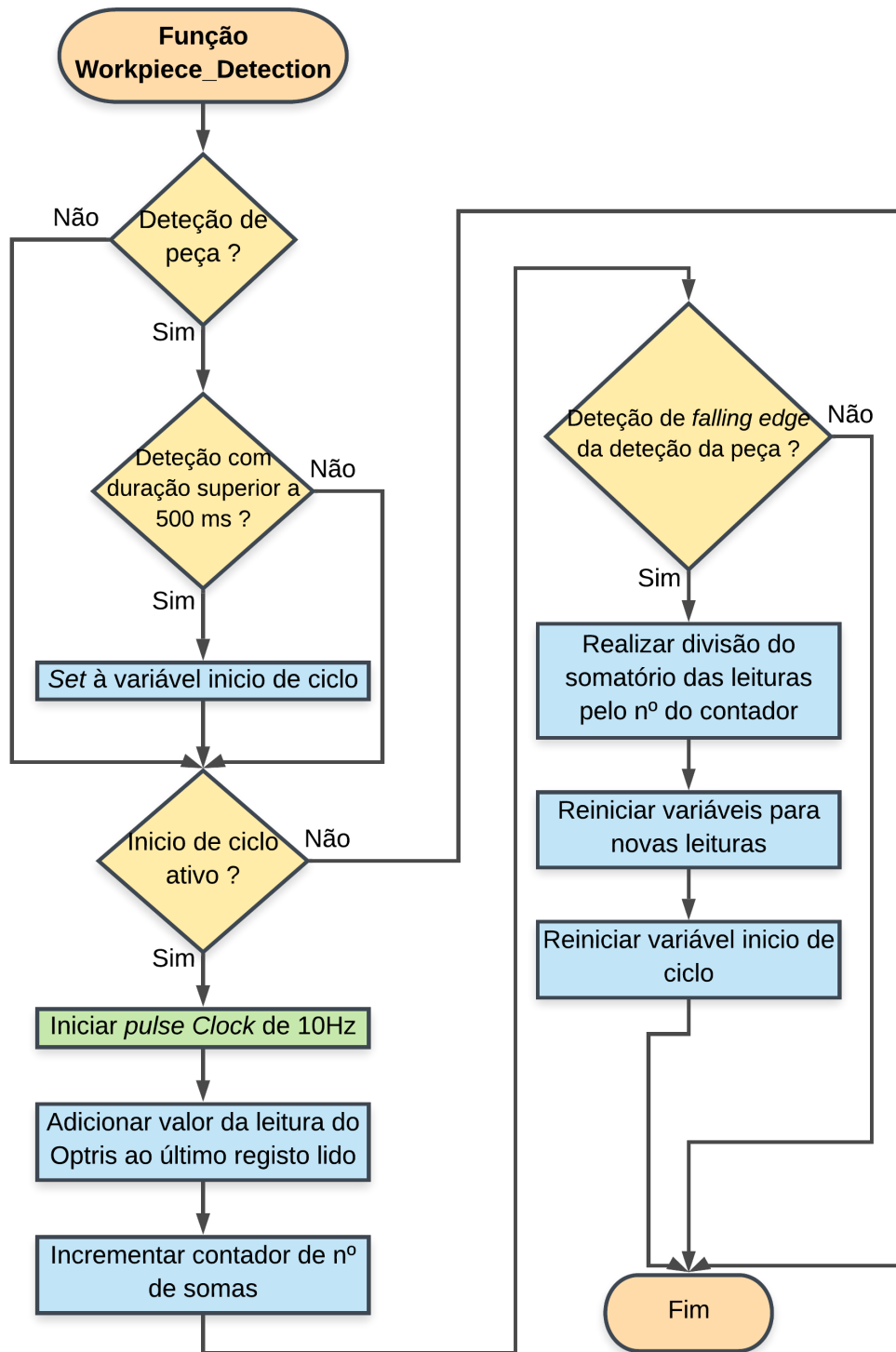


Figura 4.12: Fluxograma da função “Workpiece\_Detection”

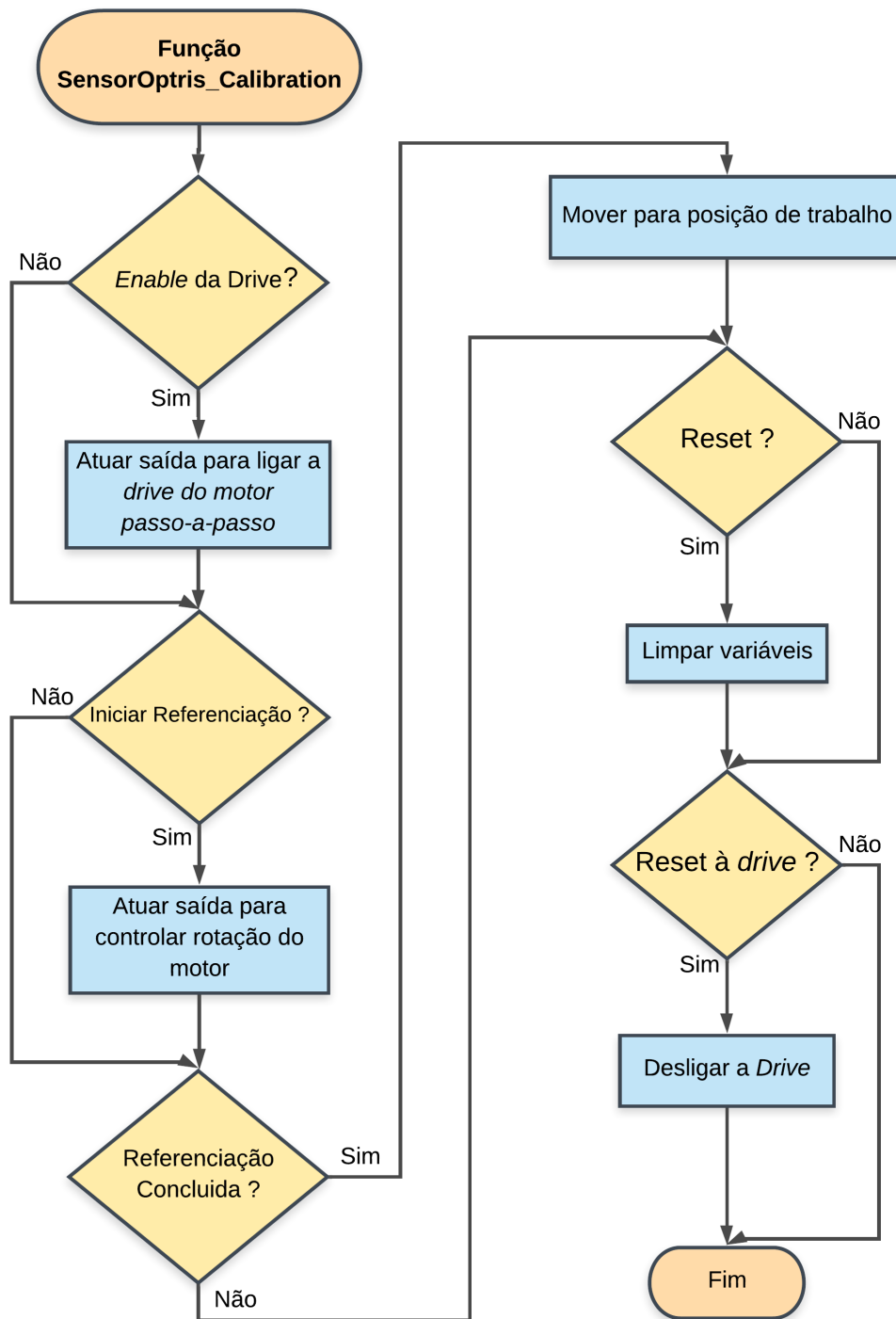


Figura 4.13: Fluxograma da função “SensorOptris\_Calibration”

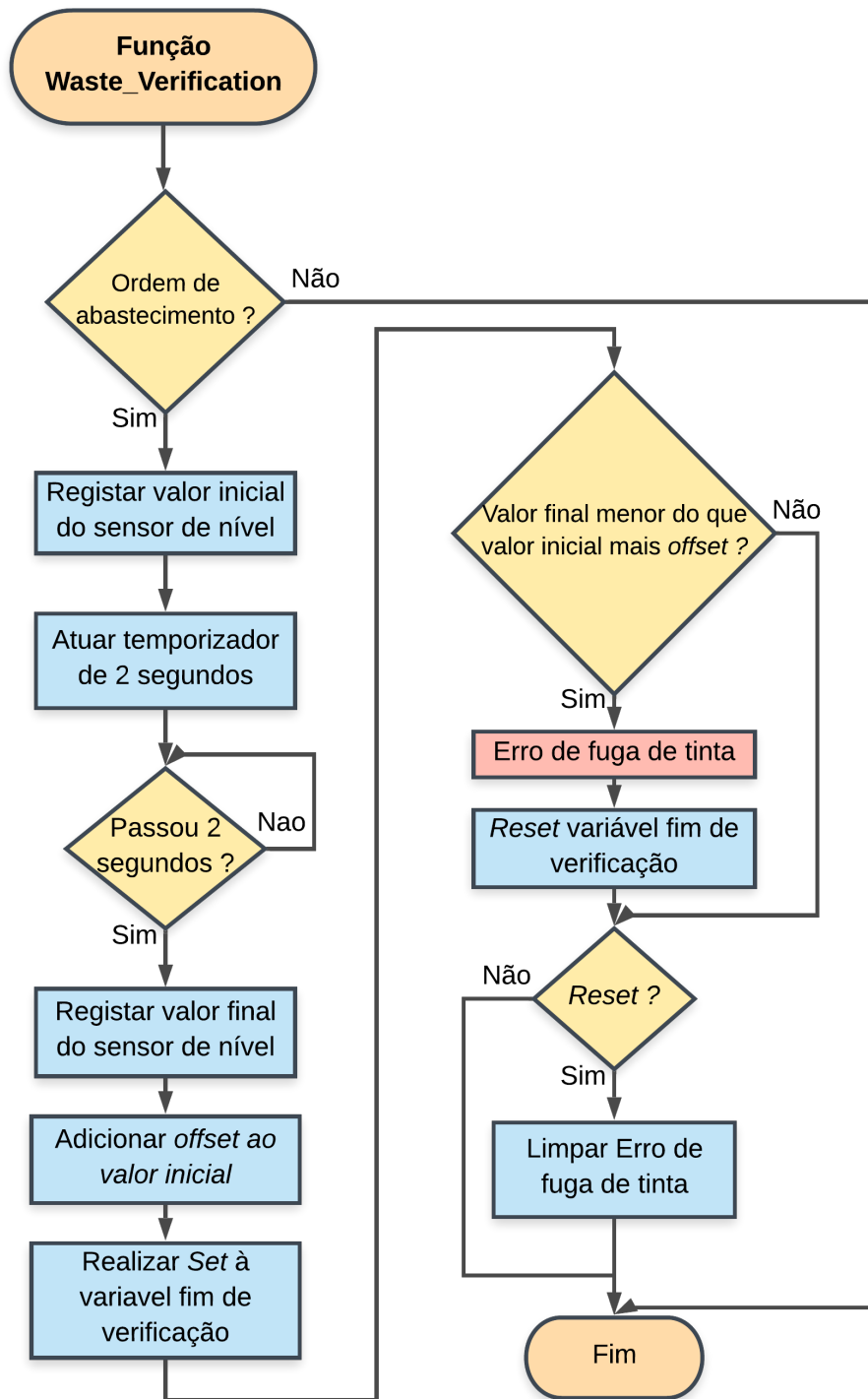


Figura 4.14: Fluxograma da função “Waste\_Verification”

### 4.3.2 Programação da interface gráfica

A programação da interface gráfica, designada também por *Ink Control System*, foi realizada através do *software* Visual Studio Professional 2017.

A aplicação está dividida em duas atividades, a primeira que corresponde à interface gráfica, permite a interação com o operador, e a segunda que executa um serviço para garantir o funcionamento da aplicação em caso de eventual *shutdown* da interface gráfica.

A interface gráfica é representada através do fluxograma da Figura 4.15.

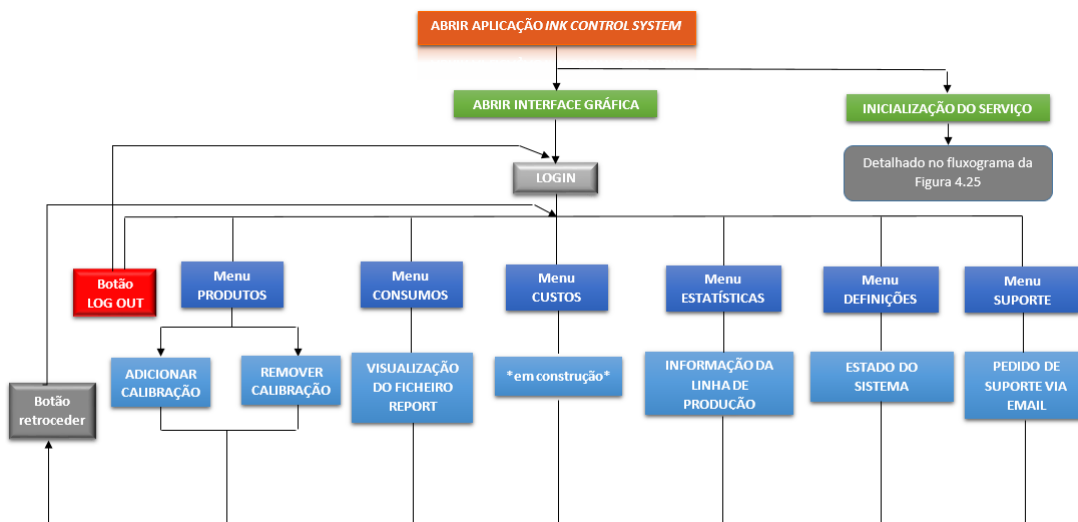


Figura 4.15: Fluxograma do programa da interface gráfica

Ao executar a aplicação *Ink Control System* será aberto a interface gráfica para que facilite a interação com o utilizador. Esta é iniciada com um acesso de *Login* (Figura 4.16) restringindo o acesso à aplicação apenas a utilizadores autorizados.

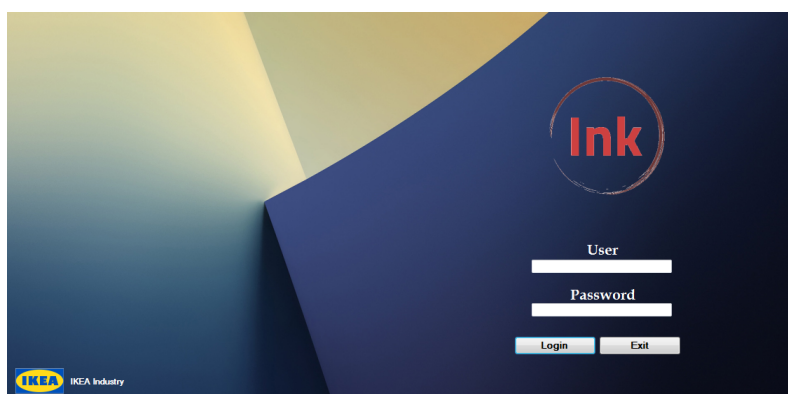


Figura 4.16: *Login* da aplicação *Ink Control System*

Após o acesso de *Login* é apresentado um menu com 6 opções. É também possível visualizar em tempo real a gramagem de tinta aplicada no produto assim como verificar se o sistema está, ou não, calibrado (Figura 4.17).



Figura 4.17: Menu da aplicação *Ink Control System*

Neste menu o utilizador tem acesso, através da opção "Produtos", à lista dos produtos calibrados utilizados na aplicação. O operador pode remover ou adicionar produtos assim se o desejar (Figura 4.18).

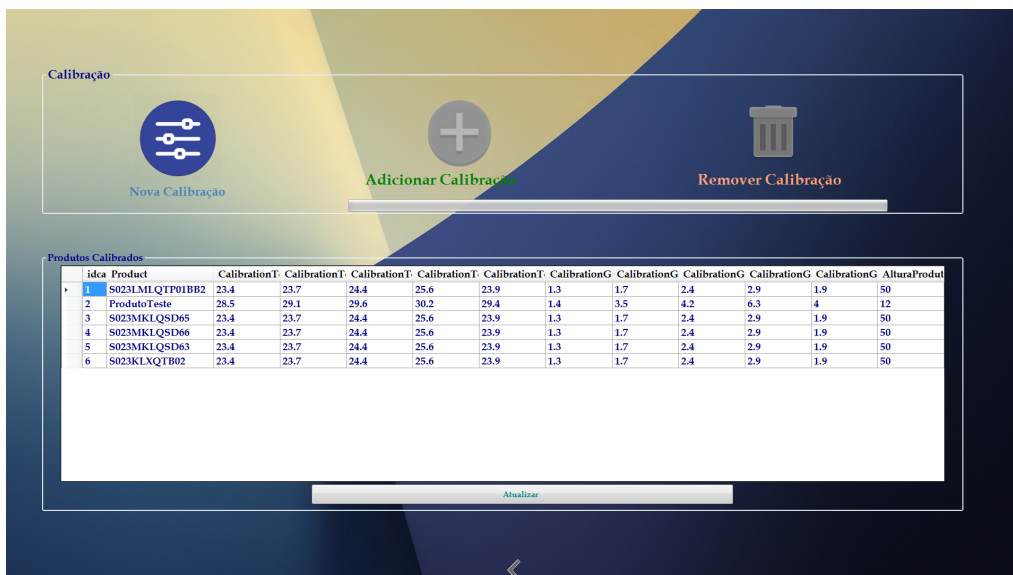


Figura 4.18: Opção “Produtos” da aplicação *Ink Control System*

Voltando ao menu principal, e selecionando a opção "Consumos", o utilizador

tem acesso ao resumo das gramagens realizadas, selecionando o mês do *report* originado pela aplicação (Figura 4.19 e Figura 4.20).

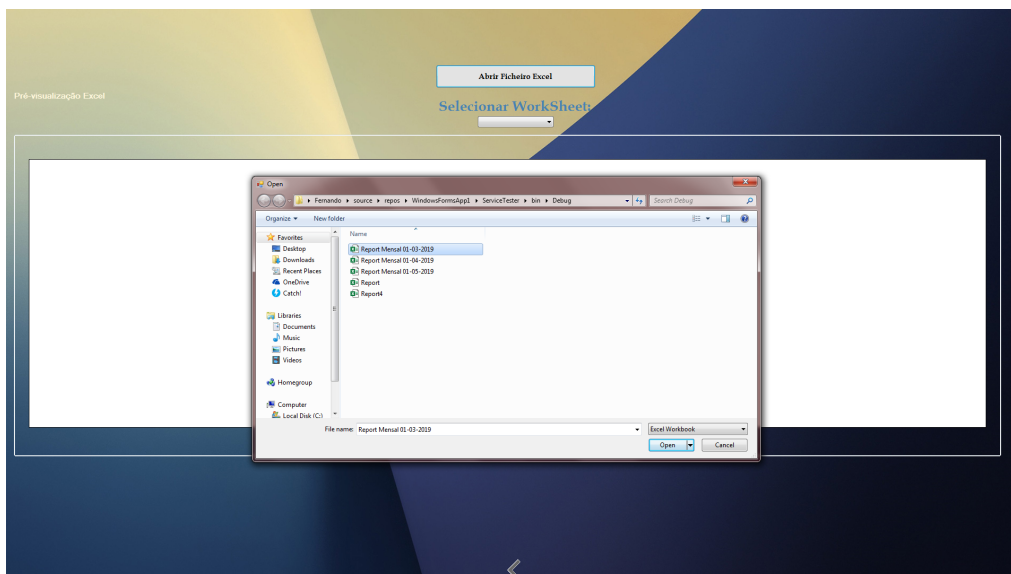


Figura 4.19: Selecionar *report* na opção “Consumos” da aplicação *Ink Control System*

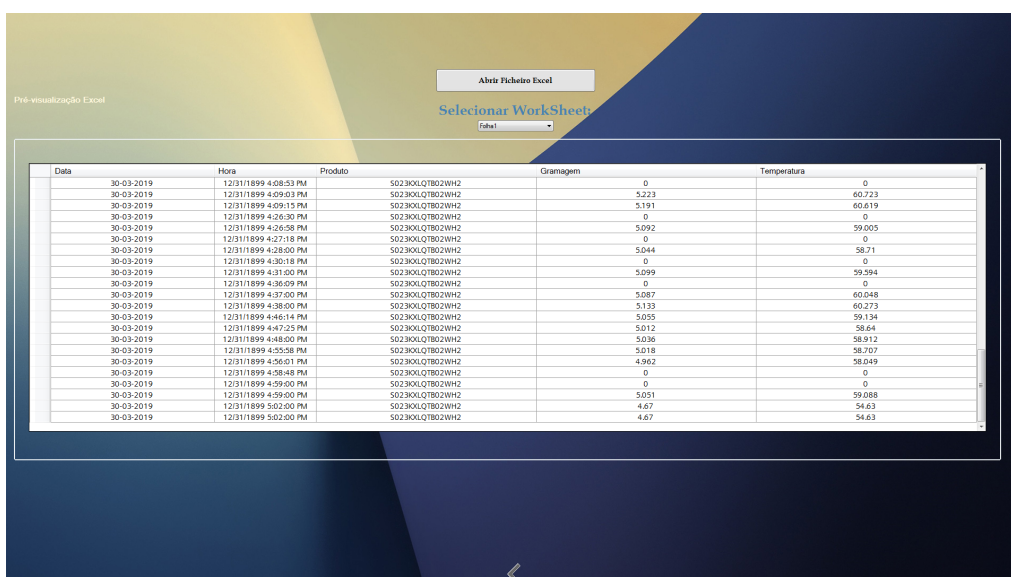


Figura 4.20: Visualizar *report* na aplicação *Ink Control System*

A aplicação *Ink Control System*, estando conectada à unidade de controlo, que por sua vez esta está conectada à rede do IKEA *Industry Portugal*, permite-nos fornecer informações sobre o estado atual da linha.

Na opção “Estatística” da aplicação, é possível ao utilizador verificar, em

tempo real, o estado da linha. Seja o produto que esteja a produzir, o número de peças produzidas ou o gráfico com a eficiência da linha (Figura 4.21).

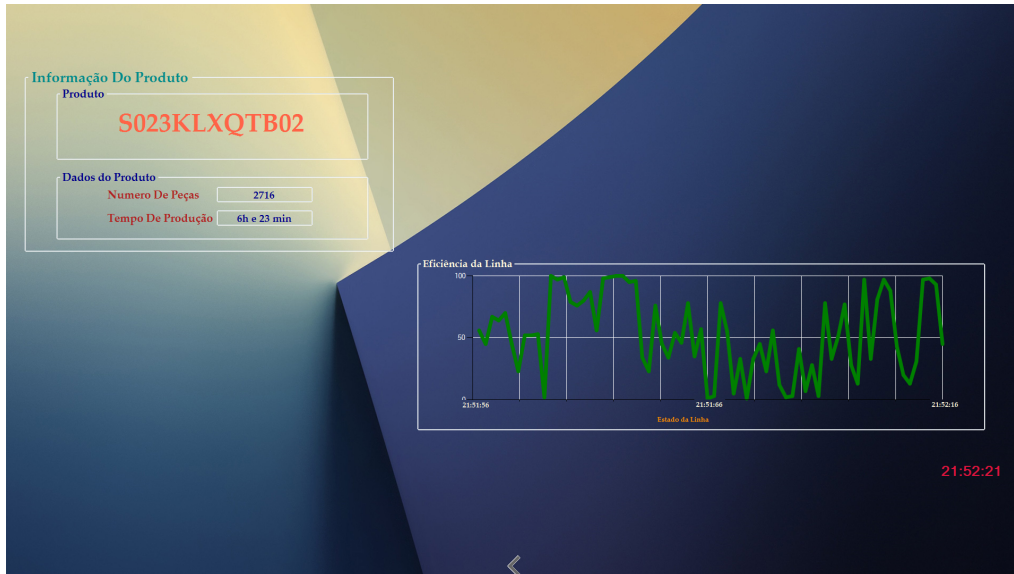


Figura 4.21: Estado da linha de produção através da aplicação *Ink Control System*

É importante o utilizador estar informado dos estados em que o sistema se encontra. Deste modo, na opção “Definições” do menu, é possível visualizar os estados dos diversos componentes ligados à unidade de controlo, como por exemplo mensagens de erro para diagnóstico em caso de alguma avaria (Figura 4.22).



Figura 4.22: Estado do sistema geral *Ink Control System*

Outra funcionalidade, ainda dentro da opção "Definições", é a possibilidade de, em caso necessário, controlar e configurar o sensor Optris Ct (Figura 4.23).

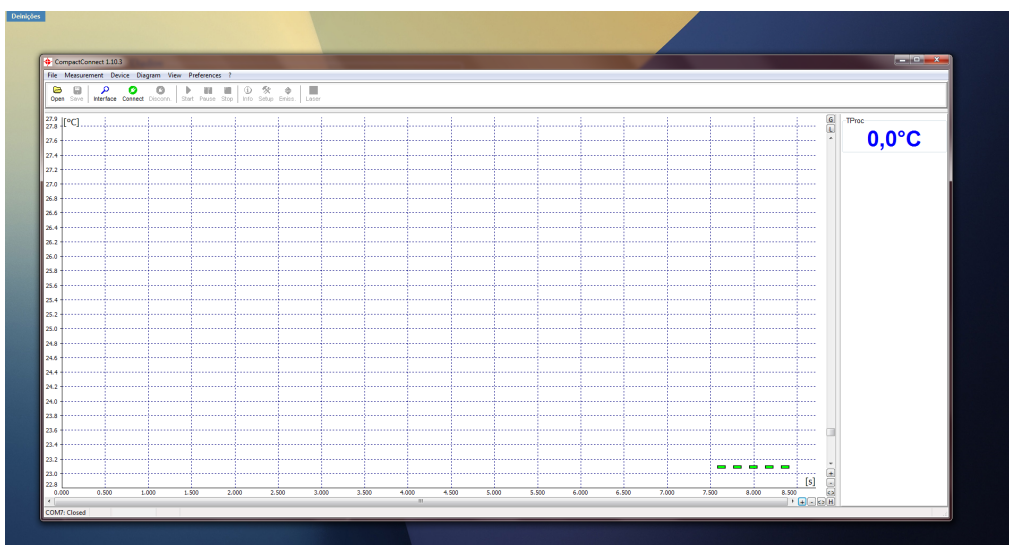


Figura 4.23: Configuração do sensor Optris CT na aplicação *Ink Control System*

Nesta janela de configuração do sensor Optris CT é possível selecionar o tipo de saída do sensor, a emissividade da onda infravermelha. É ainda permitido selecionar os limites de temperatura de modo a originar um alarme para ser recebido pela unidade de controlo em caso de sobreaquecimento.

Por fim, o *Ink Control System* possui uma conta email que permite, através da opção "Suporte" do menu principal, enviar pedidos de informação ou assistência técnica.

Ao mesmo tempo, a interface possui uma caixa de mensagens que permite visualizar a resposta enviada pelo suporte técnico (Figura 4.24).

Como foi referido anteriormente, ao executar a aplicação *Ink Control System*, 2 atividades eram geradas, por um lado a parte de interface gráfica com o utilizador, anteriormente descrita e, por outro lado, relativamente ao serviço iniciado.

Este serviço é responsável por realizar o processamento da interface gráfica em caso de o utilizador a encerrar acidentalmente. O serviço está a ser executado em segundo plano, juntamente com outros serviços do *Windows*, guardando estados e executando o processamento que a interface gráfica necessita para o seu correto funcionamento.

O funcionamento e as atividades realizadas pelo serviço estão descritas através do fluxograma da Figura 4.25.

O serviço é instalado no *Windows* e é sempre iniciado quando este é ligado.

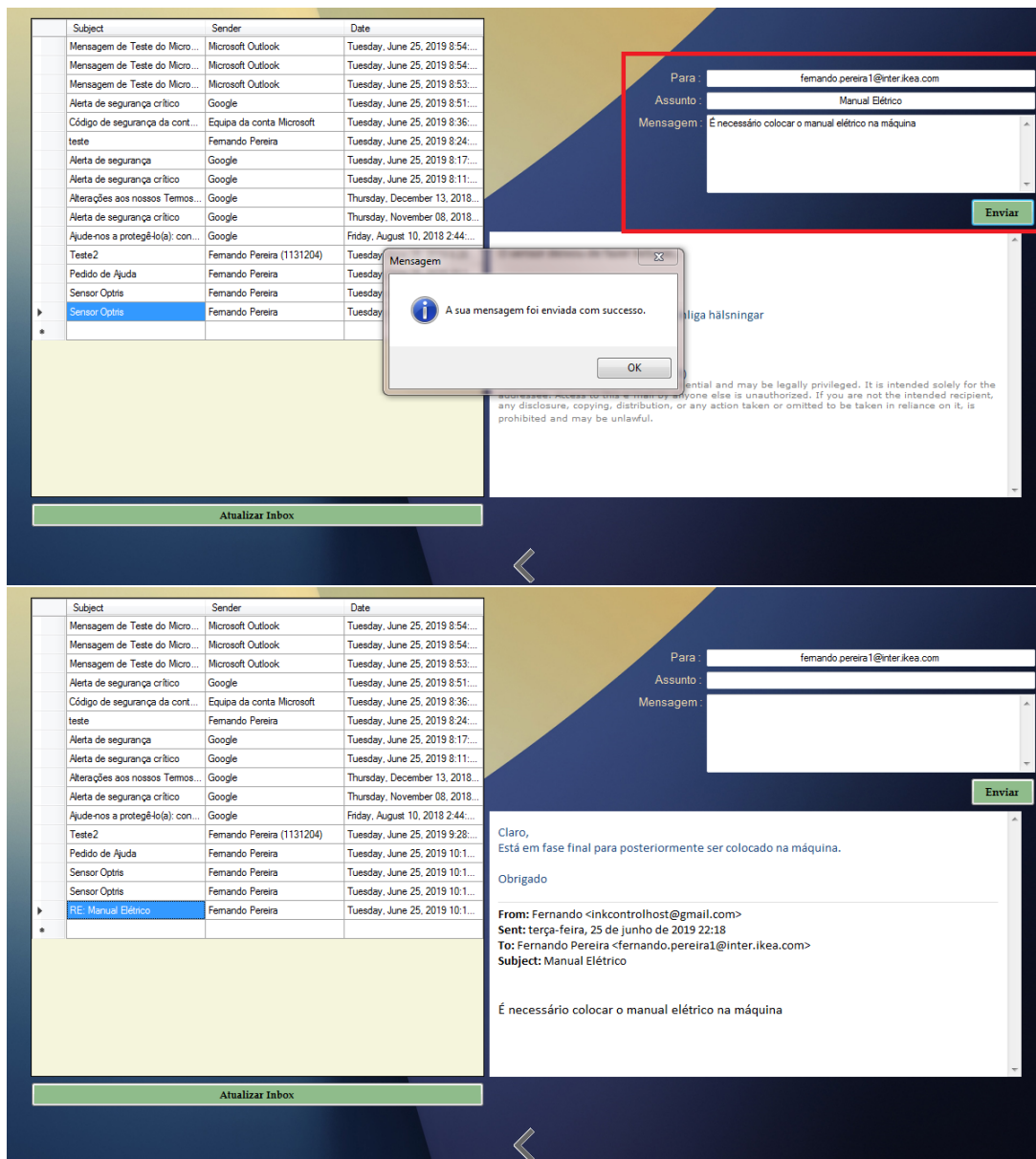


Figura 4.24: Pedido de Informação através do Ink Control System

O serviço está programado ciclicamente de modo a que execute o seu programa continuamente. Este chama funções existentes numa biblioteca designada por “biblioteca serviço” para que posteriormente seja mais fácil utilizar em projetos futuros.

As funções chamadas no serviço são executadas sequencialmente. Primeiramente, são chamadas as funções "Horas" e "Data" para que em cada ciclo o processamento seja feito com a respetiva hora e data mais atualizada (Figura 4.26).

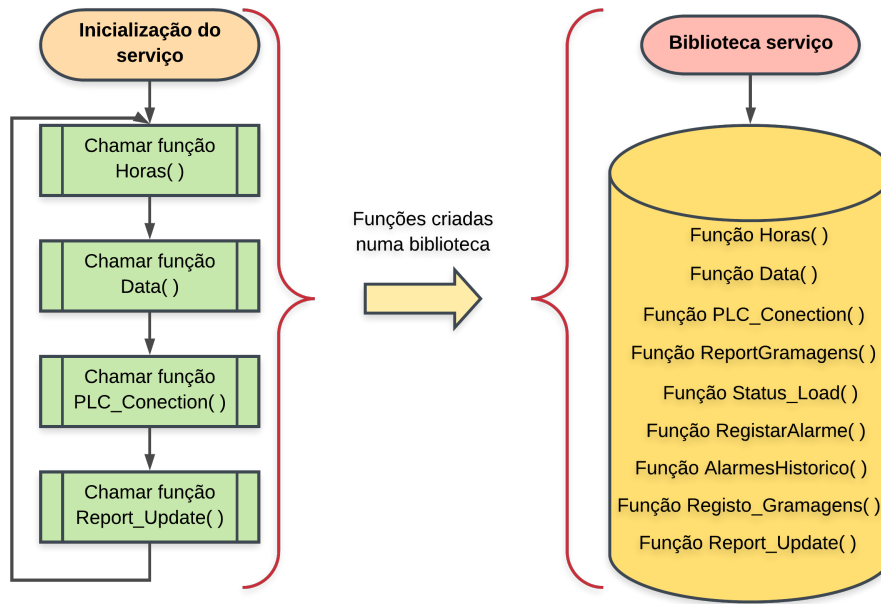


Figura 4.25: Fluxograma do programa da interface gráfica - serviço

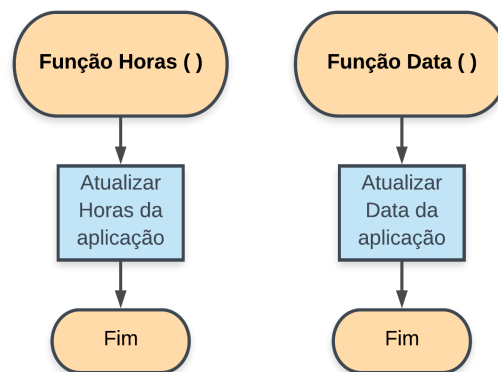


Figura 4.26: Fluxograma da função "Horas" e da função "Data"

Seguidamente, é verificada a conexão com a unidade de controlo através da função "PLC\_Conexion", caso seja impossível, altera a variável *status* para que a interface gráfica mostre o erro. Caso a comunicação com a unidade de controlo seja efetuada, além de alterar a variável *status* para OK, também é feita a leitura dos valores analógicos e estado dos componentes, escritos nas DB, e guardadas em variáveis locais da aplicação.

Ainda dentro da função de verificação de comunicação com a unidade de controlo, é realizada a comparação se o utilizador da aplicação pretende efetuar a calibração do sistema. Em caso de se pretender efetuar esta calibração, a interface

gráfica escreve nas DB da unidade de controlo para que a *drive* do motor seja habilitada e seja dada a ordem de início de calibração.

A cada minuto esta função chama as funções de "ReportGramagem", "RegistrarAlarmes" e "Registo\_Gramagens" para guardar registos das gramagens, verificar a existência de erros e criar um histórico dos mesmos, respetivamente.

A função "PLC\_Conexion" está descrita no fluxograma da Figura 4.27.

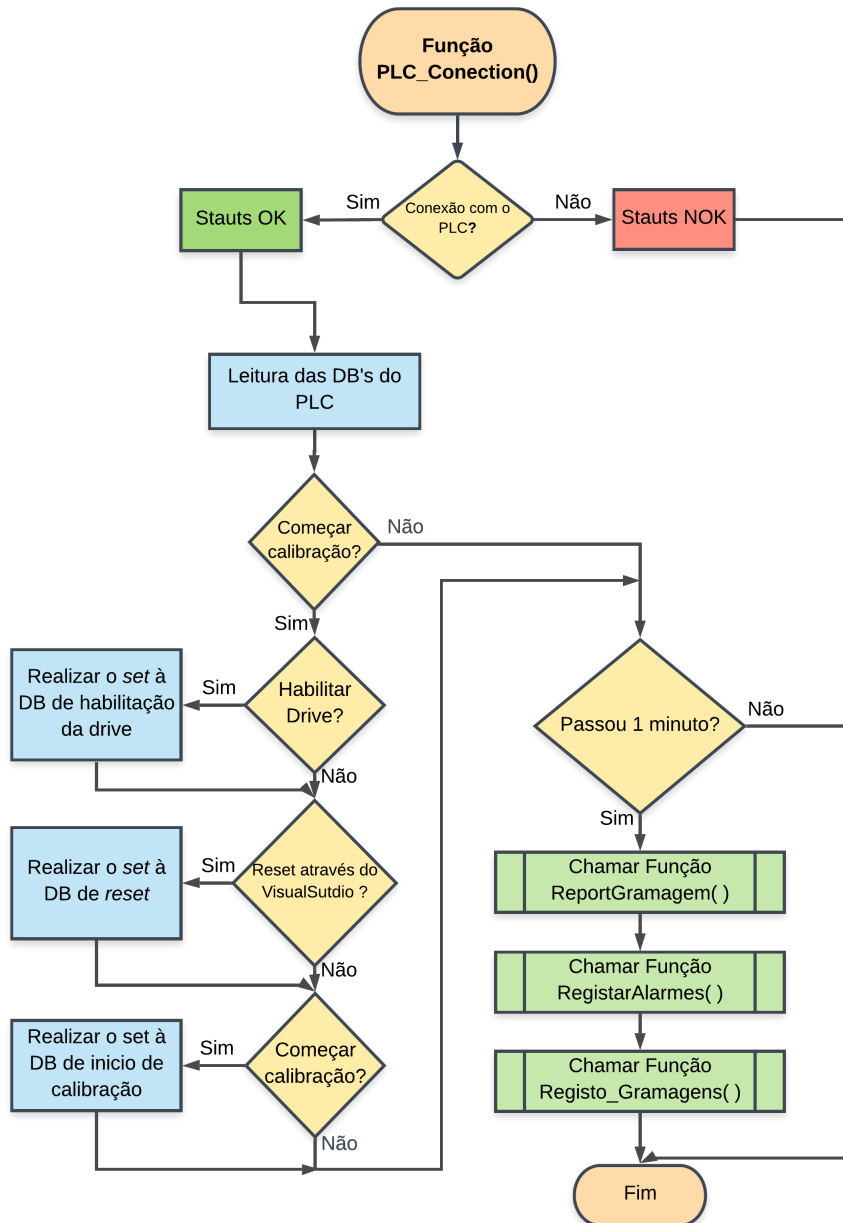


Figura 4.27: Fluxograma da função "PLC\_Conexion" da biblioteca serviço

A função "ReportGramagem" é responsável por registar num ficheiro Excel as gramagens de tinta aplicadas no produto. Ao dia 1 de cada mês, pelas 00:00:00 horas, a aplicação cria um novo ficheiro Excel para registos desse mês.

Para que seja possível efetuar os registos das gramagens, é necessário chamar a função "Status\_Load" para que um novo cálculo da gramagem seja realizado e posteriormente registado no ficheiro Excel.

A função "ReportGramagem" está representada através do fluxograma presente na Figura 4.28.

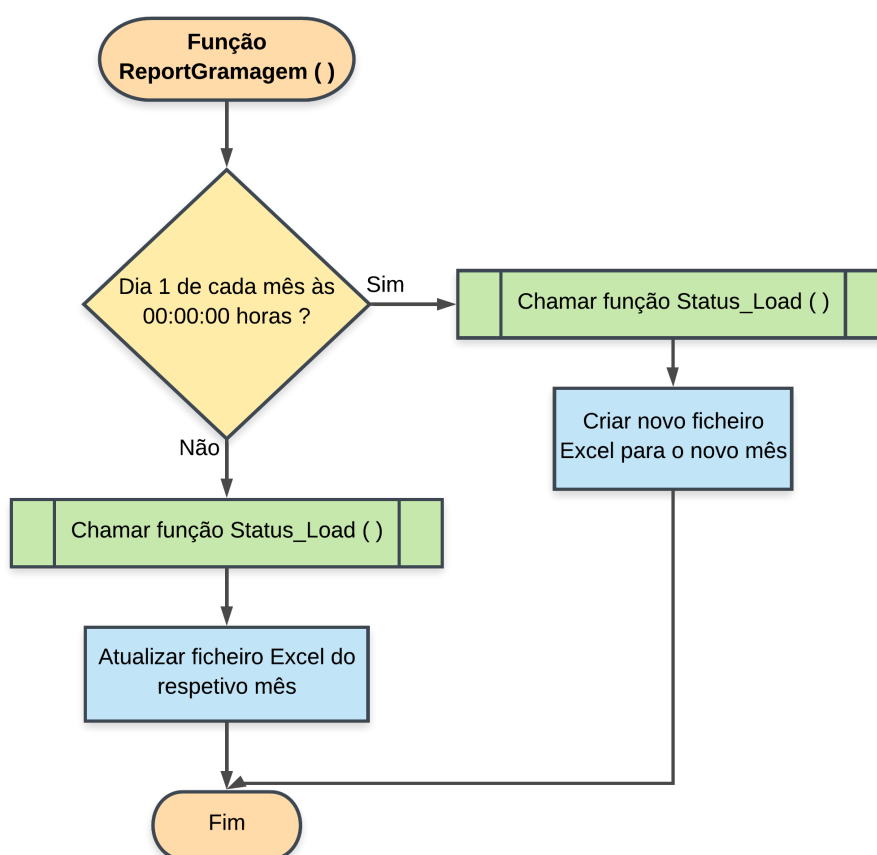


Figura 4.28: Fluxograma da função "ReportGramagem" da biblioteca serviço

A função "Status\_Load", como mencionado anteriormente, é responsável pelo cálculo da gramagem de tinta aplicada no produto. Para tal, esta função acede à base de dados que contém as calibrações dos produtos, guarda os registos dessas calibrações em variáveis da aplicação e realiza a equação (4.1), equação (4.2) e equação (4.3):

$$MediaGramCalib = \frac{\sum GramCalib.1 + GramCalib.2 + GramCalib.3 + GramCalib.4}{4} \quad (4.1)$$

$$MediaTempCalib = \frac{\sum TempCalib.1 + TempCalib.2 + TempCalib.3 + TempCalib.4}{4} \quad (4.2)$$

$$GramagemFinal = \frac{TempAtualOptris \times MediaGramCalib}{MediaTempCalib} \quad (4.3)$$

Entende-se como *TempAtualOptris* o valor da temperatura lido pela unidade de controlo durante a deteção do produto.

A função "Status\_Load" está representada através do fluxograma da Figura 4.29.

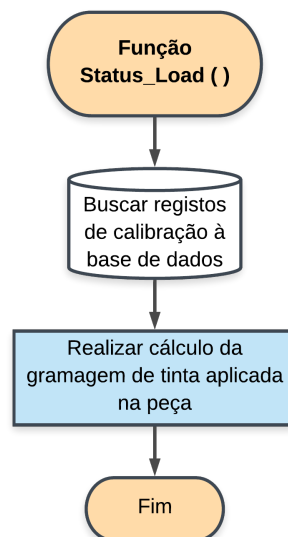


Figura 4.29: Fluxograma da função "Status\_Load" da biblioteca serviço

A seguir à chamada das respetivas funções para calcular a gramagem de tinta, procede-se ao registo dos erros existentes no sistema para criar um histórico dos mesmos para futura análise.

Para tal, existe a função "RegistrarAlarme". Esta função verifica as variáveis que indicam os estados dos vários componentes de *hardware*. Em caso de existir alguma anomalia é chamada a função "AlarmesHistorico".

A função "AlarmesHistorico" será responsável pelo registo dos erros numa base de dados local. Este procedimento irá permitir uma melhor visão sobre o

desenvolvimento geral do sistema, uma vez que com este registo é possível verificar os aspetos menos positivos do sistema, e trabalhar numa possível melhoria futura.

De modo a garantir que o ficheiro Excel que contém os registos das gramagens de tinta não é removido acidentalmente, a aplicação também efetua um registo paralelo numa base de dados local. Este procedimento é realizado através da função “Registo\_Gramagens”.

De relembrar, Figura 4.27, que as 3 funções descritas anteriormente, apenas são chamadas de minuto a minuto pela função “PLC\_Conexão”.

A Figura 4.30, a Figura 4.31 e Figura 4.32 representam os fluxogramas da função “RegistarAlarme”, função “AlarmesHistorico” e função “Registo\_Gramagens”, respetivamente.

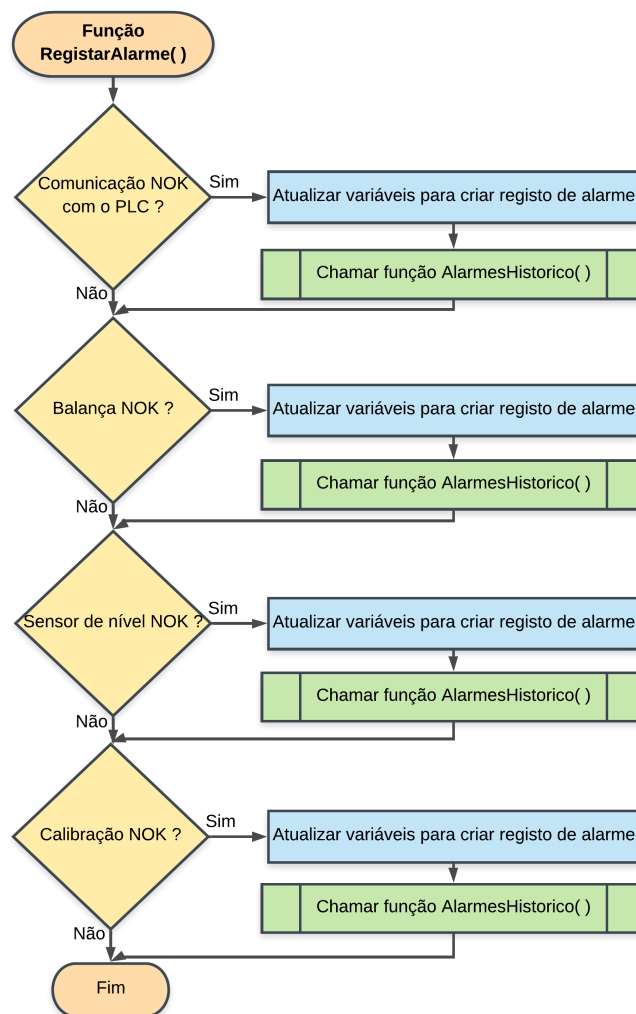


Figura 4.30: Fluxograma da função “RegistarAlarme” da biblioteca serviço

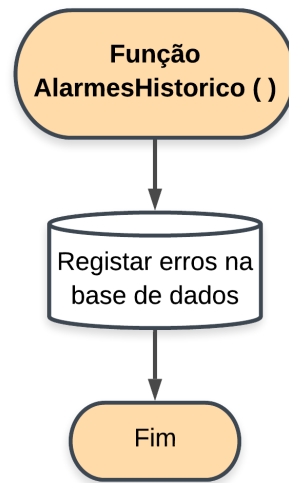


Figura 4.31: Fluxograma da função “AlarmesHistorico” da biblioteca serviço

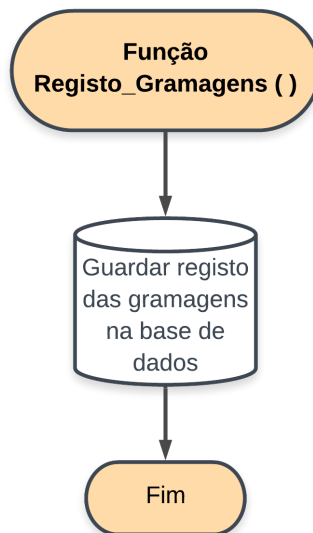


Figura 4.32: Fluxograma da função “Registo\_Gramagens” da biblioteca serviço

Para finalizar, a última função a ser chamada no ciclo do serviço é a função “Report\_Update”. Ela é responsável por registar, numa base de dados local, uma síntese da produção de um determinado produto, como por exemplo, o número de peças produzidas, a gramagem de tinta utilizada nessa produção, entre outros (Figura 4.33).

O código desenvolvido encontra-se no ANEXO C presente no CD adjunto a esta dissertação.

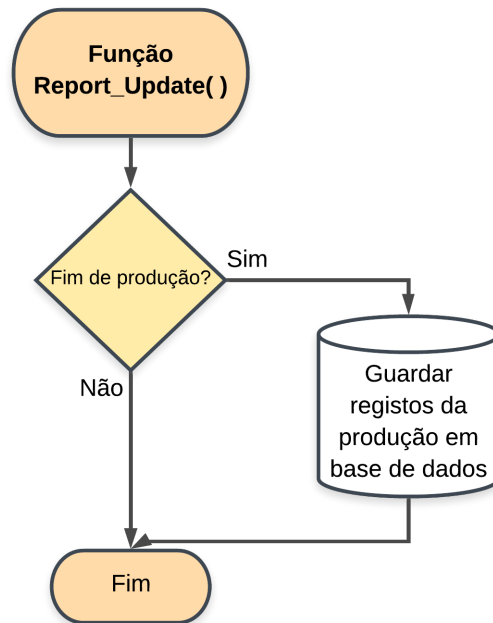


Figura 4.33: Fluxograma da função “Report\_Update” da biblioteca serviço

### 4.3.3 Base de dados - MySQL Workbench

De forma a guardar e possibilitar o correto funcionamento do *Ink Control System*, o *software* é auxiliado através de várias bases de dados. Estas bases de dados são construídas através do *software* MySQL Workbench (Figura 4.34).



Figura 4.34: *Software* MySQL Workbench [21]

A aplicação do *Ink Control System* utiliza 4 bases de dados locais.

A base de dados mais importante do sistema é a que contém os registos das calibrações presentes na Figura 4.35. São estes registos que através da equação (4.3) é permitido calcular a gramagem de tinta aplicada no produto.

idc	Product	CalibrationTemp1	CalibrationTemp2	CalibrationTemp3	CalibrationTemp4	CalibrationTempRef	CalibrationGram1	CalibrationGram2	CalibrationGram3	CalibrationGram4	CalibrationGramRef	AltraProduto
1	S023MLOTP01B82	23.4	23.7	24.4	25.6	23.9	1.3	1.7	2.4	2.9	1.9	12
2	ProdutoTeste	28.5	29.1	29.6	30.2	29.4	1.4	3.5	4.2	6.3	4	50
3	S023MKLOS65	23.4	23.7	24.4	25.6	23.9	1.3	1.7	2.4	2.9	1.9	12
4	S023MKLOS66	23.4	23.7	24.4	25.6	23.9	1.3	1.7	2.4	2.9	1.9	12
5	S023MKLOS63	23.4	23.7	24.4	25.6	23.9	1.3	1.7	2.4	2.9	1.9	12
6	S023KXOTB02	23.4	23.7	24.4	25.6	23.9	1.3	1.7	2.4	2.9	1.9	12

Figura 4.35: Base de dados de calibração

Como foi referido anteriormente, de modo a estudar o sistema e propor melhorias futuras, existe a base de dados da Figura 4.36 que regista o histórico de erros existentes no sistema

idAlarmes	Componente	Descricao	Data	Hora
13867	PLC	Falha de comunicação	27-06-2019	20:35:53
13868	Balanca	Balanca fora dos limites	27-06-2019	20:35:53
13869	Sensor Nível	Falha na distância entre o sensor e o balde de tinta	27-06-2019	20:35:53
13870	Sistema de calibração	Sistema não calibrado	27-06-2019	20:35:53
13871	PLC	Falha de comunicação	27-06-2019	20:35:53
13872	Balanca	Balanca fora dos limites	27-06-2019	20:35:53
13873	Sensor Nível	Falha na distância entre o sensor e o balde de tinta	27-06-2019	20:35:53
13874	Sistema de calibração	Sistema não calibrado	27-06-2019	20:35:53
13875	PLC	Falha de comunicação	27-06-2019	20:35:53
13876	Balanca	Balanca fora dos limites	27-06-2019	20:35:53
13877	Sensor Nível	Falha na distância entre o sensor e o balde de tinta	27-06-2019	20:35:53
13878	Sistema de calibração	Sistema não calibrado	27-06-2019	20:35:53

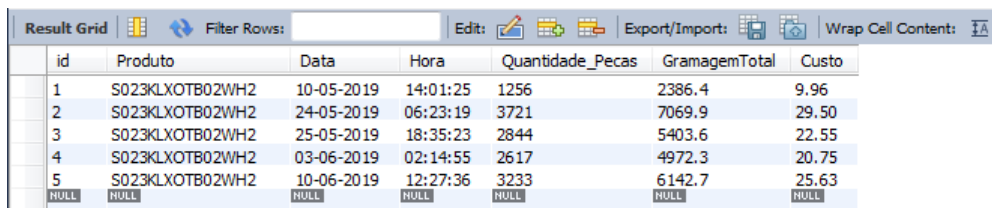
Figura 4.36: Base de dados com histórico de alarmes

A terceira base de dados corresponde aos registos das gramagens de tinta aplicadas no produto. Os registos efetuados nesta base de dados servem de *backup* aos registos preenchidos no ficheiro de Excel (Figura 4.37).

id	Data	Hora	Produto	Sealer2Gramagem	Sealer2Temperatura
45	30-03-2019	16:36:09	S023KXLOTB02WH2	0	0
46	30-03-2019	16:37:00	S023KXLOTB02WH2	5.087	60.048
47	30-03-2019	16:38:00	S023KXLOTB02WH2	5.133	60.273
48	30-03-2019	16:46:14	S023KXLOTB02WH2	5.055	59.134
49	30-03-2019	16:47:25	S023KXLOTB02WH2	5.012	58.64
50	30-03-2019	16:48:00	S023KXLOTB02WH2	5.036	58.912
51	30-03-2019	16:55:58	S023KXLOTB02WH2	5.018	58.707
52	30-03-2019	16:56:01	S023KXLOTB02WH2	4.962	58.049
53	30-03-2019	16:58:48	S023KXLOTB02WH2	0	0
54	30-03-2019	16:59:00	S023KXLOTB02WH2	0	0
55	30-03-2019	16:59:00	S023KXLOTB02WH2	5.051	59.088
56	30-03-2019	17:02:00	S023KXLOTB02WH2	4.67	54.63
57	30-03-2019	17:02:00	S023KXLOTB02WH2	4.67	54.63

Figura 4.37: Base de dados com registos de gramagens

Por último, existe a base de dados que regista os dados ao fim de cada produção. São registados parâmetros como o número total de peças produzidas, a quantidade total de tinta utilizada para a realização dos produtos e o custo total de tinta da respetiva produção (Figura 4.38).



id	Produto	Data	Hora	Quantidade_Pecas	GramagemTotal	Custo
1	S023KLXOTB02WH2	10-05-2019	14:01:25	1256	2386.4	9.96
2	S023KLXOTB02WH2	24-05-2019	06:23:19	3721	7069.9	29.50
3	S023KLXOTB02WH2	25-05-2019	18:35:23	2844	5403.6	22.55
4	S023KLXOTB02WH2	03-06-2019	02:14:55	2617	4972.3	20.75
5	S023KLXOTB02WH2	10-06-2019	12:27:36	3233	6142.7	25.63
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Figura 4.38: Base de dados com *report* geral da produção

A gramagem total expressa na base de dados anteriormente apresentada, tem como unidade de medida a grama e o Euro como unidade de custo.



## Capítulo 5

---

# Calibração do Sistema *Ink Control System*

---

*A aplicação Ink Control System possui um sistema de calibração automático. O sistema de calibração resume-se no posicionamento do sensor Optris Ct face à peça a medir.*

### 5.1 Sistema de Calibração do sensor Optris

O sensor Optris Ct utilizado neste projeto possui uma lente de 20:1. A Figura 5.1 mostra as suas especificações relativamente à zona de medição face à distância do objeto a medir.

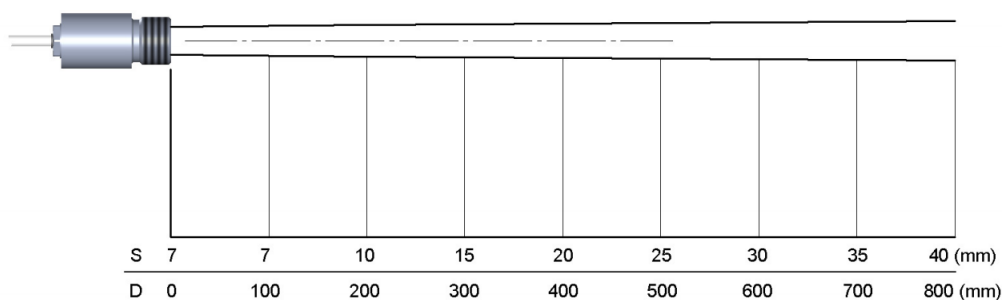


Figura 5.1: Especificação das zonas de medição face à distância do objeto a medir

Para o desenvolvimento deste projeto, pretendia-se que o sensor estivesse à menor distância possível do produto a medir. Como tal, optou-se por utilizar uma área de medição de 7 mm, o que significa que o sensor deve estar, sempre, a uma distância do produto de 100 mm.

Uma vez que existe uma enorme variedade de produtos, e conseqüentemente, de alturas, havia a necessidade de criar um sistema automático que colocasse o sensor sempre à mesma distância da superfície do produto.

O mecanismo criado para o efeito, foi através de um motor passo-a-passo ligado a um varão roscado e um pequeno suporte em “L” aparafusado ao mesmo. À medida que o motor passo-a-passo gira, faz rodar o varão roscado que, por sua vez, faz subir e descer o suporte em “L” juntamente com os sensores identificados na Figura 5.2.

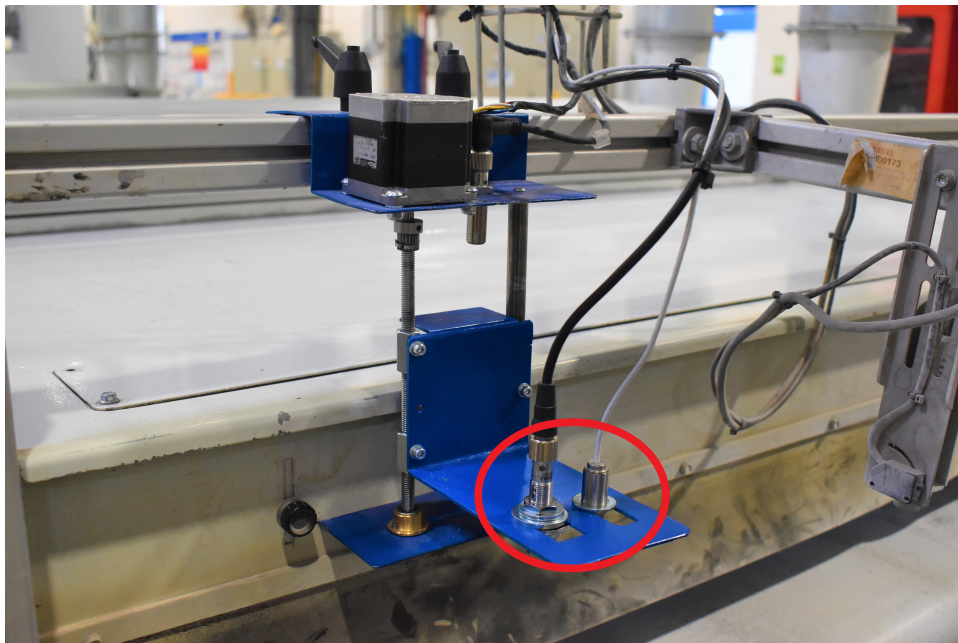


Figura 5.2: Mecanismo de calibração para sensor Optris

Através da alteração do nome de produção, o sistema *Ink Control System* sabe a altura do produto que entrará em produção, e indica ao mecanismo de calibração, a que posição se deve colocar de modo a garantir os 100 mm de distância face ao produto.

### 5.1.1 Calibração do *Ink Control System*

O *Ink Control System* possui, na sua aplicação de *software*, um sistema de calibração para poder determinar a gramagem de tinta aplicada no produto. Esta calibração apenas é realizada 1 vez para cada produto.

No menu “Produtos” da interface gráfica, existe a possibilidade de efetuar uma nova calibração. Ao executar uma nova calibração, será apresentada a seguinte janela da Figura 5.3.



Figura 5.3: Calibração para um novo produto na interface gráfica do *Ink Control System*

O sistema de calibração resulta na relação que existe entre a temperatura da peça e respetiva gramagem.

Deste modo, para realizar a calibração o operador deve efetuar 5 operações.

Primeiramente, o nome do produto será fornecido através da produção que está a ser realizada naquele momento. Isto para garantir que o nome do produto a calibrar é exatamente igual ao fornecido pela rede IKEA. Isto garante que quando seja alterada o nome para uma nova produção, a base de dados de calibração do sistema possua o mesmo nome que na rede geral IKEA.

Seguidamente, com o auxílio de uma balança de precisão, o operador calibra 4 pontos da altura dos rolos da Smartcoater, de modo a garantir 4 gramagens de tinta diferentes no produto. Primeiramente, ajusta a altura dos rolos no mínimo para garantir menos quantidade de aplicação de tinta.

Ao passar os provetes de calibração, é automaticamente registado a temperatura na interface gráfica, na secção temperatura da “Calibração 1”. O operador mede a gramagem desse provete na balança e introduz na respetiva secção. Após pressionar o botão “Calibrar”, os valores são guardados e pode passar para a “Calibração 2” com uma abertura dos rolos ligeiramente mais alta garantindo uma maior aplicação de tinta no produto.

Após calibrar os 4 pontos, o operador, deve ajustar os rolos de modo a que a gramagem aplicada no produto seja a ideal.

O resultado da calibração, permite associar a temperatura à gramagem de tinta aplicada no produto.

Na Figura 5.4 é representado um teste de calibração.



Figura 5.4: Exemplo de uma calibração para um novo produto na interface gráfica do *Ink Control System*

O propósito da calibração, é, através dos pontos de calibração, construir uma reta que relacione a temperatura apresentada pela camada de tinta aplicada no produto e a respetiva gramagem de tinta aplicada.

Como mostra na Figura 5.5, para o produto teste, os vários pontos de calibração, linha azul, constroem a linha a tracejado, vermelha, correspondendo à média dos pontos de calibração. Quanto mais pontos de calibração forem realizados, mais precisa será a relação entre estas duas variáveis.

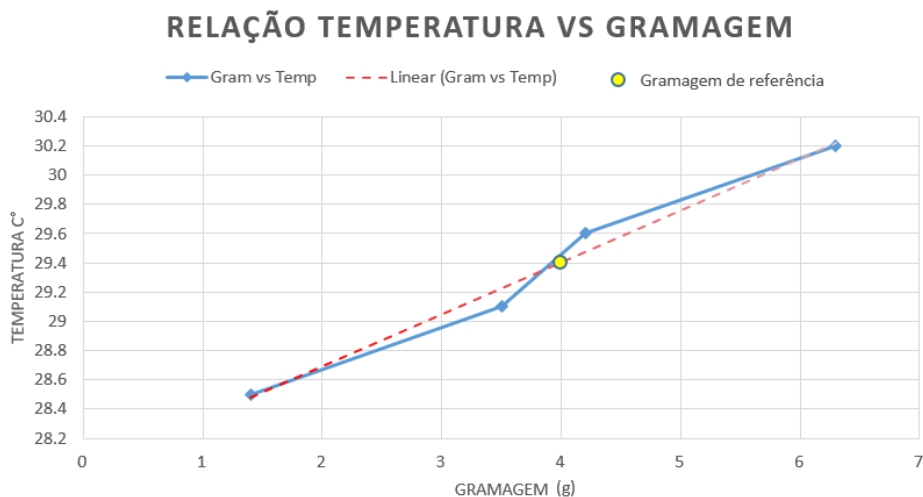


Figura 5.5: Relação entre temperatura e gramagem após processo de calibração para um produto teste

Para finalizar, os processos de calibração são apresentados no menu “Produtos” na interface gráfica do *Ink Control System*, como mostra na Figura 5.6.

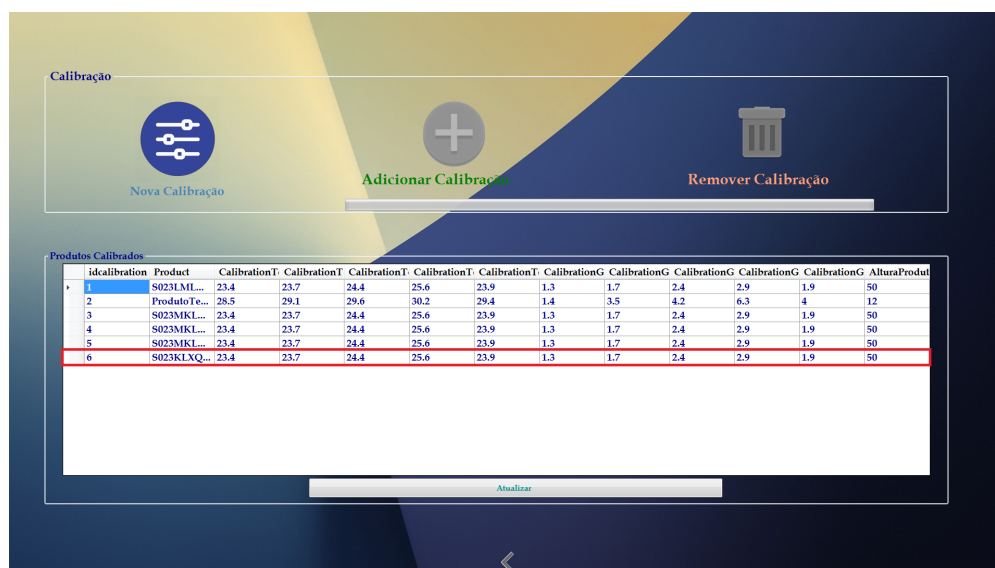


Figura 5.6: Listagem de produtos calibrados na interface gráfica do *Ink Control System*



## Capítulo 6

---

# Análise de resultados e Conclusões

---

*Neste capítulo procura-se verificar o funcionamento do sistema, validar os valores obtidos e concluir a viabilidade do projeto.*

### 6.1 Resultados dos Testes

De forma a verificar a viabilidade do sistema *Ink Control System*, considerou-se a realização de 2 tipos de testes, nomeadamente verificar se o sistema, após calibração para determinado produto, consegue calcular as gramagens de tinta de forma precisa e verificar se o sistema é capaz de quantificar desvios da tinta face aos registos do operador.

Os testes foram realizados durante o período do mês de maio e retiradas amostras da mesma Smartcoater.

Uma vez que existe uma enorme variedade de produtos, os testes realizados focaram-se apenas nos respetivos produtos de iguais dimensões:

- S023KLXQTB02;
- S023MKLQSD63;
- S023MKLQSD65;
- S023MKLQSD66.

Os produtos acima mencionados podem ser pintados com 2 tipos de tinta diferente. Porém os testes realizados apenas se utilizou a tinta de cor branca. Para

uma melhor compreensão destes resultados, segue-se a referência da respetiva tinta:

- Tinta Branca - ref: M9025546.

Para que o produto seja rentável, deve existir um equilíbrio entre custo e qualidade. Se o produto for produzido com elevada quantidade de tinta, a qualidade do produto será superior, porém o custo da peça será muito elevado e vice-versa, colocando em risco o lucro da produção. Para evitar este tipo de situação, o departamento de processos do IKEA estipulou a quantidade de tinta que deve ser aplicada no produto.

Desta maneira, a Tabela 6.1, representa a quantidade de tinta que deve ser aplicada nos produtos.

Tabela 6.1: Gramagens de referência para a tinta branca

Branco M9025546	Mínimo Extremo	Mínimo	Máximo	Máximo Extremo
	7 g	12 g	14 g	26 g

### 6.1.1 1º Teste - Verificação das gramagens do *Ink Control System*

Este teste, tem como principal objetivo verificar se os registos originados pelo *Ink Control System* são fiáveis e possuem uma boa repetibilidade.

Desta forma, para a realização deste teste, foram utilizados os provetes da Figura 6.1.

Uma balança de alta precisão pesa o provete superior antes e após a aplicação de tinta pela Smartcoater. A partir do valor da diferença entre ambas as pesagens obtém-se a gramagem de tinta aplicada nesse provete.

Simultaneamente, o *Ink Control System* realiza a leitura da gramagem de tinta utilizada no provete, para que esta seja comparada com o registo da gramagem dado pela balança, referente ao mesmo provete.

Uma vez que foi utilizado um total de 20 provetes na realização deste teste, tal permitiu que fossem realizadas 20 comparações de registos.



Figura 6.1: Provete utilizado para o 1º teste

Os resultados deste teste estão expressos na seguinte Tabela 6.2.

Tabela 6.2: Comparação entre registos de gramagem de tinta do *Ink Control System* face às gramagens da balança

Data	Hora	Produto	Gramagem InkControlSystem (g/m <sup>2</sup> )	Gramagem Balança (g/m <sup>2</sup> )	Desvio (g)
15-04-2019	10:23:00	S023KXLQTB02	13,683	13,502	0,181
15-04-2019	10:24:34	S023KXLQTB02	13,117	12,961	0,156
15-04-2019	10:26:12	S023KXLQTB02	13,284	13,107	0,177
15-04-2019	10:28:56	S023KXLQTB02	13,234	13,135	0,099
15-04-2019	10:31:35	S023KXLQTB02	12,811	12,747	0,064
15-04-2019	10:32:43	S023KXLQTB02	12,692	12,564	0,128
15-04-2019	10:34:58	S023KXLQTB02	13,203	12,951	0,252
15-04-2019	10:37:16	S023KXLQTB02	13,384	13,252	0,132
15-04-2019	10:38:47	S023KXLQTB02	13,342	13,162	0,180
15-04-2019	10:40:52	S023KXLQTB02	13,513	13,434	0,079
15-04-2019	10:42:27	S023KXLQTB02	13,572	13,452	0,120
15-04-2019	10:45:32	S023KXLQTB02	13,074	12,812	0,262
15-04-2019	10:46:36	S023KXLQTB02	13,183	13,045	0,138
15-04-2019	10:48:02	S023KXLQTB02	13,163	13,021	0,142
15-04-2019	10:49:21	S023KXLQTB02	13,471	13,284	0,187
15-04-2019	10:51:19	S023KXLQTB02	13,132	12,987	0,145
15-04-2019	10:57:48	S023KXLQTB02	12,813	12,652	0,161
15-04-2019	11:03:04	S023KXLQTB02	12,175	11,943	0,32
15-04-2019	10:09:15	S023KXLQTB02	8,819	8,738	0,081
15-04-2019	10:11:42	S023KXLQTB02	5,027	4,919	0,108
					Média = 0,184

Gramagem Perfeita   Gramagem Aceitável   Gramagem Errada

Com a realização deste teste, obtiveram-se resultados bastante satisfatórios. Como se pode verificar através da Tabela 6.2, apresentada anteriormente, após uma correta calibração do *Ink Control System* foi possível atingir valores praticamente idênticos aos obtidos manualmente, através da balança.

Ao realizar este teste verificou-se que a diferença para os registos manuais é de aproximadamente 2 décimas de grama.

Em suma, foi possível concluir que o sistema consegue realizar leituras fidedignas para elaborar o 2º Teste.

### 6.1.2 2º Teste - Gramagens do *Ink Control System* face aos registos dos operadores

A realização do 2º teste teve como finalidade tentar provar a viabilidade do sistema face ao processo manual realizado pelos operadores.

Desta maneira, comparou-se os dados relativos a produção final registados pelos operadores face aos registados pelo *Ink Control System*.

Para uma melhor compreensão deste teste, serão detalhados a seguir os vários pontos a ter em conta para a realização do mesmo:

- **Máquina** - Os registos referentes a este teste foram todos relativamente à 2ª Smartcoater da linha;
- **Quantidade produzida** - A quantidade total de peças produzidas foi-nos fornecida pela aplicação de controlo de gestão do IKEA, designada por Clik-View. Esta aplicação forneceu o número de metros quadrados produzidos durante a produção (Figura 6.2).

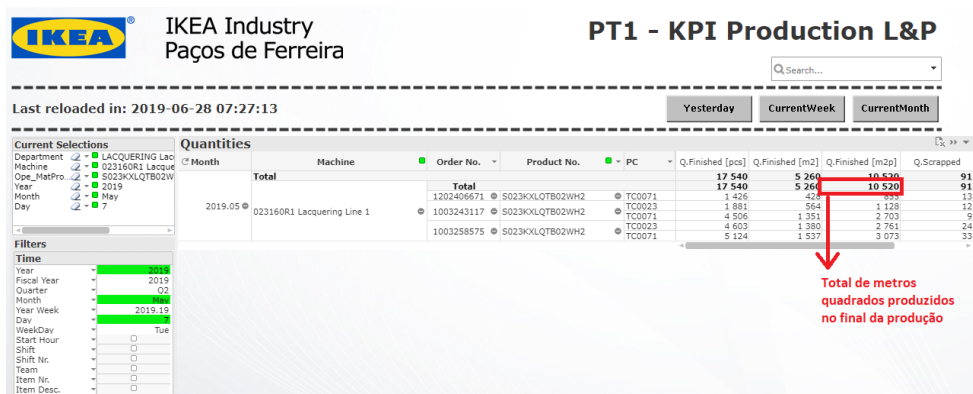


Figura 6.2: Aplicação de gestão da produção com os dados de quantidade de metros quadrados produzidos

- **Quantidade de tinta registada** - Os valores totais das quantidades de tinta registados pelos operadores e pelo *Ink Control System* foram calculados utilizando a média global das respetivas gramagens ao longo da produção vezes o número total de metros quadrados produzidos nessa produção (equação (6.1));

$$TintaRegistada = \left( \frac{\sum LeiturasGramagens}{N^{\circ}Leituras} \right) \times Totalm^2 \quad (6.1)$$

- **Quantidade real de tinta** - Este parâmetro foi calculado com base no peso total de tinta existente no balde. Cada abastecimento deste balde equivalem a 5000 g. Ao fim da produção, a tinta inserida na Smartcoater foi escoada para o balde que estava a ser utilizado para abastecer a mesma. Seguidamente pesou-se o balde e subtraiu-se, ao valor do peso inicial do balde, o valor do peso da tinta existe no balde. A soma de todas as pesagens resultam na quantidade real de tinta utilizada na produção;
- **Quantidade ideal de tinta** - A quantidade de tinta ideal para a produção é calculada utilizando o valor mínimo aceitável de gramagem da Tabela 6.1. Isto garante uma produção com qualidade utilizando a menor quantidade de tinta possível (equação (6.2));

$$QuantidadeIdealTinta = N^{\circ}totalm^2 \times 12g/m^2 \quad (6.2)$$

- **Desvio face à tinta efetiva** - O desvio de tinta registada tanto pelos operadores como o *Ink Control System* face à tinta real utilizada na produção é calculada através da equação (6.3).

$$DesvioFaceàReal = QuantidadeTintaReal - QuantidadeTintaRegistada \quad (6.3)$$

- **Desvio Percentual faceo ao registado** - O desvio percentual representa, em percentagem, o desvio da tinta face à quantidade de tinta registada pelos operadores e pelo *Ink Control System*. É calculada através da equação (6.4);

$$\%DesvioFaceAoRegisto = \frac{(DesvioFaceàReal \times 100)}{QuantidadeTintaRegistada} \quad (6.4)$$

- **Desvio face à tinta ideal** - A quantidade de tinta que realmente se utilizou na produção face à quantidade de tinta ideal é dada pela seguinte equação (6.5);

$$DesvioFaceAoIdeal = QuantidadeTintaReal - QuantidadeIdealTinta \quad (6.5)$$

- **Desvio Percentual Geral** - O desvio percentual geral representa, em percentagem, a quantidade de tinta utilizada a mais na produção face ao valor ideal para a realização da mesma. É calculado através da equação (6.6).

$$\%DesvioFaceAoIdeal = \frac{(DesvioFaceàIdeal \times 100)}{QuantidadeIdealTinta} \quad (6.6)$$

Após 1 mês de registos, obtiveram-se, relativamente à produção, os seguintes resultados expressos na Tabela 6.3 e Tabela 6.4.

Os respetivos desvios estão expressos na Tabela 6.5 e Tabela 6.6.

Uma vez que o *Ink Control System* está em modo de testes, os desvios da tinta real utilizada na produção face à quantidade de tinta ideal serão os mesmos que os registados pelo operador. Por sua vez, optou-se por registar as deteções de fuga de tinta existentes durante a produção.

Tabela 6.3: Dados relativos à produção registados pelos operadores

Data Fim de produção	Produto	Média gramagem fim produção (2º SmartCoater) g/m²	Total Produção (m²)	Quantidade total de tinta registada pelos operadores (g)	Quantidade real de tinta utilizada na produção (g)	Quantidade de tinta ideal para a produção* (g)
01-05-2019	S023MKLQSD65	13,502	4 099	55 344,70	58 749,24	40 188,00
07-05-2019	S023KXLQTB02	12,911	10 520	135 823,72	141 728,03	126 240,00
14-05-2019	S023KXLQTB02	13,207	11 151	147 271,26	155 351,64	133 812,00
17-05-2019	S023MKLQSD66	13,434	4 089	54 931,63	57 439,30	49 068,00
22-05-2019	S023KXLQTB02	13,452	2 334	31 396,97	34 693,17	28 008,00
23-05-2019	S023MKLQSD65	12,812	3 736	47 865,63	49 053,82	44 832,00
23-05-2019	S023MKLQSD66	13,045	3 545	46 244,53	47 482,26	42 540,00
28-05-2019	S023KXLQTB02	13,284	6 691	88 883,24	91 852,92	80 292,00
30-05-2019	S023MKLQSD63	13,136	5 428	71 302,21	74 852,62	65 136,00

\*Utilizando o valor mínimo de gramagem de referência para a tinta M9025546 (Tabela 6.2)

Tabela 6.4: Dados relativos à produção registados pelo *Ink Control System*

Data Fim de produção	Produto	Média gramagem fim produção (2º SmartCoater) g/m²	Total Produção (m²)	Quantidade total de tinta registada pelos operadores (g)	Quantidade efetiva de tinta gasta na produção (g)	Quantidade de tinta ideal para a produção* (g)
01-05-2019	S023MKLQSD65	13,716	4 099	56221,88	58 749,24	40 188,00
07-05-2019	S023KXLQTB02	13,386	10 520	140820,72	141 728,03	126 240,00
14-05-2019	S023KXLQTB02	13,802	11 151	153906,10	155 351,64	133 812,00
17-05-2019	S023MKLQSD66	13,763	4 089	56276,91	57 439,30	49 068,00
22-05-2019	S023KXLQTB02	13,638	2 334	31831,09	34 693,17	28 008,00
23-05-2019	S023MKLQSD65	12,983	3 736	48504,49	49 053,82	44 832,00
23-05-2019	S023MKLQSD66	13,194	3 545	46772,73	47 482,26	42 540,00
28-05-2019	S023KXLQTB02	13,521	6 691	90469,01	91 852,92	80 292,00
30-05-2019	S023MKLQSD63	13,430	5 428	72898,04	74 852,62	65 136,00

\*Utilizando o valor mínimo de gramagem de referência para a tinta M9025546 (Tabela 6.2)

Tabela 6.5: Cálculo de desvios através dos registos realizados pelos operadores

Desvio Face à Tinta efetiva utilizada na produção (g)	Desvio percentual face ao Registado (%)*	Desvio face à tinta ideal para a produção (g)	Desvio Percentual Geral (%)**
3 404,54	6,15	18 561,24	46,19
5 904,31	4,35	15 188,03	12,03
8 080,38	5,49	21 539,64	16,10
2 507,67	4,57	8 371,30	17,06
3 296,20	10,50	6 685,17	23,87
1 188,19	2,48	4 221,72	9,42
1 237,73	2,68	4 942,26	11,62
2 969,68	3,34	11 560,92	14,40
3 550,41	4,98	9 716,62	14,92

\* Percentagem de desvio da tinta real a mais que se utilizou face à quantidade total de tinta registada pelos operadores.

\*\* Percentagem de tinta a mais do que efetivamente se deveria ter gasto na produção, provocada pelos registos dos operadores

Tabela 6.6: Cálculo de desvios através dos registos realizados pelo *Ink Control System*

Desvio Face à Tinta efetiva utilizada na produção (g)	Desvio percentual face ao Registado (%)*	Deteção de fuga **
2 527,36	4,5	Sim
907,31	0,64	Não
1 445,54	0,94	Não
1 162,39	2,07	Não
2 862,08	8,99	Sim
5 49,33	1,13	Não
709,53	1,52	Não
1 383,91	1,53	Não
1 954,58	2,68	Não

\* Percentagem de desvio da tinta efetiva a mais que se gastou face à quantidade de tinta registada pelo *Ink Control System*.

\*\* Deteção de fuga detetada através do sensor de nível instalado no *Ink Control System*

Através dos resultados obtidos no 2º Teste, é perceptível determinar, que utilizando o processo usado hoje-em-dia pelos operadores acarreta impactos no controlo de tinta aplicada no produto.

Comparando os dados dos desvios percentuais face aos registos dos operadores e do *Ink Control System*, é possível concluir que o sistema desenvolvido conseguiu quantificar a quantidade de tinta utilizada na produção de forma mais precisa. Isto porque os valores de desvio percentuais são menores do que os registos dos operadores.

Para uma melhor compreensão e elaborar um resumo dos resultados, foram construídos gráficos representativos.

Nos gráficos que se seguem, a curva representada pela cor azul indica a gramagem de tinta utilizada ao longo da produção. Os círculos amarelos representam as amostras de gramagens de tinta retiradas ao longo da produção. A linha laranja representa a média da gramagem de tinta utilizada para a produção. Por fim, a linha representada pela cor verde, representa a média das gramagens registadas, tanto pelos operadores como pelo *Ink Control System*.

A Figura 6.3 representa os resultados obtidos através dos registos dos opera-

dores e a Figura 6.4 do *Ink Control System*.

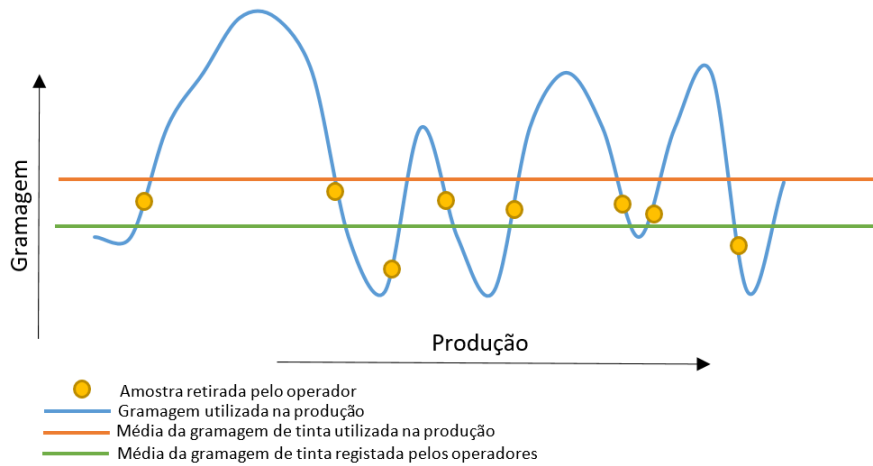


Figura 6.3: Gráfico representativo dos resultados obtidos através dos registos dos operadores

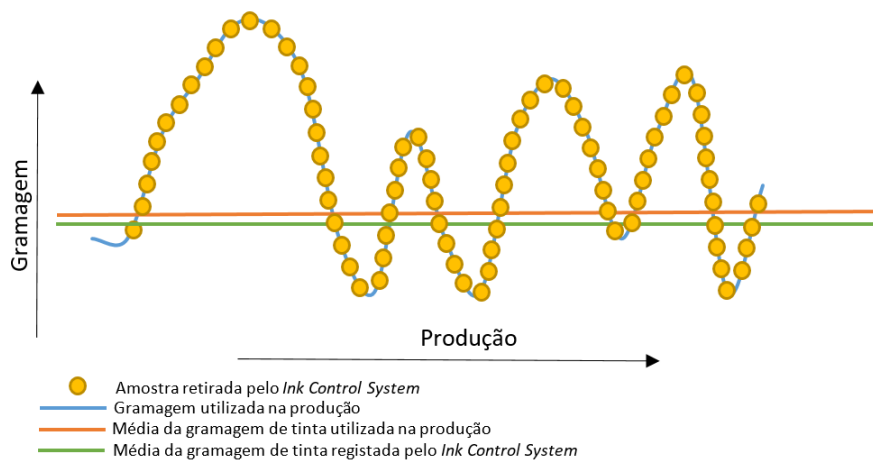


Figura 6.4: Gráfico representativo dos resultados obtidos através dos registos do *Ink Control System*

Como se pode verificar através da representação dos gráficos, o processo utilizado pelos operadores permite o escasso controlo sobre a tinta aplicada no produto, resultando num grande desvio sobre a tinta que realmente foi utilizada. Este desvio é provocado pelo largo espaçamento entre amostras de gramagens. Isto permite que nesse determinado tempo esteja a ser aplicada mais ou menos tinta no produto.

Por outro lado, uma vez que o *Ink Control System* efetua amostras de 1 em 1 minuto, consegue aproximar-se com mais precisão sobre a quantidade de tinta

utilizada na produção. Resultando num menor desvio face à média de tinta utilizada na produção.

Para finalizar, não sendo o *Ink Control System* o principal processo a controlar a tinta e atendendo aos resultados obtidos, prevê-se que com a utilização do sistema se obtenha um controlo da gramagem da tinta muito próxima da quantidade ideal estabelecida para a produção. Esta previsão está representada pelo gráfico presente na Figura 6.5.

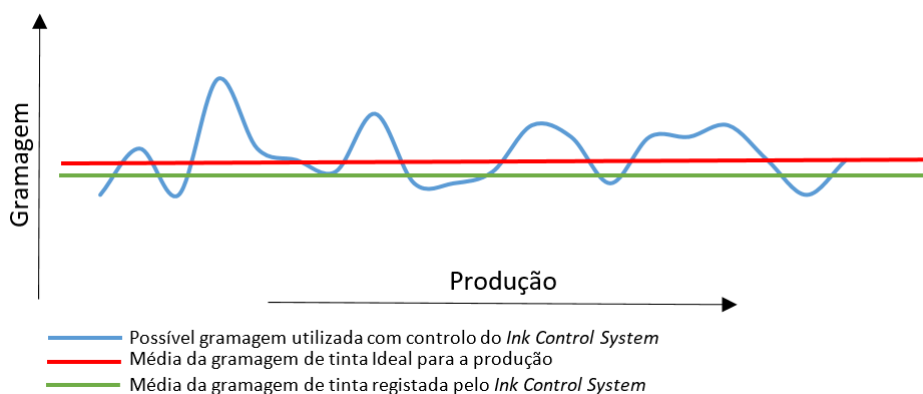


Figura 6.5: Comportamento esperado da curva de gramagens utilizando o *Ink Control System* como processo principal de controlo da tinta

## 6.2 Conclusões Gerais

Olhando para o projeto desenvolvido nesta dissertação pode-se concluir que o objetivo de registar as gramagens de tinta, automaticamente foi concretizado com sucesso. Os resultados obtidos superaram as expectativas inicialmente estabelecidas.

O *Ink Control System* é um sistema capaz e de forma autónoma realizar, registar e processar leituras de gramagens de uma forma simplificada e de forma a obter conclusões sobre a tinta utilizada nas produções.

Uma vez que o sistema desenvolvido é um protótipo instalado numa das Smartcoater's existentes da linha não foi possível utilizar o sistema como controlo principal de tinta da linha. Porém, através dos resultados otimistas obtidos no 2º teste, é-se levado a acreditar numa oportunidade na utilização deste sistema.

Na realização deste projeto foram encontradas várias dificuldades, nomeadamente a nível de orçamentação do material uma vez que existe políticas restritas internas na aquisição de itens não existentes em armazém. A nível de desenvolvimento de *software*, foram longos períodos de aprendizagem e resolução de contínuos problemas que foram surgindo.

Outro obstáculo encontrado foi a utilização da balança como deteção de variação de tinta para detetar fugas de tinta. O tamanho do balde não permite a utilização da balança devido à ocupação do espaço.

Em conclusão da presente dissertação segue-se uma subsecção de melhorias futuras para o *Ink Control System*.

### 6.2.1 Imagens do *Ink Control System*

Nesta subsecção são apresentadas algumas imagens do sistema desenvolvido até à data da realização desta dissertação.



Figura 6.6: Caixa de derivação e controlador do sensor Optris CT

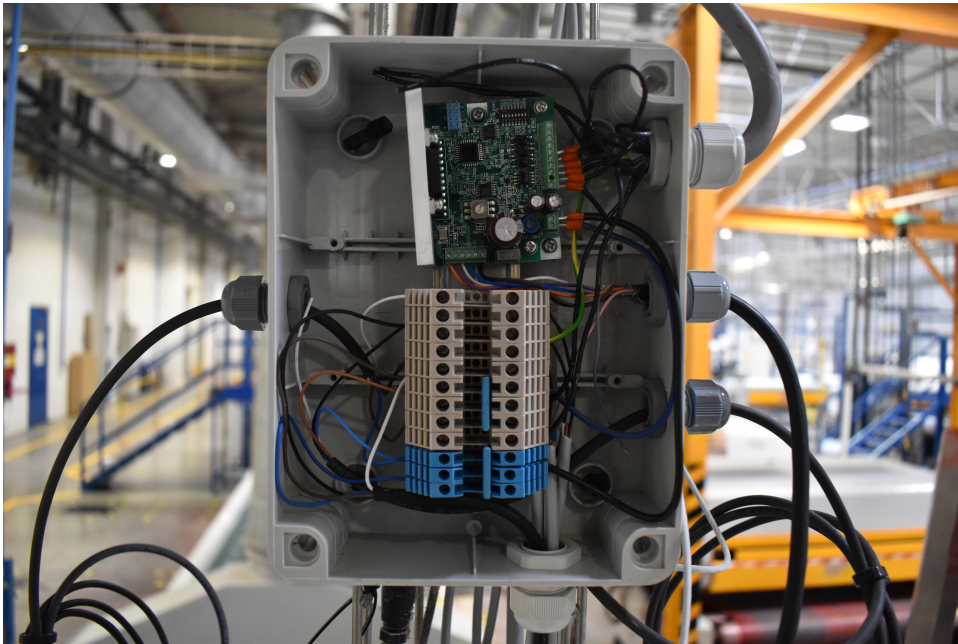


Figura 6.7: Interior da caixa de derivação e a *drive* do motor passo-a-passo

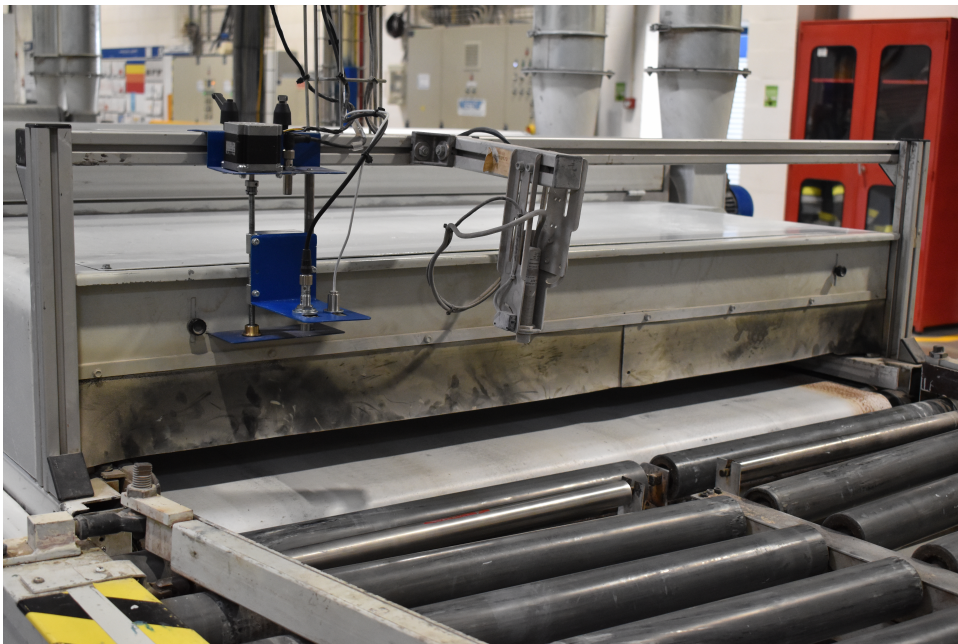


Figura 6.8: Suporte de calibração com lente do sensor Optris CT



Figura 6.9: Vista geral da caixa de derivação



Figura 6.10: Quadro principal do *Ink Control System*

### 6.3 Melhorias futuras

Como foi referido na conclusão geral, não estando o *Ink Control System* como principal processo de controlo de tinta, num futuro próximo prevê-se a instalação do sistema nas restantes Smarcoater's.

A nível de melhorar o controlo da tinta, e evitar a utilização de operadores no abastecimento da tinta nos baldes, está a ser adicionado ao sistema uma eletroválvula para abrir e fechar as torneiras, Figura 6.11, de abastecimento de tinta.

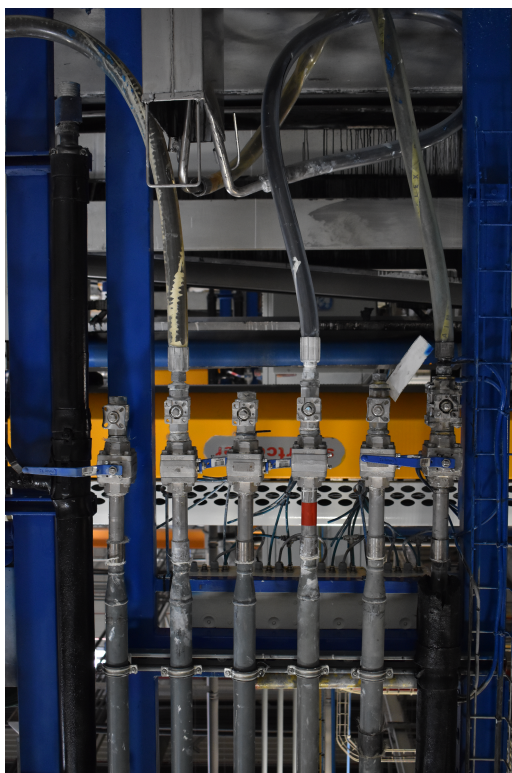


Figura 6.11: Instalação de eletroválvulas para abrir e fechar as torneiras de abastecimento de tinta.

Estas eletroválvulas serão atuadas consoante o nível de tinta existente no balde de tinta, calculada com o auxílio do sensor de nível.

Outro aspeto a ser instalado no sistema serão caudalímetros. Estes terão um funcionamento através de efeito de *Doppler*, o que permite a sua instalação não intrusiva na zona horizontal das tubagens (Figura 6.12).

A utilização dos caudalímetros irá permitir determinar a quantidade de tinta total abastecida para o baldes de tinta, substituindo o trabalho do operador na pesagem dos mesmos. Podendo determinar com melhor precisão a quantidade exata de tinta que é utilizada para a produção.

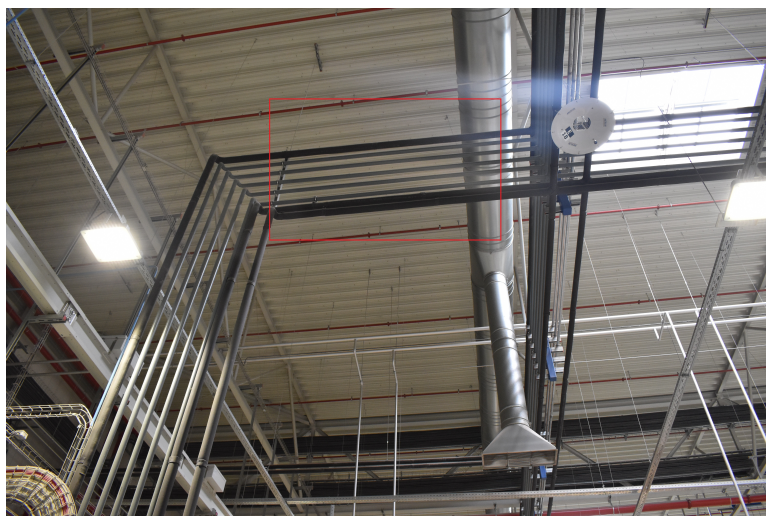


Figura 6.12: Local de instalação dos caudalímetros

Outra vantagem destes caudalímetros, é que irá quantificar, no momento de deteção de fuga de abastecimento dos baldes, a tinta desperdiçada nesta fuga.

A instalação dos caudalímetros como das novas eletroválvulas terão início no mês de agosto.

A nível de *software* espera-se um melhoramento a nível de fluidez da interface gráfica. Por outro lado, no momento no qual o *Ink Control System* esteja como principal processo de controlo, espera-se a construção de gráficos gerais da quantidade de tinta utilizada na produção.

Para finalizar, está a ser desenvolvido uma unidade central de controlo do sistema *Ink Control System* de modo a controlar e receber as informações das várias Smartcoaters.



---

# Bibliografía

---

- [1] elEconomistas. “La increíble historia del fundador de IKEA, Ingvar Kamprad”  
Disponível em: <http://www.economista.es> [cited at p. 5]
- [2] IKEA. “ IKEA History”. Disponível em: <http://www.ikea.com> [cited at p. 5, 6]
- [3] IKEA. “ Inter IKEA System B.V. ”. Disponível em:  
<http://franchisor.ikea.com> [cited at p. 6]
- [4] Sorbini. “ Smartcoater ”. Disponível em: <https://files.hoechsmann.com>  
[cited at p. xv, 15, 16]
- [5] SIEMENS. “ S7-1200 programmable controller ”. Disponível em:  
<https://cache.industry.siemens.com> [cited at p. 23]
- [6] SIEMENS. “ NEW SIEMENS 1214C SIMATIC S7-1200 PLC ”. Disponível  
em: <https://www.ebay.com/> [cited at p. xv, 23]
- [7] SIEMENS. “ 24V DC PLC S7-1200 Analog Input ”. Disponível em:  
<https://www.indiamart.com> [cited at p. xv, 23]
- [8] SIEMENS. “ 6ES7222-1AD30-0XB0 ”. Disponível em: <https://sklep.impol-1.pl> [cited at p. 24]
- [9] SIEMENS. “ Siemens 6ES7 Series PLC I/O Module ”. Disponível em:  
<https://il.rsdelivers.com> [cited at p. xv, 24]
- [10] OPTRIS. “ Optris CT ”. Disponível em: <http://www.farnell.com> [cited at p. 24]
- [11] OPTRIS. “ Optris infrared sensing ”. Disponível em:  
<https://www.optris.com> [cited at p. xv, 25]
- [12] LAUMAS. “ STAINLESS STEEL SINGLE CELL PLATFORMS ”. Dispo-  
nível em: <https://www.laumas.com> [cited at p. xv, 25]
- [13] NTT. “ TA4/2 TA4D/2 ”. Disponível em: <http://www.ntt.dk> [cited at p. 26]

- [14] Aep transducers. “ TA4/2 ”. Disponível em: <http://www.aeptransducers.com> [cited at p. xv, 26]
- [15] BANNER. “ U-GAGE T30UX Series with Analog Output ”. Disponível em: <http://info.bannerengineering.com> [cited at p. 26]
- [16] BANNER. “ TA4/2 ”. Disponível em: <https://sensorstrade.com> [cited at p. xv, 27]
- [17] NMB. “ Precision Step Motors ”. Disponível em: <http://cnc25.free.fr> [cited at p. 27]
- [18] NMB. “ Motores paso a paso 23KM ”. Disponível em: <https://articulo.mercadolibre.com.ve> [cited at p. xv, 27]
- [19] Sanyo Denki. “ Driver specifications ”. Disponível em: <https://docs-emea.rs-online.com> [cited at p. 28]
- [20] Sanyo Denki. “Controlador de motor paso a paso Sanyo Denki US1D200P10, 3 A Unipolar ”. Disponível em: <https://pt.rs-online.com> [cited at p. xv, 28]
- [21] MYSQL WORKBENCH. “ Mysql workbench logo ”. Disponível em: <https://www.logolynx.com> [cited at p. xvi, 47]

**ANEXO A**

---

***Layout Fluxo L&P***

---



Apêndices

**ANEXO B**

---

**Código da Unidade de Controlo**

---

## InkControlSystem / PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / Program blocks

### Main [OB1]

#### Main Properties

##### General

Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD
Numbering	Automatic						

##### Information

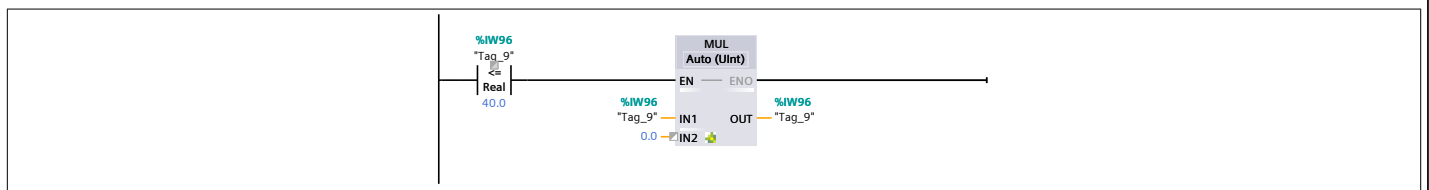
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

#### Main

Name	Data type	Default value	Supervision	Comment
▼ Input				
Initial_Call	Bool			Initial call of this OB
Remanence	Bool			=True, if remanent data are available
Temp				
Constant				

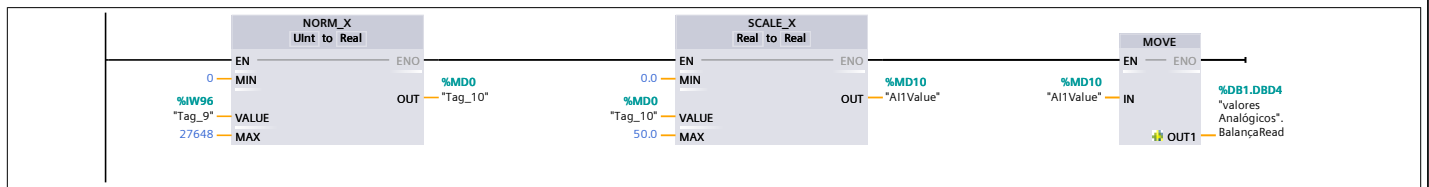
#### Network 1: Offset Balança

Offset Da Balança



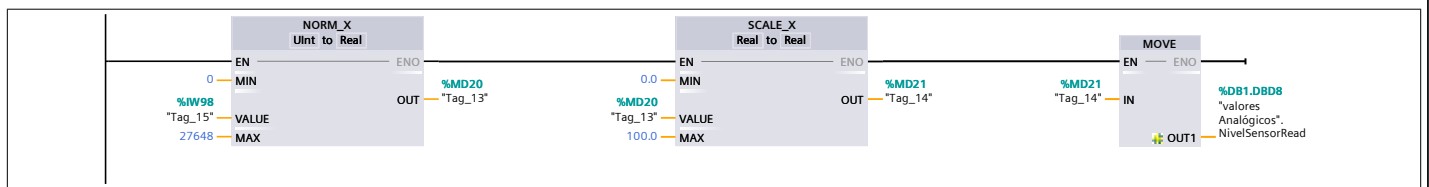
#### Network 2: Balança

Leitura Balança

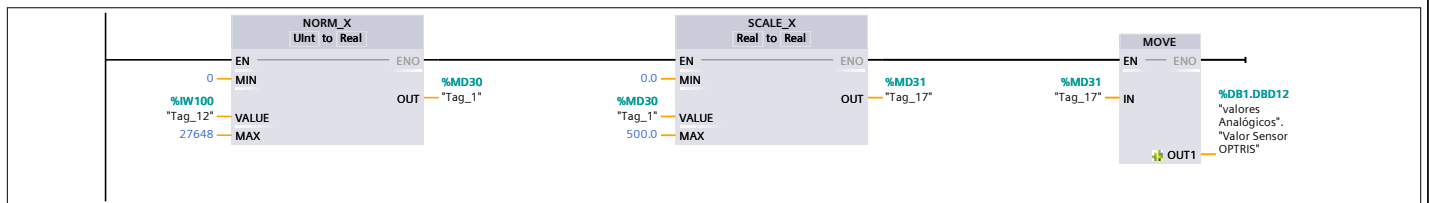


#### Network 3: Sensor de Nível

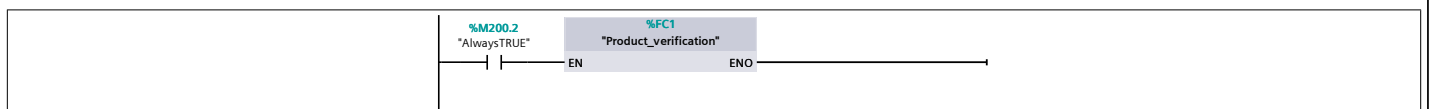
Leitura do Sensor de Nível (Banner)



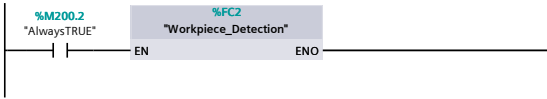
#### Network 4: Sensor Optris



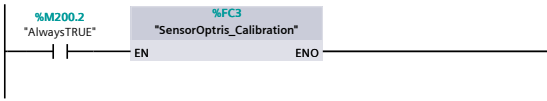
#### Network 5: Função Verificar Nova produção



#### Network 6: Função Verificar detecção de Peça



**Network 7: Função calibração Ink Control System**



**Network 8: Função detecção de fugas**



## InkControlSystem / PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / Program blocks

### Workpiece\_Detection [FC2]

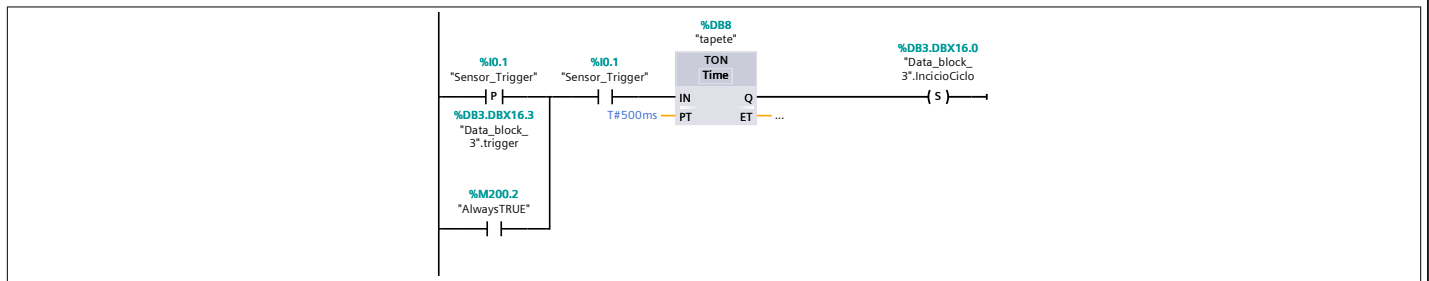
#### Workpiece\_Detection Properties

General							
Name	Workpiece_Detection	Number	2	Type	FC	Language	LAD
Numbering	Automatic						
Information							
Title	WorkPiece Detection	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

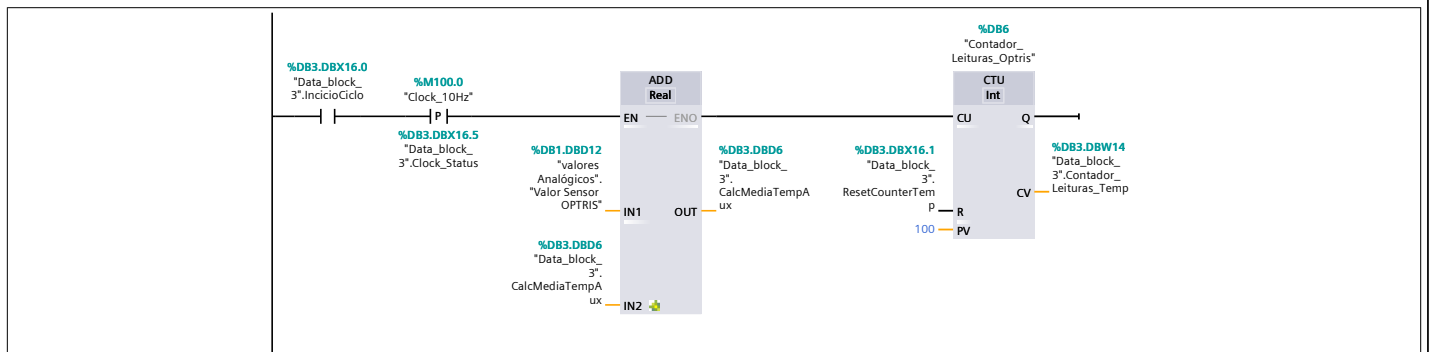
#### Workpiece\_Detection

Name	Data type	Default value	Supervision	Comment
Input				
Output				
InOut				
Temp				
Constant				
Return				
Workpiece_Detection	Void			

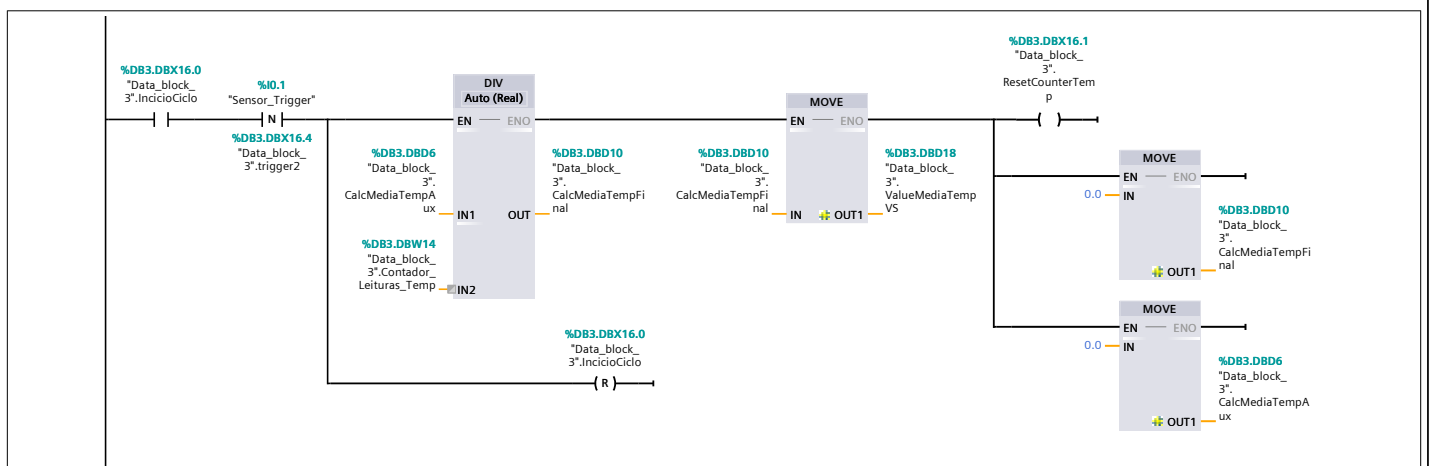
Network 1: Inicio de ciclo com filtro de 500ms para nao registrar falsas leituras



Network 2: Após inicio de ciclo realizar leituras de 100ms em 100ms e contabilizadas o numero de amostras tiradas nessa peça



Network 3: Após detetar o "falling Edge" de deteção de peça realizar média das amostras



## InkControlSystem / PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / Program blocks

### SensorOptris\_Calibration [FC3]

#### SensorOptris\_Calibration Properties

##### General

Name	SensorOptris_Calibration	Number	3	Type	FC	Language	LAD
Numbering	Automatic						

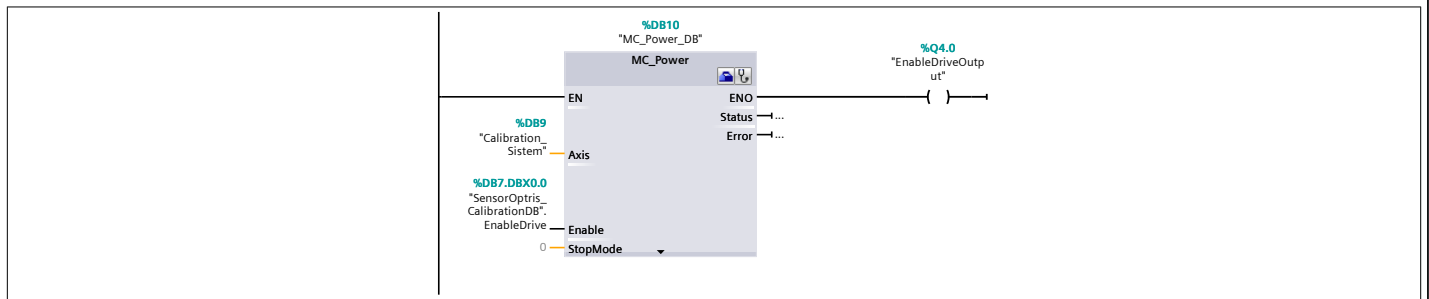
##### Information

Title	Sensor Optris Calibration	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

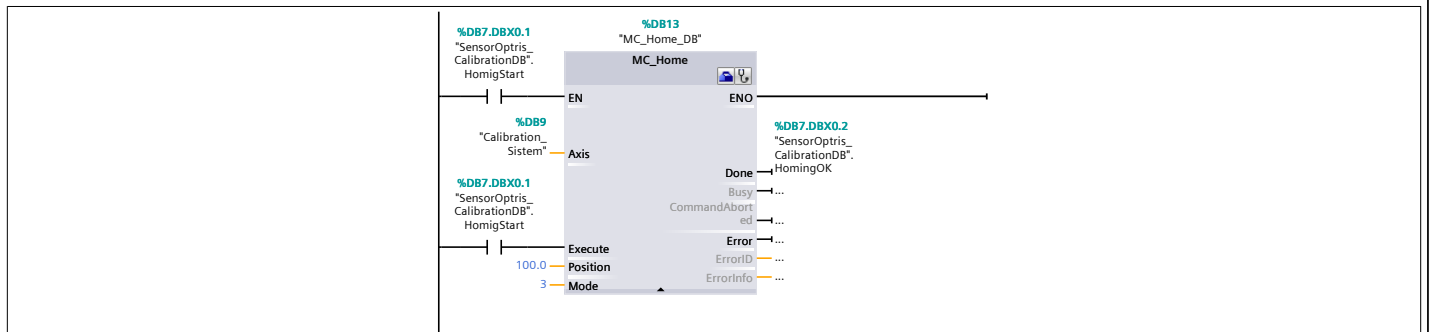
#### SensorOptris\_Calibration

Name	Data type	Default value	Supervision	Comment
Input				
Output				
InOut				
Temp				
Constant				
Return				
SensorOptris_Calibration	Void			

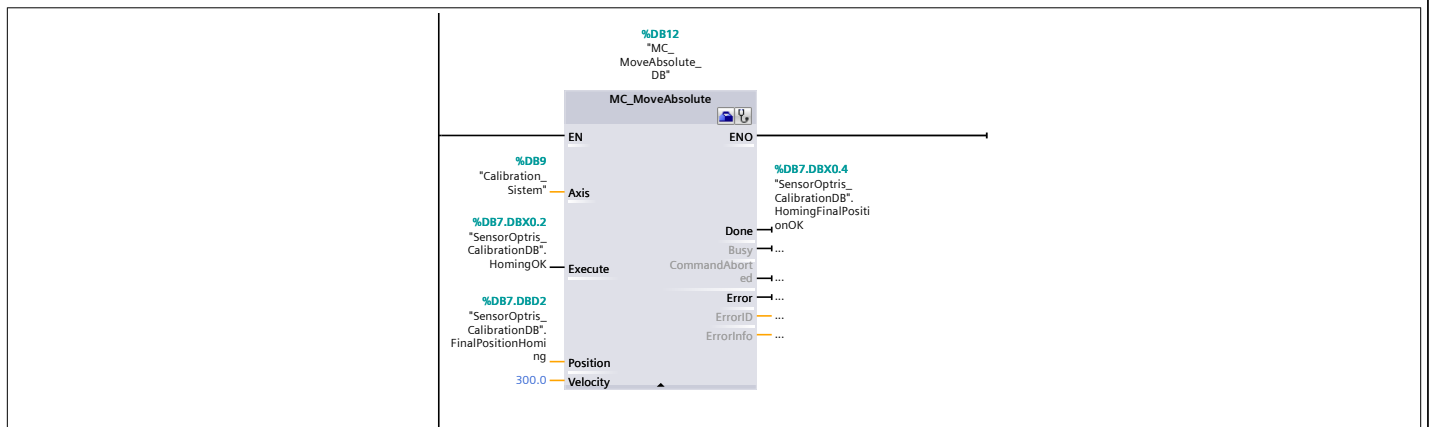
#### Network 1: Enable da Drive de motor Passo-a-Passo



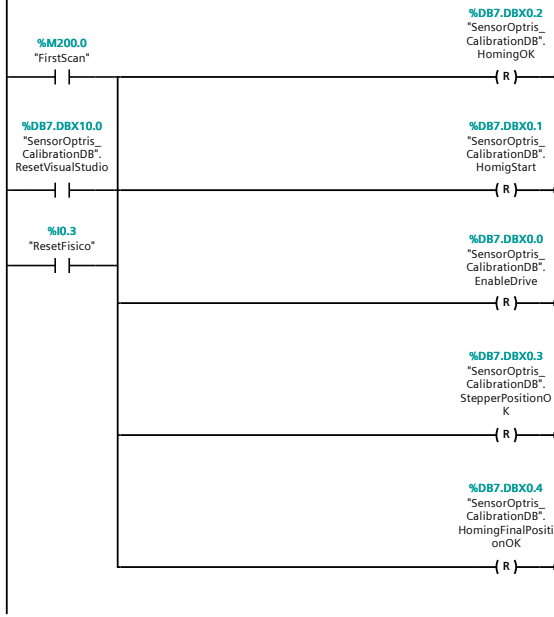
#### Network 2: Realizar Homing



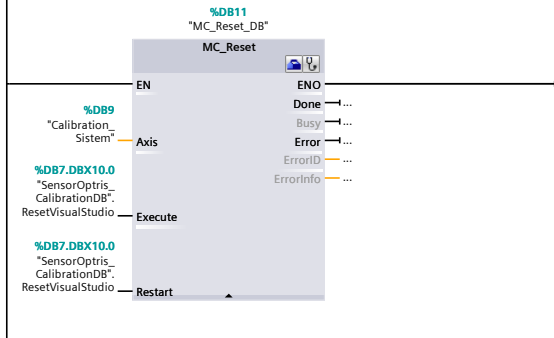
#### Network 3: Mover para posição de referência



#### Network 4: Realizar reset ao iniciar o PLC e através da interface do Ink Control System ou fisicamente



Network 5: Desabilitar o Homing e a drive do motor passo a passo



## InkControlSystem / PLC\_1 [CPU 1212C DC/DC/Rly] / Program blocks

### Waste\_Verification [FC4]

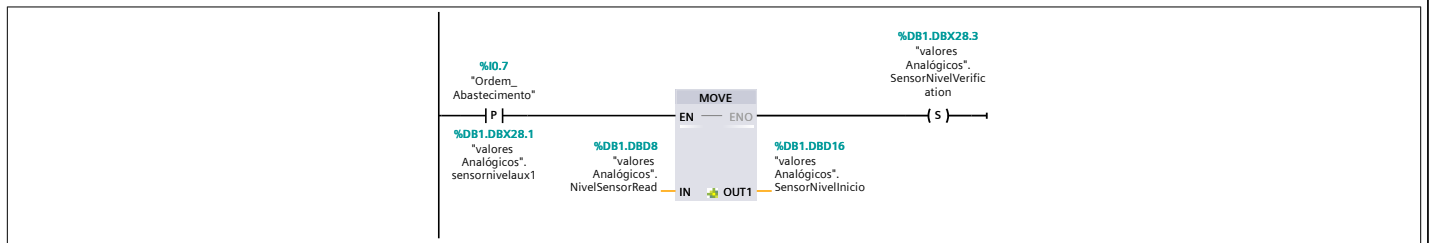
#### Waste\_Verification Properties

General							
Name	Waste_Verification	Number	4	Type	FC	Language	LAD
Numbering	Automatic						
Information							
Title		Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

#### Waste\_Verification

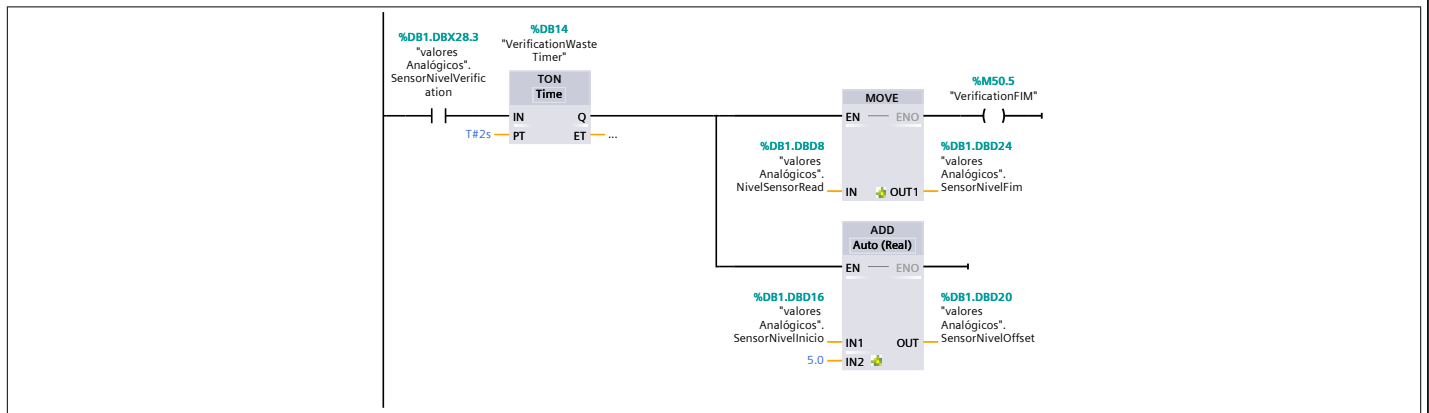
Name	Data type	Default value	Supervision	Comment
Input				
Output				
InOut				
Temp				
Constant				
Return				
Waste_Verification	Void			

Network 1: Detecção de pulso de ordem de abastecimento de tinta para o balde e registro do valor atual do sensor de nível



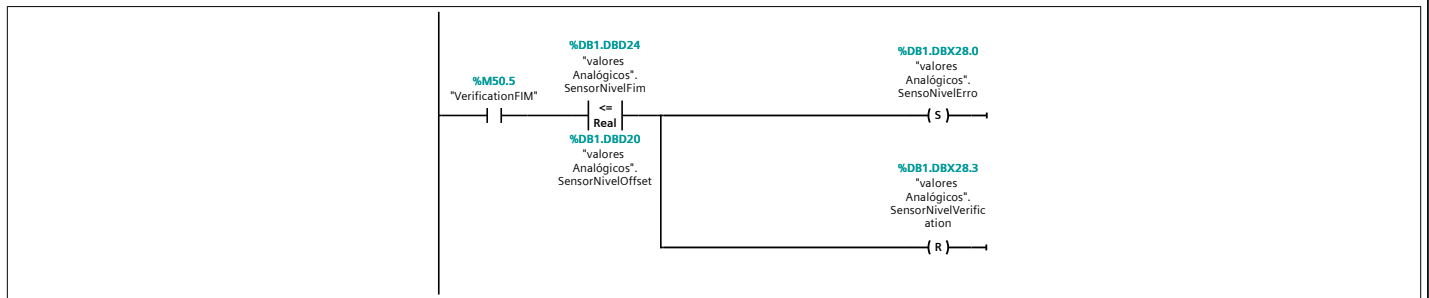
Network 2: Apos inicio de abastecimento , contagem de 2 segundos e registado o valor de sensor de nível

É adicionado um offset que supostamente deveria ter subido nesse abastecimento

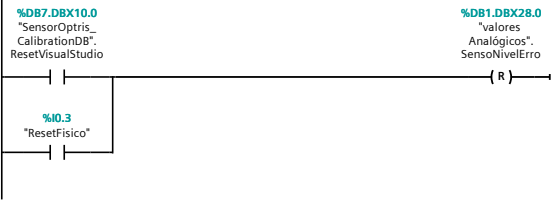


Network 3: Ao fim do temporizador é verificado se o valor final do sensor de nível é maior de que o inicial mais offstet

em caso de nao acontecer, provocar erro identificador de fuga



Network 4: Limpar erro de detecção de fuga



## **ANEXO C**

---

# **Código da interface gráfica**

---

O código desenvolvido referente à interface gráfica encontra-se anexado ao CD que acompanha esta dissertação

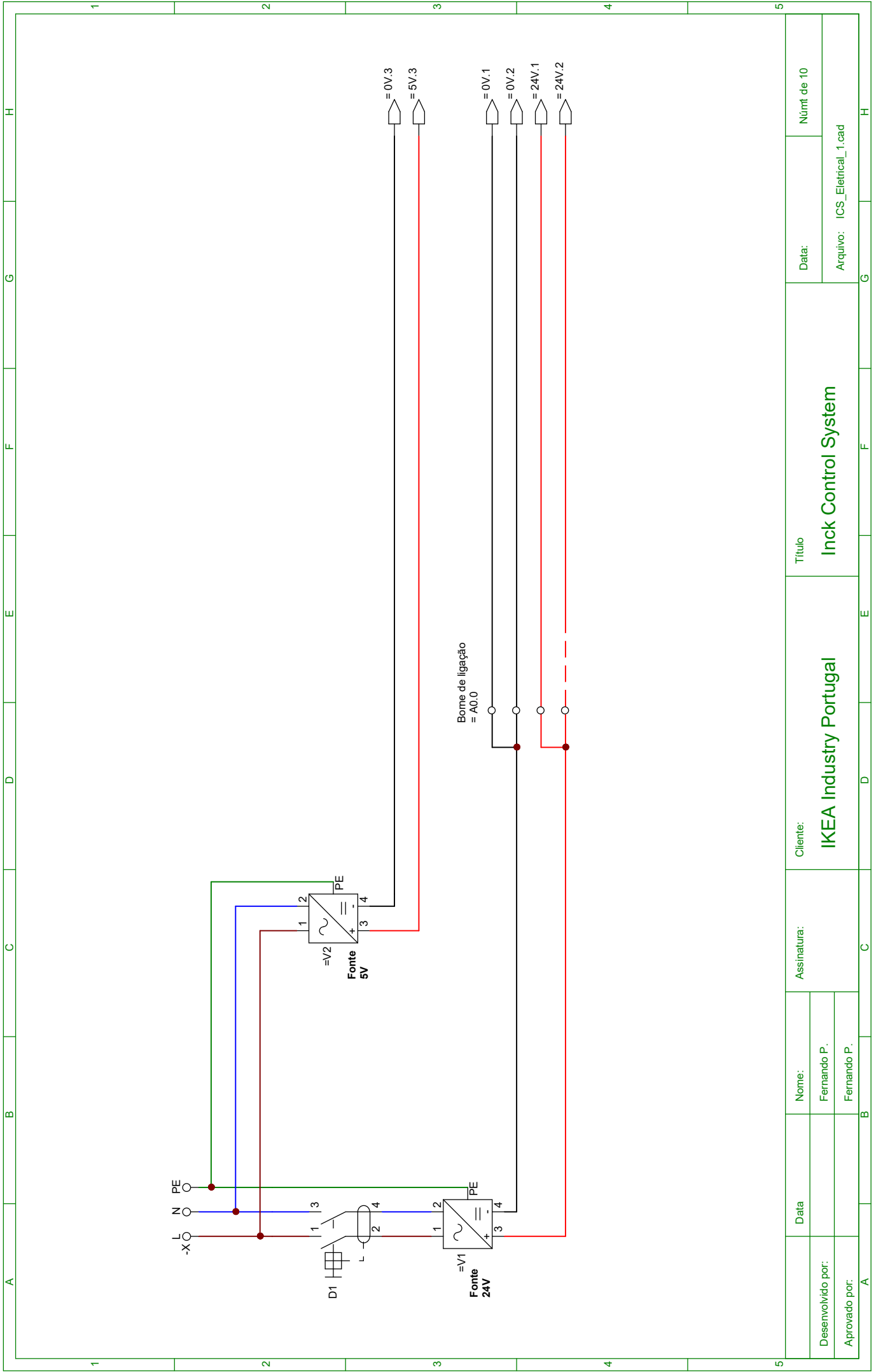


**ANEXO D**

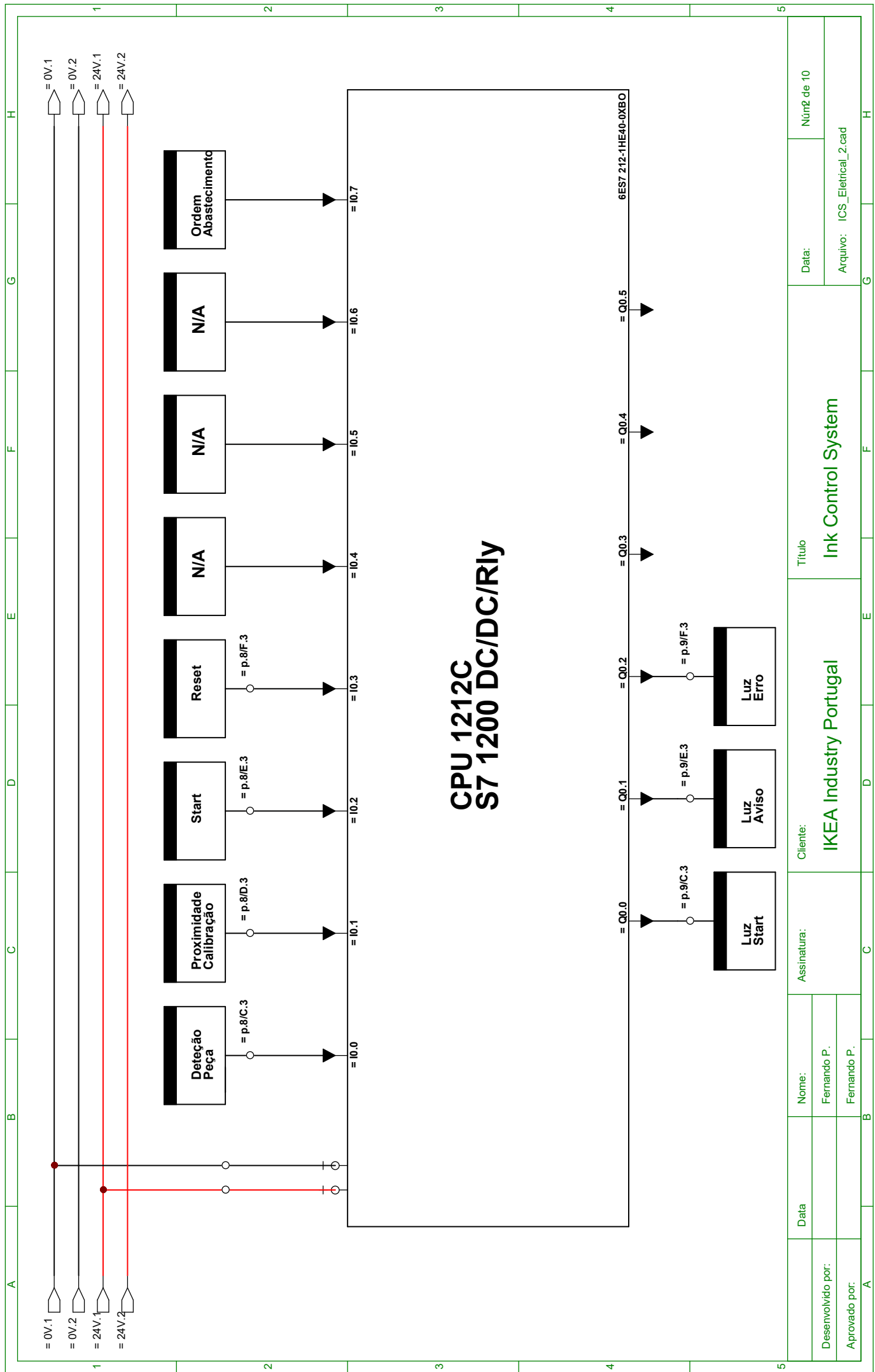
---

## **Esquemas Eléctricos**

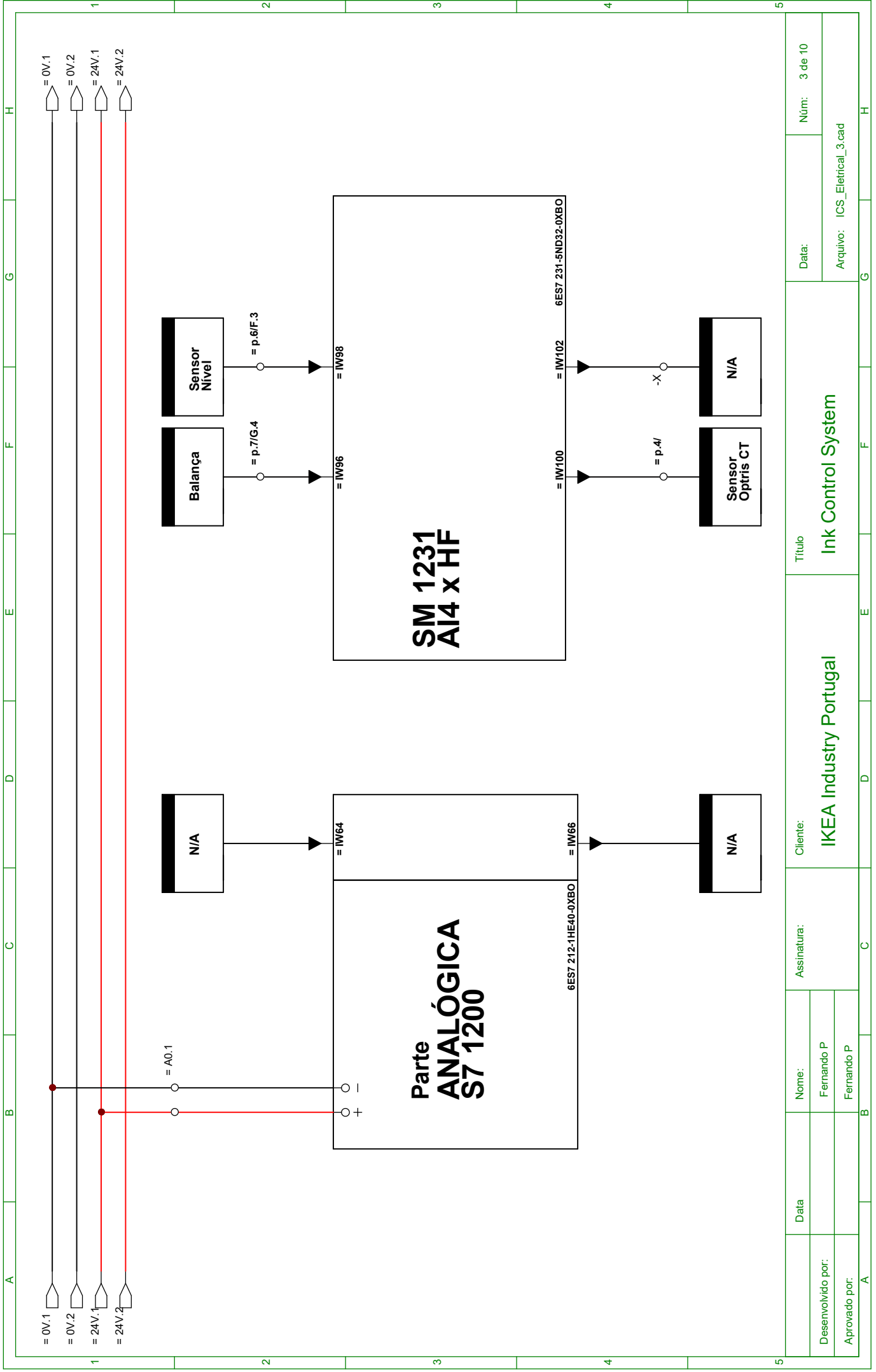
---



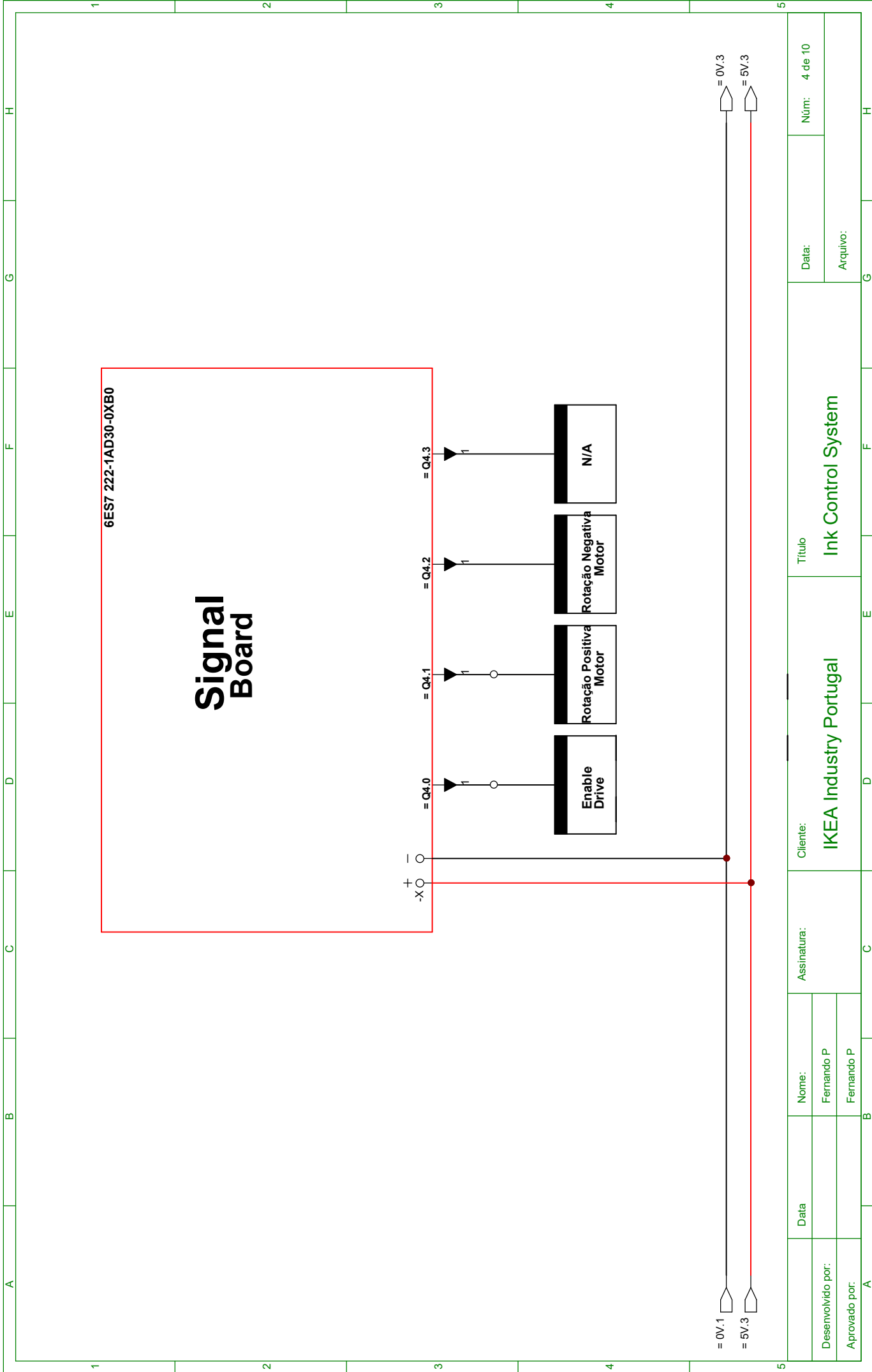
Desenvolvido por:	Nome:	Assinatura:	Cliente:	Título	Data:	Númrt de 10
Aprovado por:	Fernando P.				Arquivo: ICS_Eleitoral_1.cad	
	Fernando P.					



Assinatura:		Cliente:		Título		Data:		Num2 de 10	
Nome:		IKEA Industry Portugal		Ink Control System		Arquivo: ICS_Eleitoral_2.cad			
Desenvolvido por:		Fernando P.							
Aprovado por:		Fernando P.							

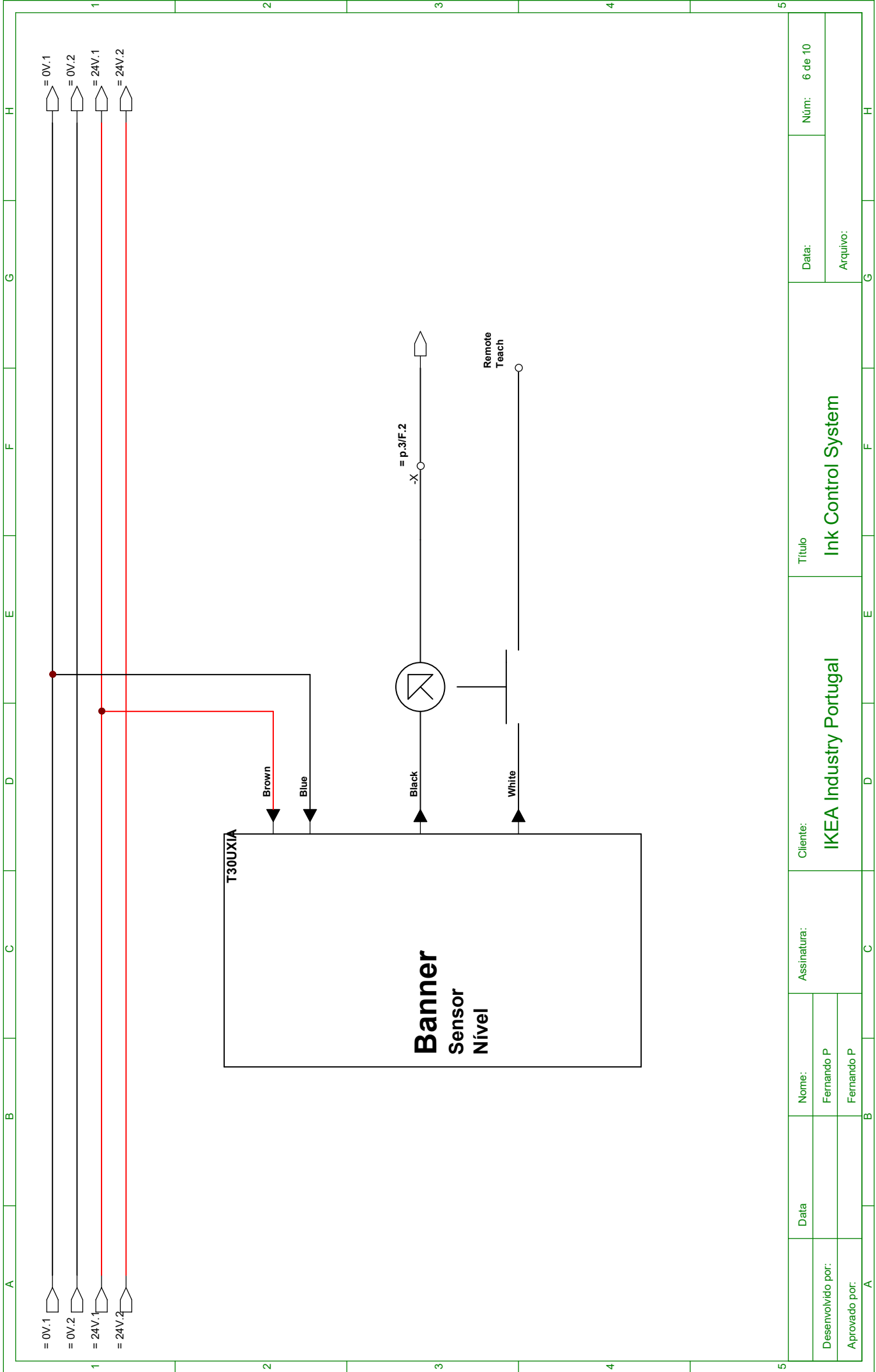


Desenvolvido por:		Nome:		Assinatura:		Cliente:		Título		Data:		Núm:	
Aprovado por:		Fernando P		Fernando P		IKEA Industry Portugal		Ink Control System		Arquivo: ICS_Eleitoral_3.cad		3 de 10	

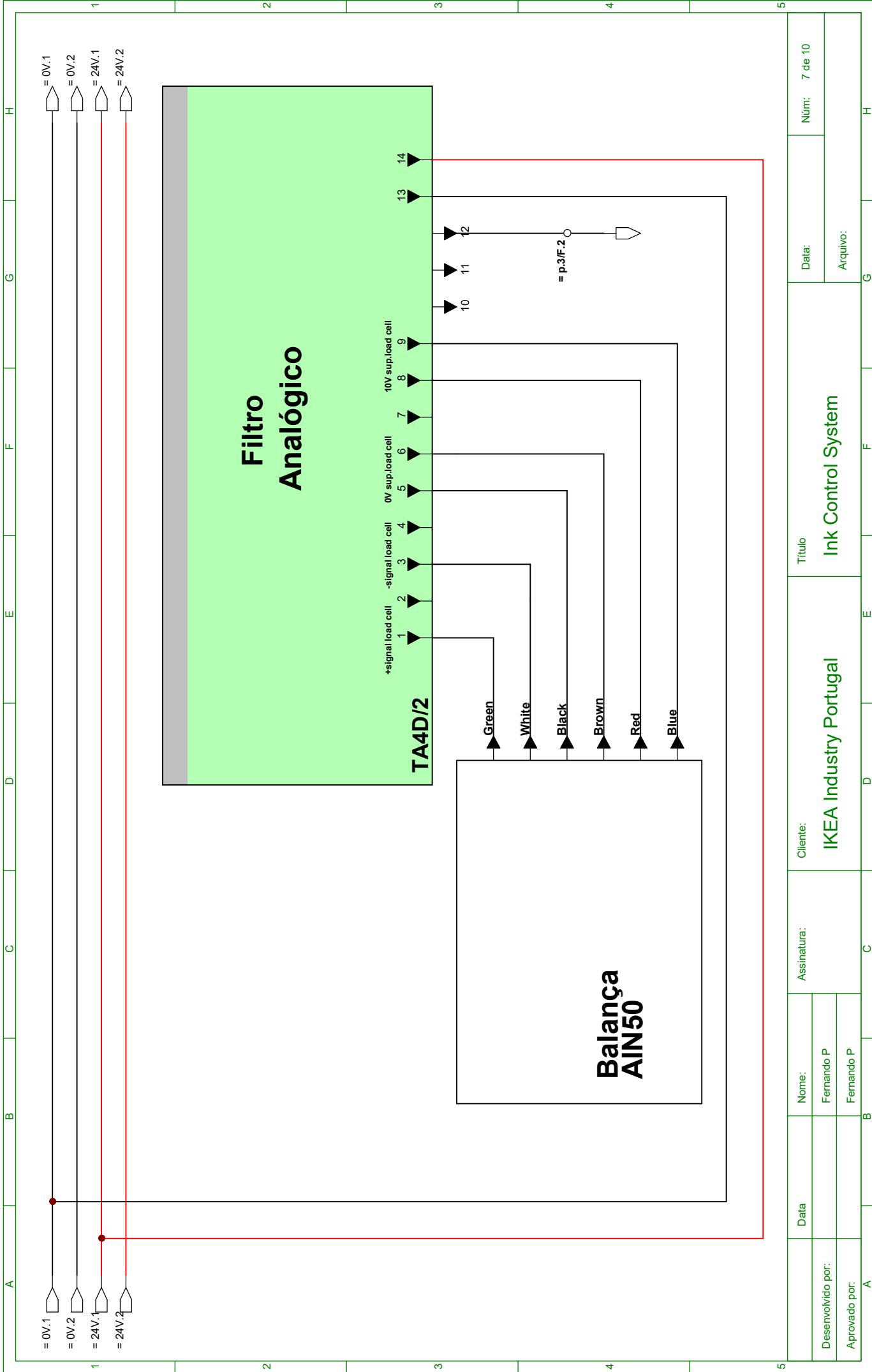


Desenvolvido por:		Nome:		Assinatura:		Cliente:		Título		Data:		Núm: 4 de 10	
Aprovado por:		Fernando P		Fernando P		IKEA Industry Portugal		Ink Control System		Arquivo:			

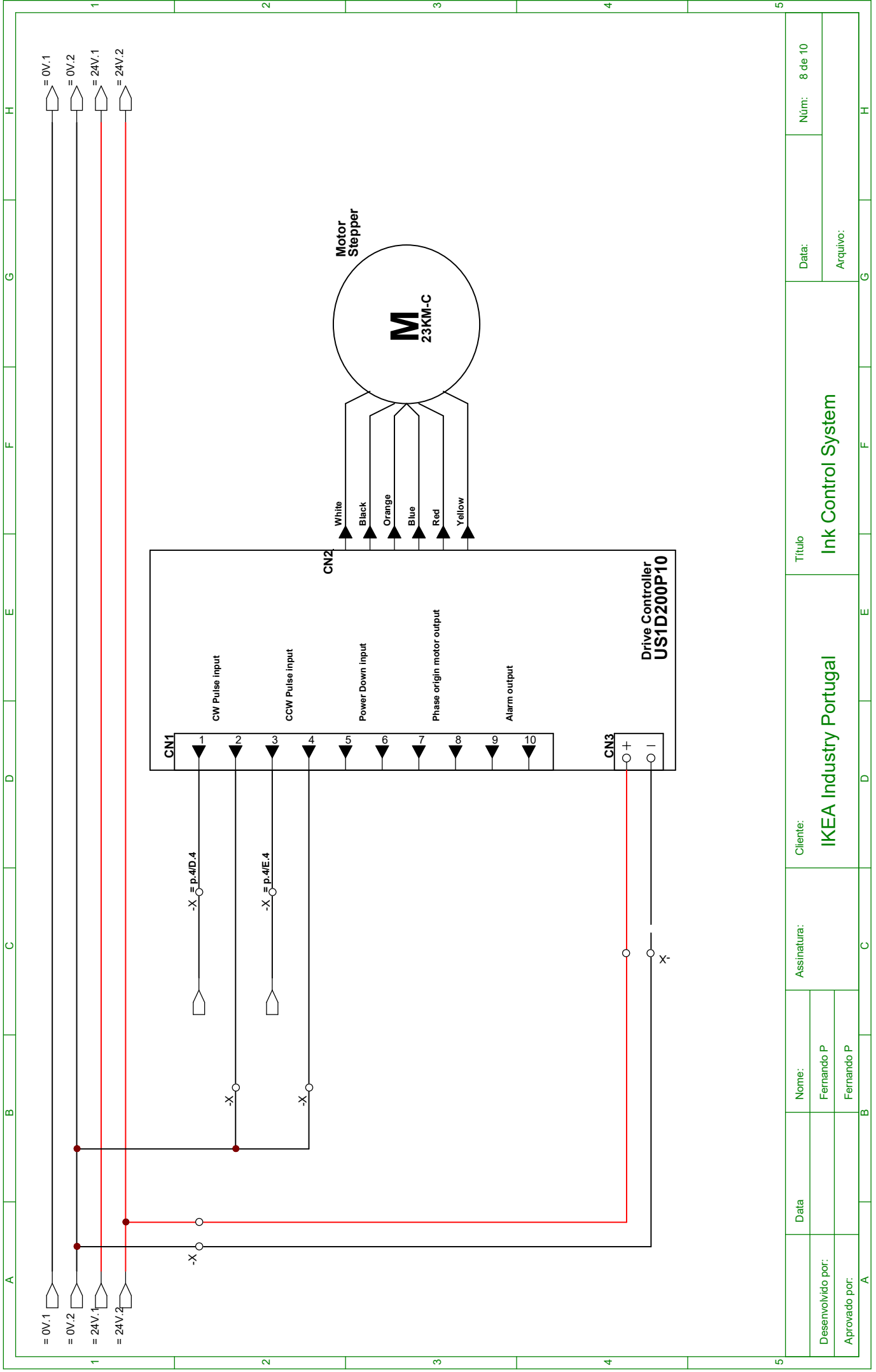




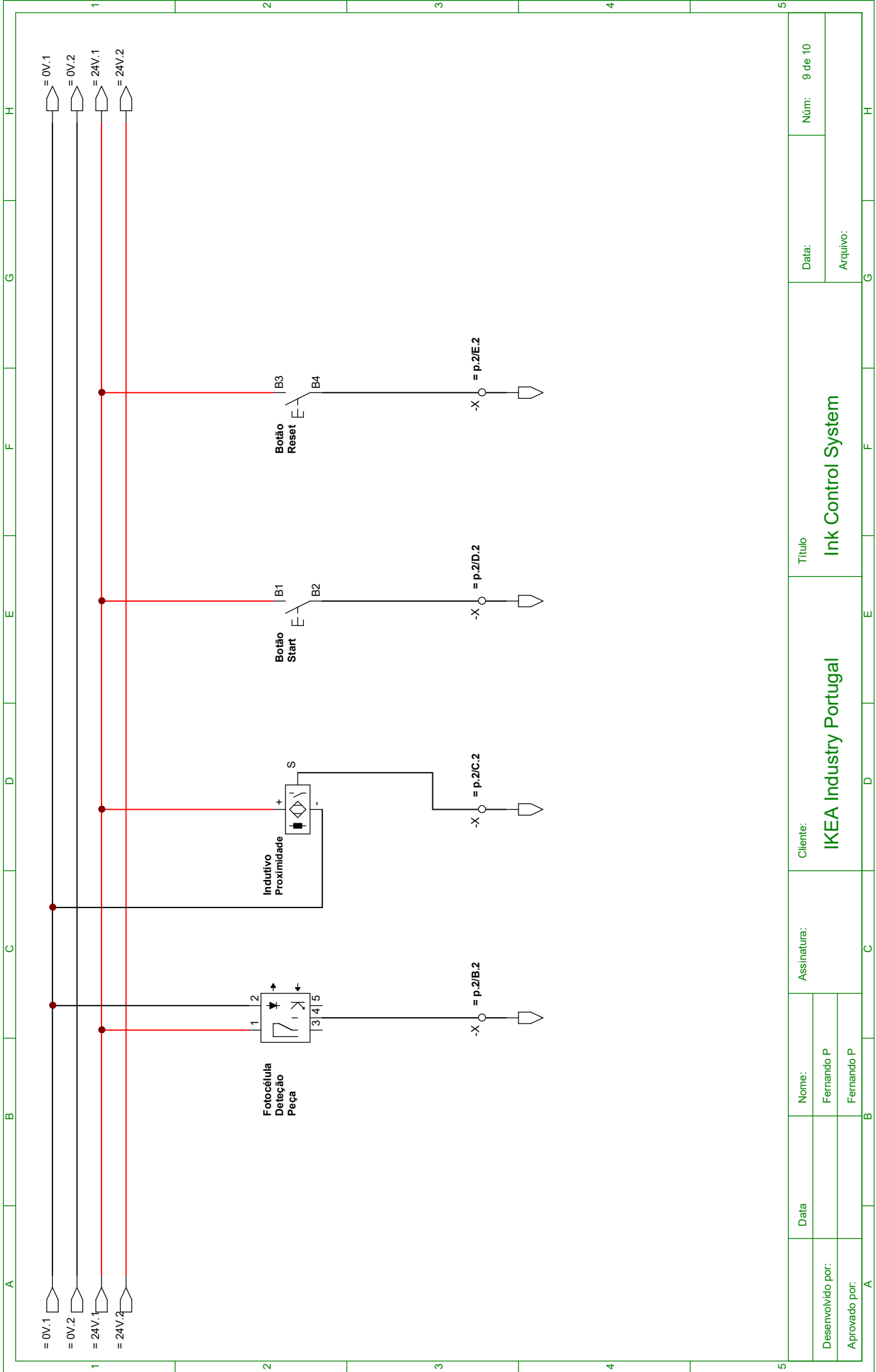
Desenvolvido por:		Nome:		Assinatura:		Cliente:		Título		Data:		Número:	
Aprovado por:		Fernando P		Fernando P		IKEA Industry Portugal		Ink Control System		6 de 10		Arquivo:	



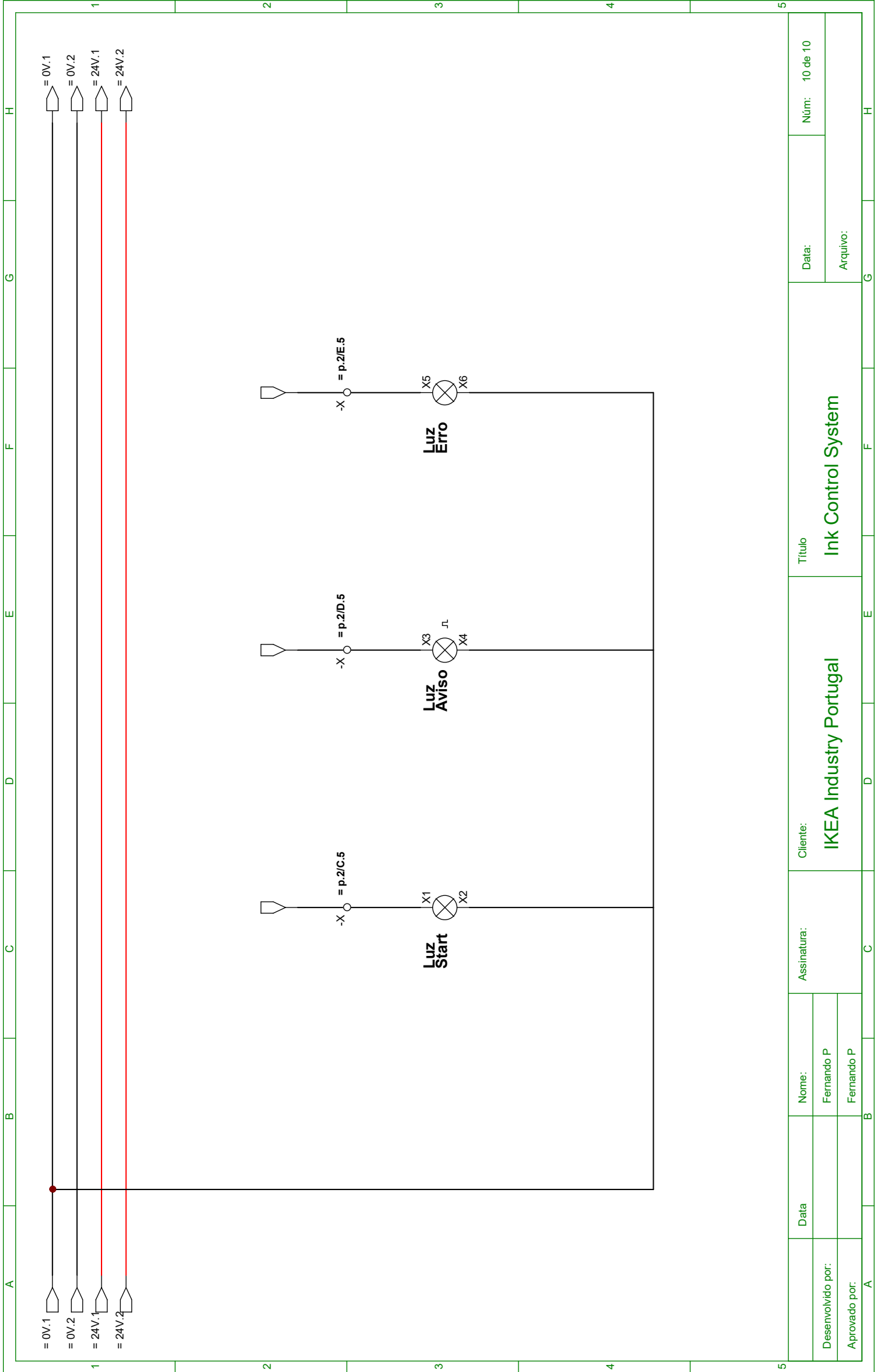
Desenvolvido por:		Nome:		Assinatura:		Cliente:		Título		Data:		Número:	
Aprovado por:		Fernando P		Fernando P		IKEA Industry Portugal		Ink Control System		7 de 10		Arquivo:	
A		B		C		D		E		F		G	
1		2		3		4		5		H		H	



Desenvolvido por:	Nome:	Assinatura:	Cliente:	Título	Data:	Núm:
Aprovado por:	Fernando P		IKEA Industry Portugal	Ink Control System		8 de 10
	Fernando P				Arquivo:	



Desenvolvido por:		Assinatura:		Cliente:		Título		Data:		Número:	
Aprovado por:		Nome:		IKEA Industry Portugal		Ink Control System		Arquivo:		9 de 10	
Fernando P		Fernando P									
Fernando P											



Desenvolvido por:		Nome:		Assinatura:		Cliente:		Título		Data:		Núm: 10 de 10	
Aprovado por:		Fernando P		Fernando P		IKEA Industry Portugal		Ink Control System		Arquivo:			
A		B		C		D		E		F		H	



## **ANEXO E**

---

# **Datasheets do *hardware***

---



**ANEXO E.1**

*Datasheet Signal Board 6ES7*  
222-1AD30-0XB0

SIMATIC S7-1200, Digital output SB 1222, 4 DQ, 5V DC 200kHz



Figure similar

General information	
Product type designation	SB 1222, DQ 4x5 V DC 200 kHz
Input current	
from backplane bus 5 V DC, typ.	35 mA
Power loss	
Power loss, typ.	0.5 W
Digital outputs	
Number of digital outputs	4; MOSFET, solid-state (current-sinking/current-sourcing)
• in groups of	4
Short-circuit protection	No
Switching capacity of the outputs	
• with resistive load, max.	0.1 A
Load resistance range	
• upper limit	7 $\Omega$
Output voltage	
• Rated value (DC)	5 V

<ul style="list-style-type: none"> <li>• for signal "0", max.</li> </ul>	0.2 V
<ul style="list-style-type: none"> <li>• for signal "1", min.</li> </ul>	L+ minus 0.7 V DC
<ul style="list-style-type: none"> <li>• for signal "1", max.</li> </ul>	6 V
<b>Output current</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• for signal "1" permissible range, max.</li> </ul>	0.1 A
<b>Cable length</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• shielded, max.</li> </ul>	50 m
<b>Interrupts/diagnostics/status information</b>	
<b>Diagnostics indication LED</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• for status of the outputs</li> </ul>	Yes
<b>Degree and class of protection</b>	
Degree of protection acc. to EN 60529	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• IP20</li> </ul>	Yes
<b>Ambient conditions</b>	
<b>Free fall</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fall height, max.</li> </ul>	0.3 m; five times, in product package
<b>Ambient temperature during operation</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• min.</li> </ul>	-20 °C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• max.</li> </ul>	60 °C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• horizontal installation, min.</li> </ul>	-20 °C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• horizontal installation, max.</li> </ul>	60 °C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• vertical installation, min.</li> </ul>	-20 °C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• vertical installation, max.</li> </ul>	50 °C
<b>Ambient temperature during storage/transportation</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• min.</li> </ul>	-40 °C
<ul style="list-style-type: none"> <li>• max.</li> </ul>	70 °C
<b>Air pressure acc. to IEC 60068-2-13</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Storage/transport, min.</li> </ul>	660 hPa
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Storage/transport, max.</li> </ul>	1 080 hPa
<b>Relative humidity</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operation at 25 °C without condensation, max.</li> </ul>	95 %
<b>Mechanics/material</b>	
<b>Enclosure material (front)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plastic</li> </ul>	Yes
<b>Dimensions</b>	
Width	38 mm
Height	62 mm
Depth	21 mm
<b>Weights</b>	
Weight, approx.	35 g



**ANEXO E.2**

*Datasheet* Sensor Optris CT

# More Precision.



## optris® CT

Precise noncontact temperature measurement  
from -40 to 900°C



### FEATURES

- One of the smallest infrared sensors worldwide with 20:1 optical resolution
- Rugged and usable up to 180°C ambient temperature without cooling
- Separate electronics with easy accessible programming keys and LCD backlit display
- Optional analog output: 0/4-20 mA, 0-10 V, thermocouple type K or J
- Optional USB, RS485, RS232 interface or two relay outputs (optically isolated)
- Installation of up to 32 sensing heads

General specifications	
Environmental rating	IP 65 (NEMA-4)
Ambient temperature	sensing head: -20 - 180°C (130°C with 2:1)
	electronics: 0 - 65°C
Storage temperature	sensing head: -40 - 180°C (130°C with 2:1)
	electronics: -40 - 85°C
Relative humidity	10 - 95 %, non condensing
Vibration (sensor)	IEC 68-2-6: 3 G, 11-200 Hz, any axis
Shock (sensor)	IEC 68-2-27: 50 G, 11 ms, any axis
Weight	sensing head 40 g
	electronics 420 g
Electrical specifications	
Outputs/analog	channel 1: 0/4 - 20 mA, 0 - 5/10 V, thermocouple J, K
	channel 2: sensing head temperature (-20 - 180°C as 0 - 5 V or 0 - 10 V), alarm output
Optional:	relay: 2 x 60 V DC/42 V AC <sub>eff</sub> ; 0.4 A; optically isolated
Outputs/digital (optional)	USB, RS232, RS485 (optional)
Output impedances	mA max. 500 Ω (with 8 - 36 V DC)
	mV min. 100 kΩ load impedance
	thermocouple 20 Ω
Inputs	programmable functional inputs for external emissivity adjustment, ambient temperature compensation, trigger (reset of hold functions)
Cable length	1 m (standard), 3 m, 8 m, 15 m
Current draw	max. 100 mA
Power supply	8 - 36 V DC

Measurement specifications	
Temperature range (scalable via programming keys or software)	-40 - 900°C (20:1)
	-40 - 600°C (15:1)
	-40 - 600°C (2:1)
Spectral range	8 - 14 μm
Optical resolution	20:1 (precision glass optics)
	15:1 (precision glass optics)
	2:1 (with flat front window)
CF-lens (optional)	0.6 mm@10 mm (with 20:1)
	0.8 mm@10 mm (with 15:1)
	2.5 mm@23 mm (with 2:1)
System accuracy (at ambient temperature 23 ±5°C)	±1 % or ±1°C <sup>1</sup>
Repeatability (at ambient temperature 23 ±5°C)	±0.5 % or ±0.5°C <sup>1</sup>
Temperature coefficient	0.05 % or 0.05°C/K <sup>1,2</sup>
Temperature resolution	0.1°C
Response time	150 ms (95 %)
Emissivity/Gain (adjustable via programming keys or software)	0.100 - 1.100
Transmissivity/Gain (adjustable via programming keys or software)	0.100 - 1.100
Signal processing (parameter adjustable via programming keys or software, respectively)	peak hold, valley hold, average; extended hold function with threshold and hysteresis
Certificate of calibration	optional

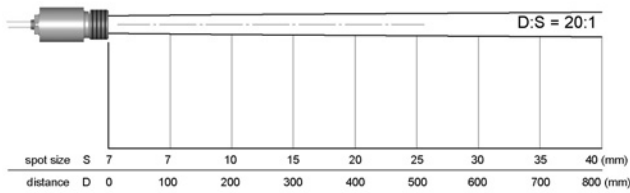
<sup>1</sup> whichever is greater

<sup>2</sup> at sensing head temperature 0 - 180°C (130°C with 2:1)

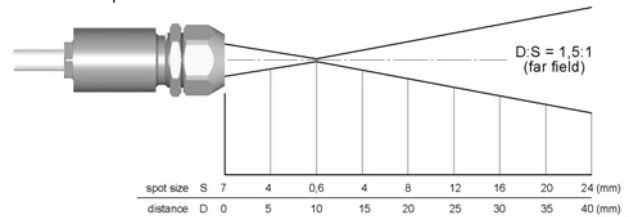
# optris® CT

## Optical specifications

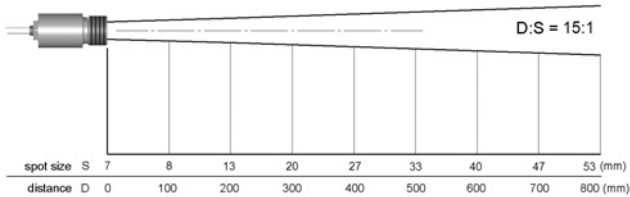
### 20:1 optics



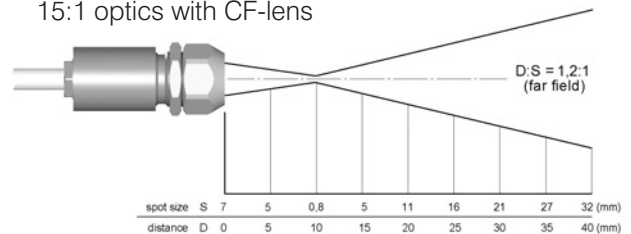
### 20:1 optics with CF-lens



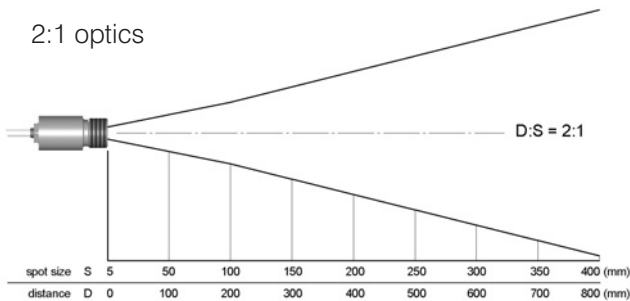
### 15:1 optics



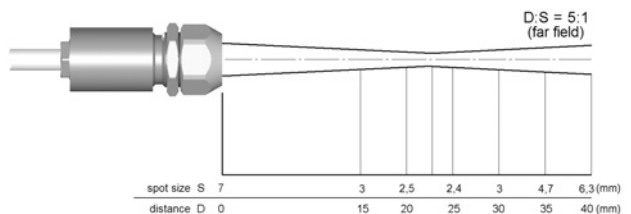
### 15:1 optics with CF-lens



### 2:1 optics

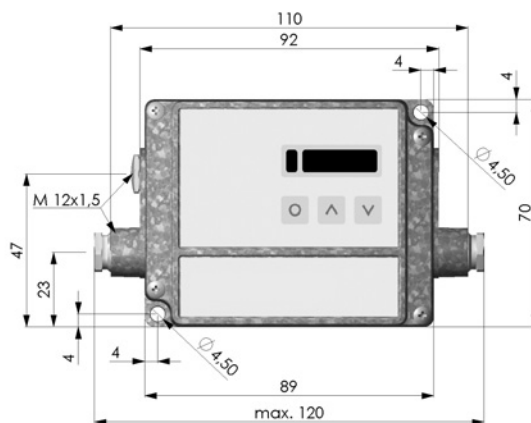
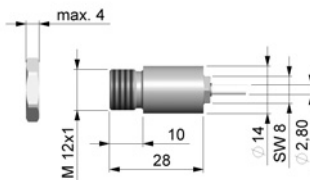


### 2:1 optics with CF-lens

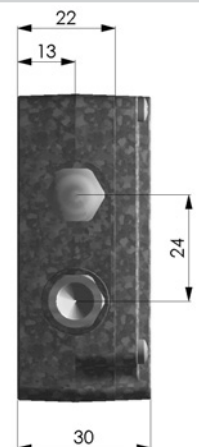


## Dimensions

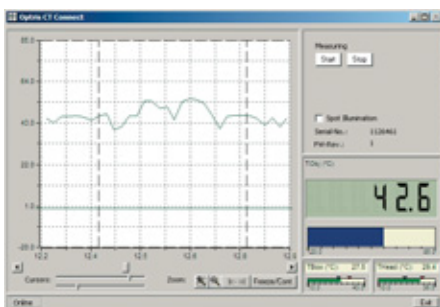
### Sensing head



### Electronics



## CTconnect - software



- easy sensor setup and remote controlling
- automatic data logging for analysis and documentation
- graphic display of temperature trends
- adjustment of extended signal processing functions
- programming of analog and digital input for external emissivity and ambient temperature compensation
- programming of alarm output (head or object temperature)
- digital remote communication of up to 32 sensors in one network





**ANEXO E.3**

*Datasheet* Balança AIN50

	Carico massimo statico Max static load	Dimensioni Dimensions
<b>AIN6</b> <b>AIN15</b> <b>AIN30</b> <b>AIN50</b>	6 / 15 / 30 / 50 kg .....	300 x 300 mm .....
* <b>AIN60</b> * <b>AIN120</b>	60 / 120 kg .....	400 x 400 mm .....
* <b>AIN150</b> * <b>AIN300</b>	150 / 300 kg .....	600 x 600 mm .....
<b>AIN600</b>	600 kg .....	800 x 800 mm .....

OPZIONI A RICHIESTA :	OPTIONS ON REQUEST :
- Maggiorazione per portate fuori standard .....	- Additional price for non-standard platforms .....
- Versione ATEX  II 1 GD (zone 0-1-2-20-21-22) .....	- ATEX version  II 1 GD (zone 0-1-2-20-21-22) .....
- Colonna inox portaindicatore (Ø 38 mm, h 700 mm) con staffa in acciaio inox per fissaggio alla piattaforma .....	- Indicator stainless steel stand (Ø 38 mm, h 700 mm) with stainless steel bracket for platform mounting .....
- Colonna inox portaindicatore (Ø 38 mm, h 700 mm) con staffa in acciaio verniciato per fissaggio alla piattaforma .....	- Indicator stainless steel stand (Ø 38 mm, h 700 mm) with painted steel bracket for platform mounting .....

 **APPROVAZIONE OIML R60 C3**  
**C3** OIML R60 C3 APPROVED

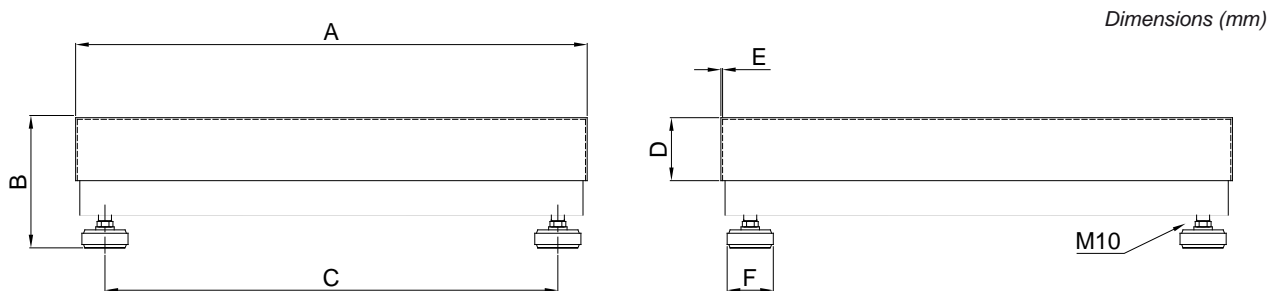
 **AIN6 / 15 / 30 / 50 / 150 / 300: a richiesta versione approvata OIML R60 C4**  
**C4** AIN6 / 15 / 30 / 50 / 150 / 300: on request OIML R60 C4 version approved



- STRUTTURA TUBOLARE IN ACCIAIO INOX AISI 304
- PIANO DI CARICO IN ACCIAIO INOX AISI 304 APOGGIATO
- CELLA DI CARICO IN LEGA D'ALLUMINIO IP65
- PIEDINI IN ACCIAIO INOX E POLIAMMIDE
- ATTACCO PER COLONNA PORTAINDICATORE
- AISI 304 STEEL TUBULAR STRUCTURE
- AISI 304 STEEL LOADING TOP (laid)
- SINGLE-POINT IP65 ALUMINIUM LOAD CELL
- STAINLESS STEEL & POLYAMID FEET
- CONNECTION FOR INDICATOR STAND

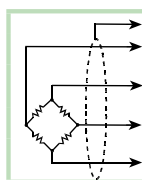
\* PER MOD.: AIN60/120/150/300  
 LA CELLA DI CARICO VIENE FORNITA CON KIT WATERPROOF INOX + GOMMA.

FOR MODELS: AIN60/120/150/300  
 THE LOAD CELL IS PROVIDED WITH STAINLESS STEEL WATERPROOF KIT + RUBBER.



Code	Load cells capacities	Platforms	A	B	C	D	E	F	Gross Weight
AIN6 / 15 / 30 / 50	10 / 20 / 50 / 100 kg	300 x 300 mm	300	125	237	56	1	56	6.5 kg
AIN60 / 120	100 / 200 kg	400 x 400 mm	400	130	337	52	1	56	9.5 kg
AIN150 / 300	200 / 500 kg	600 x 600 mm	600	150	537	77	1.5	56	24.5 kg
AIN600	1000 kg	800 x 800 mm	800	170	715	90	1.8	56	50.5 kg

**COLONNA con STAFFA**  
 STAND with BRACKET



	AIN 6 - 120	AIN 150 - 300	AIN 600
SCHERMO (SHIELD)			
+ SEGNALE (+SIGNAL)	VERDE (GREEN)	VERDE (GREEN)	BLU (BLUE)
+ ALIMENT. (+EXCIT.)	ROSSO (RED)	ROSSO (RED)	ROSSO (RED)
** + SENSE (+REF./SENSE)	BLU (BLUE)	BLU (BLUE)	MARRONE (BROWN)
- SEGNALE (-SIGNAL)	BIANCO (WHITE)	BIANCO (WHITE)	BIANCO (WHITE)
- ALIMENT. (+EXCIT.)	NERO (BLACK)	NERO (BLACK)	GIALLO (YELLOW)
** - SENSE (+REF./SENSE)	MARRONE (BROWN)	GIALLO (YELLOW)	NERO (BLACK)

\*\* Dove previsto (where provided)

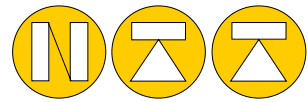
**ANEXO E.4**

*Datashet* Filtro TA4D/2



**Current or Tension Transmitter 0.02% accuracy**  
**4...20mA, +/-5VDC, +/-10V**

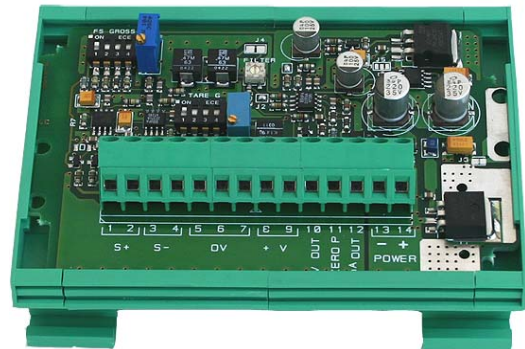
TA4/2 TA4D/2



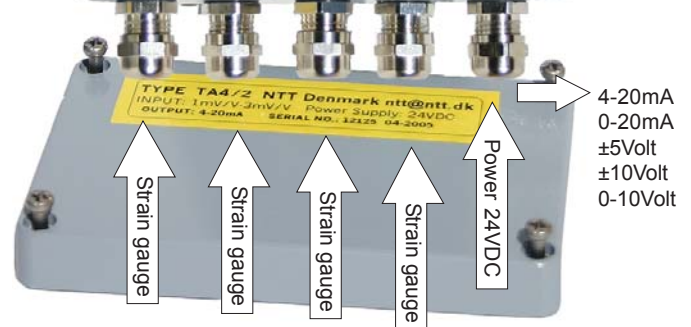
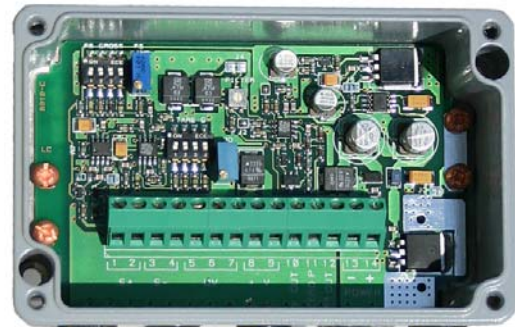
Nordic Transducer

TA4/2 transmitters make easy and cheap the remote transmission of strain gauge load cells analogue signals to PLC, PC, recorders, remote indicators etc... until to a distance of 40m. The possibility of internally connecting the load cells in parallel (max.6 of 350 ohm or 8 of 700 ohm) makes system wiring easier by avoiding the use of junction boxes. It is ideal to be used in the most advanced industrial weighing systems, processes control, dosing (silos and hoppers) and automation thanks to the two versions of its case: Hermetic box made of pressure die-cast aluminium (IP65 class) or plastic mount for mounting on a DIN guide (suitable for applications inside control panels) The transmitter feeds the load cells, amplifies and filters the returned signal with high-precision and long-term stability amplifiers; it is possible to internally perform all Zero and Full Scale calibrations through a dip switch for less accurate regulations and through a trimmer for precise regulations. In order to soften vibrations or mechanical unsteadiness present in the plant, the transmitter has an analog filter which can be adjusted by the operator. The TA4/2 transmitters offers two speed of response selectable by the user: the standard speed (2.5Hz 16.5Hz) is obtained with J4 closed and acting on the F trimmer, the Fast speed (1KHz) is obtained with J4 open. The analog output: 0÷20mA, 4÷20mA, ±5V, ±10V shall be indicated when order is placed. The immunity to the electromagnetic fields for the TAD/2 version is 3V/m.

TA4D/2 for DIN rail mounting



TA4/2 for IP65 box mounted



**TA4/2 Technical Data:**

Input signal	1...3mV/V
Input impedance	10 <sup>10</sup> ohm
load cells	6 x 350 ohm / 8 x 700 ohm
Linearity error	±0.02%
<i>Temperature variation 10K:</i>	
a) on zero	±0.01%
b) on full scale	±0.01%
Output Signal	4...20mA, +/-5V, 0-10V, +/-10V
Load resistor: current;	max. 470 ohm
Tension:	min. 3k ohm
Sensitivity	2µA
Power Supply:	16-26VDC
Max. electrical input:	200mA
Bridge power supply:	10Vdc ±4%
Adjustable full scale input	5...30mV
Adjustment coarse tare (offset)	70%
Adjustment fine zero	10%
Adjustment of fine full scale	10%
Adjustable filter	2.5Hz - 16.5Hz
Filter options:	1kHz
Working Temperature:	-10/+50°C
Protection class:	(EN60529) IP65
Weight:	0,580kg
Box made of casted aluminium	

**TA4/2 output types**

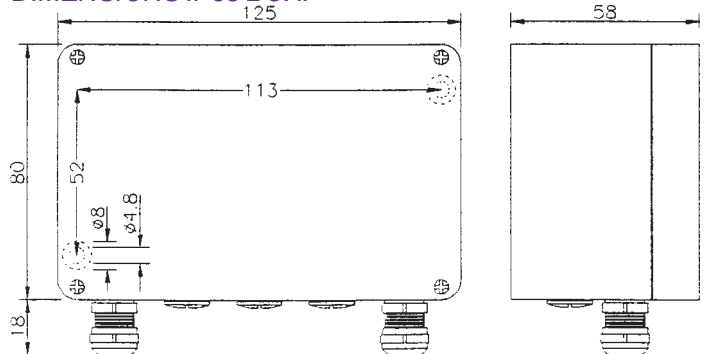
(INPUT)	(OUTPUT)	(POWER)
Standard		
2mV/V*	4-20mA*	24VDC*
<b>Options</b>	+/-5V	12VDC*
	0-10V*	
	+/-10V	

\* = in stock

(12VDC ±10% general power supply not possible with ±10V / 0-10V output signal )

Certified test of Electromagnetic Compatibility  
 To References: EN 610-1, EN 61326-1, EN61326/A1, 89/336/CEE, 92/31CEE, 93/68/CEE, 73/23/CEE

**DIMENSIONS IP65 BOX.**



Standard 3 x PG7 connectors input !

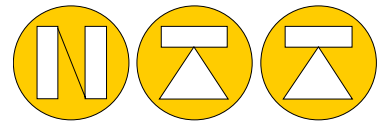
**NORDISK TRANSDUCER TEKNIK DENMARK**

Fax.: +45 98581866

http://www.ntt.dk E-mail: ntt@ntt.dk



# TA4/2 / TA4D/2 Strain gauge Excitation module 4..20mA or +/-5VDC or +/-10VDC



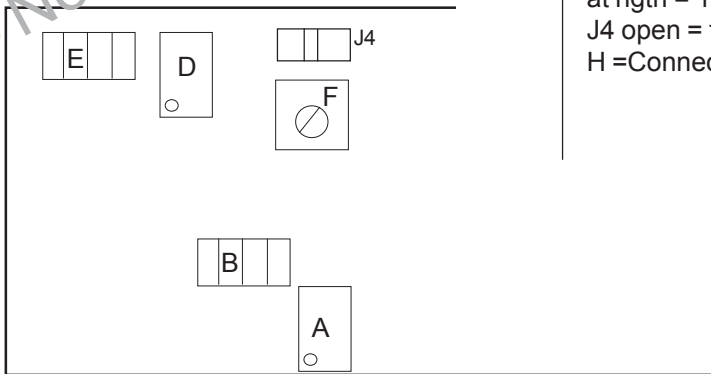
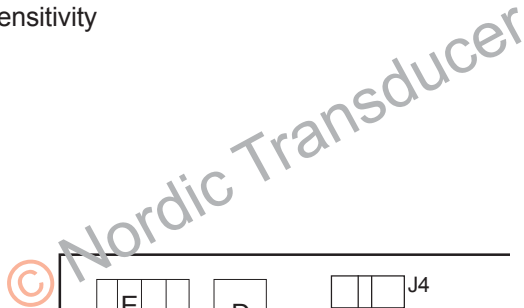
**NORDIC TRANSDUCER**

## Technical data

Input signal	1...3mV/V
Input impedance	10 <sup>10</sup> ohm
load cells	6 x 350 ohm / 8 x 700 ohm
Linearity error	±0.02%
<i>Temperature variation 10K:</i>	
a) on zero	±0.01%
b) on full scale	±0.01%
Output Signal	4..20mA, or 0..5V, or +/-5V, or 0..10V
<i>Load resistor: current;</i>	max. 470 ohm
Tension min. 3k ohm	
Sensitivity	2µA

Power Supply:	16-26VDC
Max. electrical input:	200mA
Bridge power supply:	10Vdc ±4%
Adjustable full scale input	5...30mV
Adjustment coarse tare (offset)	70%
Adjustment fine zero	15%
Adjustment of fine full scale	10%
Adjustable filter	2.5Hz - 16.5Hz
Working Temperature:	-10/+50°C
Protection class:	(DIN40050) IP65
Weight:	0,580kg
Box made of casted aluminium	

A = Adjustment of fine zero +/-10%  
 B = DIP Switches for fixed tare.  
 D = Adjustment of fine Full Scale / Span +/-10%  
 E = Adjustment of coarse Full Scale / Span  
 F = Adjustment of analog filter, at left = 2.5Hz,  
 at right = 16.5Hz, active with J4 closed = filter on.  
 J4 open = fast response at 1 kHz  
 H = Connect a F type fuse at 500mA on the feeding



1-2 S+ = +signal  
from Load cell

3-4 S- = - signal  
from Load cell

5-6-7 0V = 0 supply  
to Load cell

8-9 + V = + 10VDC  
supply to Load cells

10 11 12 13 14  
14 = + 16-26VDC power supply

13 = minus Supply to board and also  
minus for mA output or voltage output

12 = + mA output R.load max. 470 ohm

11 = A 10k Ohm Zero Potentiometer can be mounted here ! if an  
external zero setting is wanted

10 = V output ( only at TA4/2 Voltage type ! )

Mount External fuse F 500mA



## Cable connection

For the full correspondence to the elec-  
tromagnetic compatibility, turn the protec-  
tion to the internal off each cable shield  
in a way that it results into a metal shield  
contact with the box at the input of the  
PG7 connector inside the box.

TARE (SW B)	
SW	%
ON	
1	7
2	15
3	28
4	28

FULL SCALE (SW E)			
INPUT	10V	+/-5V	4-20mA
mV	SW ON	SW ON	SW ON
30	OFF	OFF	OFF
20	1	1	1
15	2	2	2
10	1,3	1,3	1,3
5	1,4	1,4	1,4

Certified test of Electromagnetic Compatibility  
 To References: EN 610-1, EN 61326-1, EN61326/A1,  
 89/336/CEE, 92/31CEE, 93/68/CEE, 73/23/CEE

**NORDIC TRANSDUCER DENMARK**

Fax.: +45 98581866

www.ntt.dk E-mail: ntt@ntt.dk



**ANEXO E.5**

*Datasheet* sensor de nível - Banner

# U-GAGE® T30UX Series with Analog Output



## Datasheet

Ultrasonic Sensor with TEACH-Mode Configuration



- 1, 2 and 3 m (3.28, 6.56, and 9.84 ft) versions with short dead zones (10% of max range)
- Built-in temperature compensation
- Fast, easy-to-use TEACH-Mode programming; no potentiometer adjustments
- Configure with either a positive or negative analog output slope
- Remote TEACH for security and convenience
- Wide operating temperature range of  $-40^{\circ}$  to  $+70^{\circ}$  C ( $-40^{\circ}$  to  $+158^{\circ}$  F)
- Choose either 0 to 10V dc or 4 to 20 mA output model
- Compact, self-contained, right-angle sensor package with fully encapsulated electronics

## Models

Models	Range and Frequency	Cable <sup>1</sup>	Supply Voltage	Analog Output	Response Time
T30UXUA	100 mm to 1 m (3.9 in to 39 in)	Standard 2 m (6.5 ft) cable	10 to 30 V dc	0 to 10 V dc	45 ms or 105 ms selectable
T30UXIA	224 kHz			4 to 20 mA	
T30UXUB	200 mm to 2 m (7.8 in to 78 in)			0 to 10 V dc	92 ms or 222 ms selectable
T30UXIB	174 kHz			4 to 20 mA	
T30UXUC	300 mm to 3 m (11.8 in to 118 in)			0 to 10 V dc	135 ms or 318 ms selectable
T30UXIC	114 kHz			4 to 20 mA	



### WARNING: Not To Be Used for Personnel Protection

Never use this device as a sensing device for personnel protection. Doing so could lead to serious injury or death. This device does not include the self-checking redundant circuitry necessary to allow its use in personnel safety applications. A sensor failure or malfunction can cause either an energized or de-energized sensor output condition.

## Overview

The U-GAGE® T30UX is an easy-to-use ultrasonic sensor with extended range and built-in temperature compensation. Simple push button configuration provides flexibility for a variety of applications.

Easy-to-see indicator LEDs communicate the status of the sensor. The Green “Power” LED ON indicates that the sensor is in Run Mode (the sensor’s normal operating condition). The Red “Signal” LED indicates the target signal strength. The Amber “Output” LED indicates that the output is enabled and the sensor is receiving a signal within the window limits. The Amber “Mode” LED indicates the currently selected mode (fast or slow).

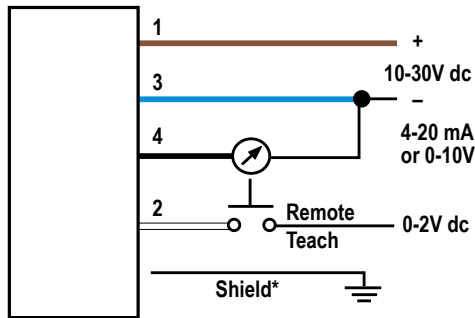


Figure 1. Features

<sup>1</sup> Only standard 2 m (6.5 ft) cable models are listed. To order the 4-Pin Euro-Style integral QD, add suffix “Q8” to the model number (for example, T30UXUAQ8). To order the 150 mm (6 in) PUR pigtail cable with 4-Pin threaded Euro-Style QD, add suffix “QPMA” to the model number (for example, T30UXUAQPMA). To order the 9 m (30 ft) cable, add suffix “W/30” to the model number (for example, T30UXUA W/30). A model with a QD connector requires a mating cable; see [Quick-Disconnect Cables](#) on page 10.



## Wiring



### Wiring Key

- 1 = Brown
- 2 = White
- 3 = Blue
- 4 = Black

Cable and QD hookups are functionally identical. It is recommended that the shield wire be connected to earth ground. Shielded cordsets are recommended for all QD models.

## Specifications

### Sensing Range

- \*A\* suffix models: 100 mm to 1 m (3.9 in to 39 in)
- \*B\* suffix models: 200 mm to 2 m (7.8 in to 78 in)
- \*C\* suffix models: 300 mm to 3 m (11.8 in to 118 in)

### Ultrasonic Frequency

- \*A\* suffix models: 224 kHz
- \*B\* suffix models: 174 kHz
- \*C\* suffix models: 114 kHz

### Supply Voltage

10 to 30 V dc (10% maximum ripple) at 40 mA, exclusive of load

### Supply Protection Circuitry

Protected against reverse polarity and transient voltages

### Output Configuration

Analog Output: 0 to 10V dc or 4 to 20 mA, depending on model

### Output Rating

Analog Voltage Output: 2.5 kΩ min. load resistance; Minimum supply for a full 10V output is 12V dc (for supply voltages between 10 and 12, V out max. is at least V supply -2)

Analog Current Output: 1 kΩ max. at 24V input; max. load resistance =  $(V_{cc}-4)/0.02\Omega$

For current output (4-20 mA) models, ideal results are achieved when the total load resistance

$R = [(V_{in} - 4)/0.020]\Omega$ . Example, at  $V_{in} = 24V$  dc,  $R \approx 1$  kΩ (1 watt)

### Output Protection Circuitry

Protected against short circuit conditions

### Linearity

0.25% of distance

### Resolution

- \*A\* suffix models: 0.1% of distance (0.5 mm min.)
- \*B\* suffix models: 0.1% of distance (1.0 mm min.)
- \*C\* suffix models: 0.1% of distance (1.5 mm min.)

### Minimum Window Size

10 mm (0.4 in)

### Adjustments

Sensing window limits: TEACH-Mode of near and far window limits may be set using the push button or remotely via TEACH input.

Response speed selection: Fast or Slow (see [Mode Setup - Response Speed](#) on page 2 or [Remote Line TEACH](#) on page 5)

Advanced configuration options: Analog output slope, push button enabled/disabled, temperature compensation enabled/disabled (see [Remote Line TEACH](#) on page 5)

### Indicators

See [Figure 1](#) on page 1

### Loss of Signal Indication

0 to 10V dc models: Analog output goes to 0V  
4 to 20 mA models: Analog output goes to 3.6 mA

### Construction

Housing: PBT polyester

Push buttons: polyester

Transducer: epoxy /ceramic composite

### Environmental Rating

Leakproof design, rated IEC IP67 (NEMA 6)

### Connections

2 m (6.5 ft) or 9 m (30 ft) shielded 4-conductor (with drain) PVC cable, 150 mm (6 in) PUR Euro-style pigtail (QPMA), or 4-pin integral Euro-style connector (Q8)

### Temperature Effect

0.02% of distance/°C

### Delay at Power-up

500 ms

### Output Response Time

- \*A\* suffix models: 45 ms (fast); 105 ms (slow)
- \*B\* suffix models: 92 ms (fast); 222 ms (slow)
- \*C\* suffix models: 135 ms (fast); 318 ms (slow)



**ANEXO E.6**

*Datashet Stepper*



**ANEXO E.7**

*Datashet Drive* do motor  
passo-a-passo

## General Specifications

		Unipolar	Bipolar	
Basic specifications	Model number	<b>US1D200P10</b>	<b>BS1D200P10</b>	
	Input source	DC24 V/36 V ± 10 %		
	Source current	3 A		
	Environment	Protection class	Class III	
		Operation environment	Installation category (over-voltage category) : I, pollution degree : 2	
		Ambient operation temperature	0 to + 50°C	
		Conservation temperature	- 20 to + 70°C	
		Operating ambient humidity	35 to 85% RH (no condensation)	
		Conservation humidity	10 to 90% RH (no condensation)	
		Operation altitude	1000 m (3281 feet) or less above sea level	
		Vibration resistance	Tested under the following conditions: 5 m/s <sup>2</sup> frequency range 10 to 55Hz, direction along X, Y and Z axes, for 2 hours each	
		Impact resistance	Not influenced at NDS-C-0110 standard section 3.2.2 division "C".	
		Withstand voltage	Not influenced when 0.5 kV AC is applied between power input terminal and cabinet for one minute.	
	Insulation resistance	10 MΩ MIN. when measured with 500V DC megohmmeter between input terminal and cabinet.		
Mass (Weight)	0.09 kg (0.20 lbs)			
Functions	Selection functions	Step angle, Pulse input mode, Low vibration mode, Step current, Operating current, Original excitation phase		
	Protection functions	Open phase protection, Main circuit power source voltage decrease		
	LED indication	Power monitor, alarm display		
I/O signals	Command pulse input signal	Photocoupler input system, input resistance : 220 Ω input-signal "H" level : 4.0 to 5.5 V, input-signal "L" level : 0 to 0.5 V Maximum input frequency : 150 kpulse/s		
	Power down input signal	Photocoupler input system, input resistance : 220 Ω input-signal "H" level : 4.0 to 5.5V, input-signal "L" level : 0 to 0.5 V		
	Phase origin monitor output signal	From the photocoupler by the open collector output Output specification : V <sub>ceo</sub> = 40 V MAX., I <sub>c</sub> = 10 mA MAX.		
	Rotation monitor output signal	From the photocoupler by the open collector output Output specification : V <sub>ceo</sub> = 40 V MAX., I <sub>c</sub> = 10 mA MAX.		

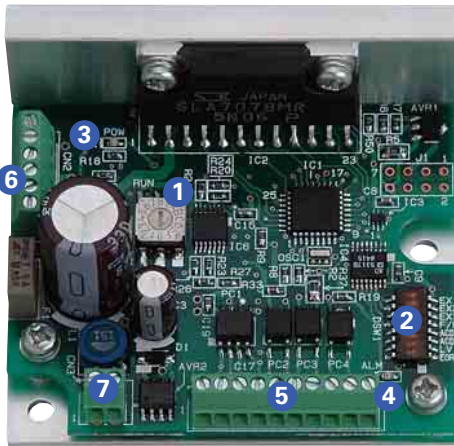
## Safety standards

	Directives	Category	Standard cord	Name
CE (TÜV)	Low-voltage directives	—	EN61010-1	—
	EMC directives	Emission	EN55011-A	Terminal disturbance voltage
			EN55011-A	Electromagnetic radiation disturbance
			EN61000-4-2	ESD (Electrostatic discharge)
		Immunity	EN61000-4-3	RS (Radio-frequency amplitude modulated electromagnetic field)
			EN61000-4-4	Fast transients / burst
			EN61000-4-6	Conducted disturbances
UL	Acquired standards		Standard part	File No.
	UL		UL508C	E179775
	UL for Canada			

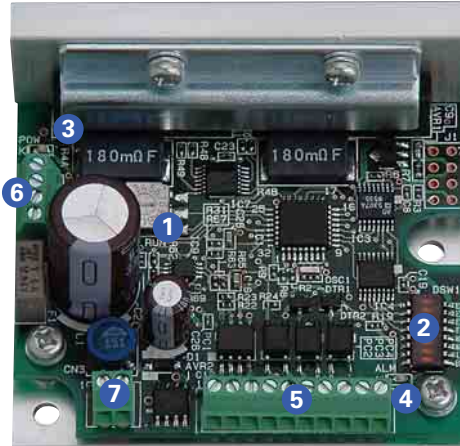
- EMC characteristics may vary depending on the configuration of the users' control panel, which contains the driver or stepping motor, or the arrangement and wiring of other electrical devices.
- Parts for EMC noise suppression like noise filters and toroidal type ferrite cores may be required depending on circumstances.
- Validation test of driver has been performed for low-voltage EMC directives at TÜV (TÜV product service) for self-declaration of CE marking.

# Driver Controls and Connectors

Unipolar



Bipolar



**1** Operating current selection switch (RUN)

The value of the motor current can be set when operating.

Dial	0	1	2	3	4	5	6	7
Stepping motor current (A)	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Dial	8	9	A	B	C	D	E	F
Stepping motor current (A)	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5

- The factory setting is F (0.5A).  
Select the current after checking the rated current of the combination motor.

**2** Function selection DIP switchpack

Select the function depending on your specification.

Factory settings

	OFF	ON	
EX1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Partition number: 8
EX2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
EX3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
F/R	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Input method 2 (CW/CCW pulse input)
ACD1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Stopping current: 40% of driving current
ACD2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
LV	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Micro step operation
EORG	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Phase origin

**1**, Step angle select (EX1, EX2, EX3)

Select the partition number of the basic step angle.

EX1	EX2	EX3	Partition number
ON	ON	ON	1-division
OFF	ON	OFF	2-division
ON	OFF	OFF	4-division
OFF	OFF	OFF	8-division
OFF	OFF	ON	16-division

**2**, Input method select (F/R)

Select input pulse type.

F/R	Input pulse type
ON	1 input (CK, U/D)
OFF	2 input (CW, CCW)

**3**, Current selection when stopping (ACD1, ACD2)

Select the current value of the motor when stopping.

ACD2	ACD1	Current value of the motor
ON	ON	100% of driving current
ON	OFF	60% of driving current
OFF	ON	50% of driving current
OFF	OFF	40% of driving current

- Initial configuration of factory shipment is set to 40% of rated value.  
Driver and motor should be operated at around 50% of rated value to reduce heat.

**4**, Low-vibration mode select (LV)

Provides low-vibration, smooth operation even if resolution is coarse (1-division, 2-division, etc).

LV	Operation
ON	Auto-micro function
OFF	Micro-step

**5**, Excitation select (EORG)

The excitation phase when the power supply is engaged is selected.

EORG	Original excitation phase
ON	Excitation phase at power shut off
OFF	Phase origin

- By turning on the EORG, excitation phase when power OFF will be saved. Therefore, there will be no shaft displacement when turning the power ON.

**3** LED for power supply monitor (POW)

Lit up when the main circuit power supply is connected.

**4** LED for alarm display (ALM)

Lights in the following conditions:

- Motor cable is broken.
- Switching element in driver is faulty.
- The main circuit voltage is out of specifications range (DC19V MAX.).

When "ALM" is displayed, the winding current of the stepping motor is cut off and it is in a "non-excitation" state. At the same time, an output signal (photocoupler ON) is transmitted from the alarm output terminal (AL) to an external source. When the alarm circuit is operating, this state is maintained until it is reset by switching on the power supply again. When an alarm condition has occurred, please take corrective actions to rectify the cause of the alarm before switching on the power supply again.

**5** I/O signal terminal block (CN1)

Connect the I/O signal.

**6** Motor terminal block (CN2)

Connect the motor's power line.

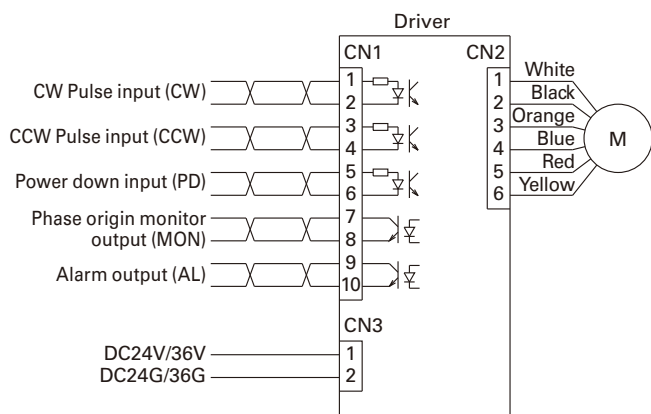
**7** Power supply terminal block (CN3)

Connect the main circuit power supply.

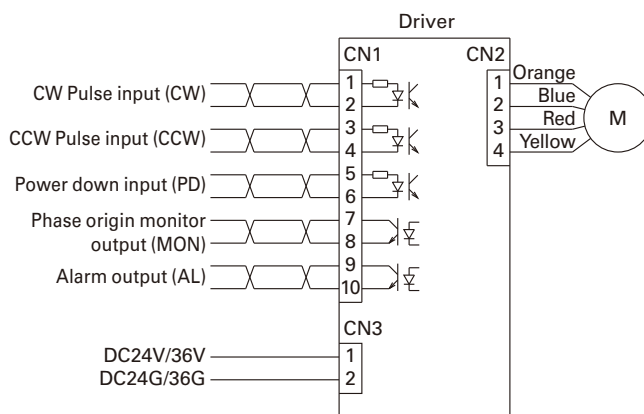
# Connections and Signals

## External wiring diagram

### Unipolar



### Bipolar



## Applicable wire sizes

Part	Wire Sizes	Allowable wire length
For power supply	AWG22 (0.3 mm <sup>2</sup> )	2 m MAX.
For input/output signal	AWG24 (0.2 mm <sup>2</sup> ) to AWG22 (0.3 mm <sup>2</sup> )	2 m MAX.
For motor	AWG22 (0.3 mm <sup>2</sup> )	Under 3 m

## Specification summary of input/output signals

Signal	CN1 Pin Number	Function summary
CW pulse input (CW) (Standard)	1 2	When "2 input mode", Input drive pulse rotating CW direction.
Pulse train input (CK)	1 2	When "1 input mode", Input drive pulse train for motor rotation.
CCW pulse input (CCW) (Standard)	3 4	When "2 input mode", Input drive pulse rotating CCW direction.
Rotational direction input (U/D)	3 4	When "1 input mode", Input motor rotational direction signal. Internal photocoupler ON ... CW direction Internal photocoupler OFF ... CCW direction
Power down input (PD)	5 6	Inputting PD signal will cut off (power off) the current flowing to the motor (With dip switch select, change to the Power low function is possible). PD input signal on (internal photocoupler on) ... PD function is valid. PD input signal off (internal photocoupler off) ... PD function is invalid.
Phase origin monitor output (MON)	7 8	When the excitation phase is at the origin (in power on) it turns on. When FULL step, ON once for 4 pulses, when HALF step, ON once for 8 pulses.
Alarm output (AL)	9 10	When alarm circuits actuated inside the driver, outputs signals to outside. Then the stepping motor becomes unexcited status.

※ As for the Motor rotational direction, CW direction is regarded as the clockwise revolution, and CCW direction is regarded as the counterclockwise revolution by viewing the motor from output shaft side.